

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
MESTRADO

**DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL DE PASSA
DE UMBU (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**

DISSERTAÇÃO

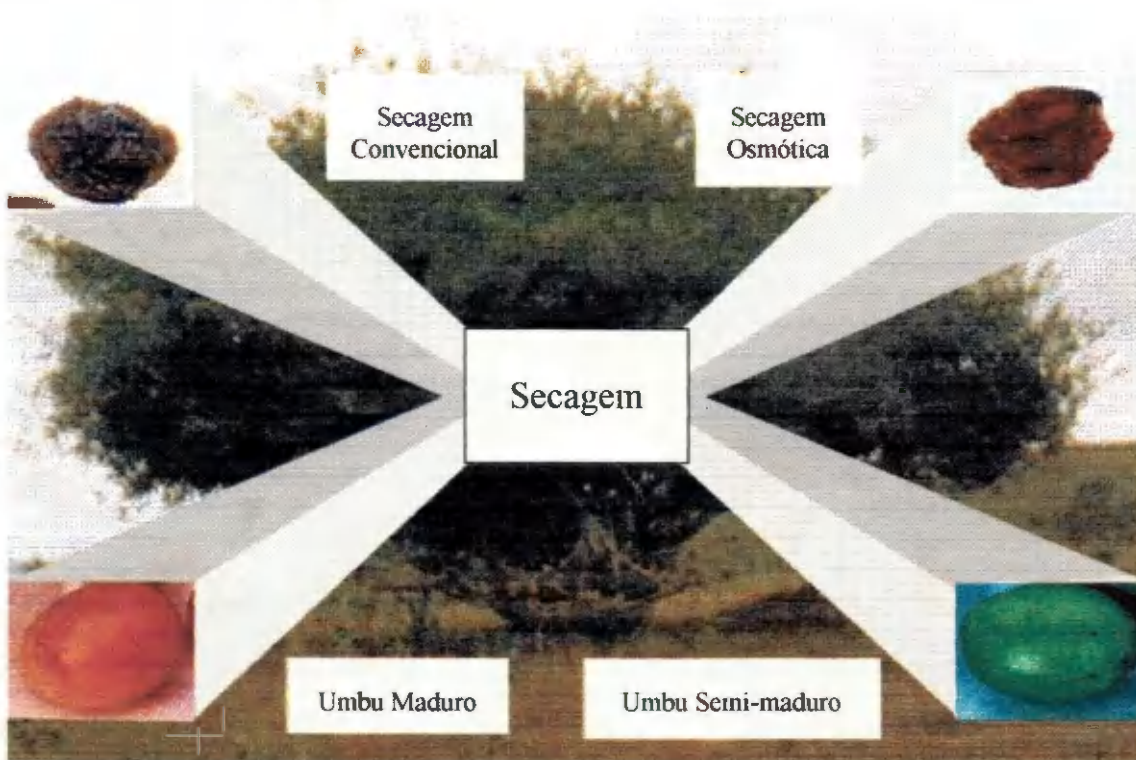
SEVERINA DE SOUSA

Campina Grande - Paraíba
Setembro - 1999



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL DE PASSA DE UMBU
(Spondias tuberosa, Arruda Câmara)



Severina de Sousa

Campina Grande - PB
Setembro de 1999

Severina de Souza

Desenvolvimento Experimental de Passa de Umbu
(*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Mestre.

Orientadores:

Prof. Dr. Mario Eduardo R. M. Calvacanti Mata

Prof. Dra. Maria Duarte Braga

Campina Grande, PB
1999

Severina de Sousa

**Desenvolvimento Experimental de Passa de Umbu
(*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara)**

Dissertação aprovada em 03 de setembro de 1999

Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata

Prof. Dr. Mário Eduardo Rangel Moreira Cavalcanti Mata
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

Maria Elita Duarte Braga

Prof. Dra. Maria Elita Duarte Braga
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

Odelsia Leonor Sanchez de Alsina

Prof. Dra. Odelsia Leonor Sanchez de Alsina
Universidade Federal da Paraíba – Campus II

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

Dedico este trabalho

À Deus;

Aos meus pais Geraldo e Francisca;

*Aos meus irmãos Everaldo, Tony, Alessandro e Érica e as
minhas sobrinhas, Alessandra, Alana, Amanda e Danielle e
ao pequenino Alessandro;*

E ao meu grande companheiro Antonio.

AGRADECIMENTOS

À Deus por me conceder a vida e a oportunidade para caminhar com objetivos;

À minha amada família pela confiança e apoio sempre dispensados;

Ao meu grande companheiro, Antonio, pela incansável companhia e colaboração na elaboração deste trabalho, bem como em todos os momentos de nossa vida;

Aos meus orientadores Dr. Mário Eduardo R. M. Cavalcanti Mata e Dra. Maria Elita Duarte Braga, pelas dedicadas orientações e apoio para a execução deste trabalho, e substanciais informações que muito contribuirão na minha vida profissional;

À CAPES pelo suporte financeiro;

À professora Márcia Roseane Targino de Oliveira, do Centro de Ciências Agrárias (UFPB) – Campus III – Areia, pelo incentivo ao ingresso deste mestrado e confiança em mim depositada;

À professora Dra. Odelsia Leonor Sánchez de Alsina, pelas observações que muito contribuirão na minha vida profissional;

À todos os professores do mestrado especialmente às professoras Dra. Josivanda P. G. de Gouveia e Dra. Rossana M. F. de Figueiredo, pelas trocas de informações e empréstimo de material didático;

À todos os colegas do mestrado pelas trocas de informações e a oportunidade de fazer novas amizades;

Às secretárias da Coordenação do Curso de Engenharia Agrícola, Rivanilda, Aldaniza e Aparecida pelo carinho que me atenderam sempre que necessário, além da amizade estabelecida;

Aos funcionários do Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas;

À todos que direta ou indiretamente contribuíram com a realização deste trabalho, a todos, minha sincera gratidão.

Resumo

O presente trabalho teve como objetivos: 1) determinar as características **físicas** (massa, volume, massa específica, diâmetro da esfera equivalente e esfericidade) e **químicas** (teor de água, sólidos solúveis totais e pH) **iniciais** do umbu semi-maduro e maduro e verificar as alterações dessas características físicas e químicas (apenas até a pré-secagem osmótica) quando os frutos de umbu (semi-maduro e maduro) são secos de duas formas para obtenção do fruto passa: a) com pré-secagem osmótica seguida da secagem convencional (denominada de secagem osmótica) e b) com a secagem convencional (em secador) de um teor de água inicial médio dos frutos de umbu até os teores de umidade final de 40, 35 e 30%b.u., às temperaturas de 70, 80 e 90°C. 2) Estudar as curvas de secagem usando a equação proposta por Page e por Fick utilizando um, dois e três termos da série, e 3) Ao termino de cada tipo de secagem e de cada teor de água final do fruto, realizar uma análise sensorial do produto passa quanto aos aspectos sabor, aparência e textura. Para o estudo das alterações físicas e químicas dos frutos de umbu, durante o processo de secagem e para o estudo das curvas de secagem foram realizadas análises de regressão não-linear utilizando-se o programa computacional Statistica 5.0 e para a avaliação sensorial utilizou-se programa computacional ASSISTAT 6.1, onde foram feitas análises estatísticas dispostas em fatorial em blocos inteiramente casualizados. Diante dos resultados obtidos é possível concluir que: a) a massa e o volume dos frutos de umbu semi-maduro e maduro, tanto na secagem osmótica quanto na secagem convencional, decrescem exponencialmente durante o processo de secagem nas temperaturas estudadas, e o diâmetro da esfera equivalente e a esfericidade do umbu semi-maduro e maduro, decrescem descrevendo uma equação de segundo grau, no entanto a massa específica do umbu semi-maduro e maduro durante a secagem apresentam valores dispersos em função da temperatura, não permitindo que se estabeleçam equações que satisfaçam esses comportamentos; b) Das equações estudadas (Page e Fick usando um, dois e três termos da série), a que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem osmótica e convencional dos frutos de umbu semi-maduro e maduro foi a equação de Page; c) de acordo com a análise sensorial a secagem osmótica, tanto para umbu semi-maduro como para umbu maduro, com teores de umidade final de 40 e 35%, tiveram a preferência dos degustadores para os atributos sabor e aparência, no entanto quanto a consistência, apenas a secagem osmótica do umbu maduro com teor de umidade de 40% teve a preferência.

Summary

The present work has got the following aims: 1) Setting up **physical** features (mass, volume, specific mass, equivalent round diameter and sphering) **chemical** (water content, total soluble solids and pH) initially of semi-ripe and ripe umbu and checking the alterations of these physical and chemical features (only up to the osmotic previous drying) when umbu fruit (ripe and semi-ripe) are under drying in order to obtain the withered fruit: a) by osmotic previous drying following ordinary drying (called osmotic drying) and b) by ordinary drying (in dryer) from initial average water content of umbu fruit up to the final wet content of 40, 35 and 30% b.u., at temperature of 70, 80, and 90°C. 2) Studying drying curves using the equation proposed by Page and Fick by using one, two and three series terms, and 3) finishing each type of drying and each final water content of the fruit to do a sensoring analyses of the withered product according to the aspects of taste, appearance and bulk. To study the physical and chemical alterations of the umbu fruit during the drying process, non-linear regressive analyses was made by using the computational process Statistica 5.0 and to the sensoring evaluation the computational program ASSISTST 6.1 was used, were we made statistic analyses through block factorial entirely by chance. Due to the obtained results, it was possible to conclude that: a) the mass and volume of ripe and semi-ripe umbu fruit, both in the osmotic and ordinary drying decrease esponencially during the process at checked temperatures and the equivalent sphere diameter and sphering of ripe and semi-ripe umbu go down by describing a second degree equation, however the ripe and semi-ripe umbu specific mass during drying show disperse values due to the temperature, which doesn't permit establishing equations to please these behaviors: b) from the studied equations (Page and Fick using one, two and three series terms), the one which has better set up to the experimental data in the osmotic and ordinary drying of ripe and semi-ripe umbu fruits was Page's equation; c) according to the sensoring analyses, osmotic drying, both for ripe and semi-ripe umbu, with final moisture content of 40 and 35 had the preference of tasters checking taste and appearance, however about texture, only the osmotic drying of ripe umbu with moisture content of 40% has had the preference.

Lista de Figuras

	Página
FIGURA 01 Estádios de maturação do umbu.....	2
FIGURA 02 Fluxograma do processo de secagem de umbu e das avaliações físicas e químicas realizadas durante o processo.....	24
FIGURA 03 Esquema de traçados feitos na projeção do fruto, em posição de repouso, para o cálculo da esfericidade.....	25
FIGURA 04 Método do deslocamento de massa de água usado para o cálculo do volume e da massa específica do frut.....	26
FIGURA 05 Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Page, obtidas por regressão não linear, para secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	34
FIGURA 06 Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Page, obtidas por regressão não linear para secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	34
FIGURA 07 Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de n com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear para umbu semi-maduro com a secagem osmótica.....	38
FIGURA 08 Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de n com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear para umbu maduro com a secagem osmótica.....	39
FIGURA 09 Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de n com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem convencional.....	39
FIGURA 10 Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de n com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear para o umbu maduro com a secagem convencional.....	40
FIGURA 11 Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando um termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	42
FIGURA 12 Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem convencional, às temperatura de 70, 80 e 90°C.....	42
FIGURA 13 Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	43
FIGURA 14 Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem convencional, às temperatura de 70, 80 e 90°C.....	43

	Página	
FIGURA 15	Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando três termos da série, obtidas por regressão não linear para secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	44
FIGURA 16	Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando três termos da série, obtidas por regressão não linear para secagem convencional, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	44
FIGURA 17	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	47
FIGURA 18	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	48
FIGURA 19	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	48
FIGURA 20	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	49
FIGURA 21	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	49
FIGURA 22	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	50
FIGURA 23	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	50
FIGURA 24	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	51
FIGURA 25	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	51
FIGURA 26	Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	52

	Página
FIGURA 27 Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	52
FIGURA 28 Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.....	53
FIGURA 29 Alterações da massa do umbu semi-maduro com a secagem osmótica a 70, 80 e 90°C.....	58
FIGURA 30 Alterações da massa do umbu maduro com a secagem osmótica a 70, 80 e 90°C.....	58
FIGURA 31 Alterações da massa do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	58
FIGURA 32 Alterações da massa do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	59
FIGURA 33 Alterações do volume do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	59
FIGURA 34 Alterações do volume do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	59
FIGURA 35 Alterações do volume do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	60
FIGURA 36 Alterações do volume do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	60
FIGURA 37 Alterações da massa específica do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	60
FIGURA 38 Alterações da massa específica umbu maduro com secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	61
FIGURA 39 Alterações da massa específica do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	61
FIGURA 40 Alterações da massa específica umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	61
FIGURA 41 Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	62
FIGURA 42 Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	62
FIGURA 43 Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	62
FIGURA 44 Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	63
FIGURA 45 Alterações da esfericidade do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	63
FIGURA 46 Alterações da esfericidade do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C.....	63
FIGURA 47 Alterações da esfericidade do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	64
FIGURA 48 Alterações da esfericidade do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C.....	64
FIGURA 49 Secagem osmótica do umbu semi-maduro e maduro seco a 70°C....	72

	Página
FIGURA 50 Secagem osmótica do umbu semi-maduro e maduro seco a 80°C....	72
FIGURA 51 Secagem osmótica do umbu semi-maduro e maduro seco a 90°C....	72
FIGURA 52 Secagem convencional do umbu semi-maduro e maduro seco a 70°C.....	73
FIGURA 53 Secagem convencional do umbu semi-maduro e maduro seco a 80°C.....	73
FIGURA 54 Secagem convencional do umbu semi-maduro e maduro seco a 90°C.....	73

Lista de Tabelas

	Página
TABELA 01	Desidratação osmótica de frutas..... 18
TABELA 02	Valores médios da caracterização física dos frutos de umbu..... 31
TABELA 03	Valores médios da caracterização química dos frutos de umbu..... 33
TABELA 04	Coefficientes da equação de Page , obtida por regressão não linear para umbu semi-maduro e maduro para secagem osmótica e convencional a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C)..... 37
TABELA 05	Valores do coeficiente “ K ” da equação de Page , obtida por regressão não linear para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura assumindo n médio com valor igual a 1,2..... 38
TABELA 06	Coefficientes de difusão da Equação de Fick usando 1 termo da série, provenientes da secagem osmótica e convencional, para o estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90°C..... 45
TABELA 07	Coefficientes de difusão da Equação Fick usando 2 termos da série, provenientes da secagem osmótica e convencional, para o estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90°C..... 45
TABELA 08	Coefficientes de Difusão da Equação Fick usando 3 termos da série, provenientes da secagem osmótica e convencional, para o estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90°C..... 46
TABELA 09	Coefficientes de difusão da Equação de Fick usando 1 termo da série, obtidos por meio de regressão não linear, para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura..... 54
TABELA 10	Coefficientes de difusão da Equação de Fick usando 2 termos da série, obtidos por meio de regressão não linear para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura..... 54
TABELA 11	Coefficientes de difusão da Equação de Fick usando 3 termos da série, obtidos por meio de regressão não linear para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura..... 55
TABELA 12	Valores médios das alterações químicas de frutos de umbu após a pré-secagem osmótica..... 65
TABELA 13	Valores da análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade, por secagem osmótica e convencional para o teste de sabor..... 66
TABELA 14	Valores da análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional para o teste de aparência..... 66
TABELA 15	Valores da análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional para o teste de textura..... 67

	Página	
TABELA 16	Análise de variância da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) e teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de sabor.....	68
TABELA 17	Análise de variância da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) e teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de aparência.....	69
TABELA 18	Análise de variância da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) e teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional por o teste de textura.....	70
TABELA 19	Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) e teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de sabor.....	70
TABELA 20	Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) e teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de aparência.....	71
TABELA 21	Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) e teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de textura.....	71
TABELA A1	Valores de massa, volume e massa específica dos frutos de umbu semi-maduro e maduro.....	89
TABELA A2	Valores da esfericidade e diâmetro da esfera equivalente de frutos de umbu semi-maduro e maduro.....	90
TABELA A3	Valores médios da consistência dos frutos de umbu semi-maduro e maduro.....	91
TABELA A4	Valores dos teores de sólidos solúveis totais dos frutos de umbu semi-maduro e maduro.....	92
TABELA A5	Valores médios de massa (g) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional.....	93
TABELA A6	Valores do volume (mm ³) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional.....	93
TABELA A7	Valores médios da massa específica (g/cm ³) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional.....	93
TABELA A8	Valores médios do diâmetro da esfera equivalente (mm) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional.....	94
TABELA A9	Valores médios da esfericidade para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional.....	94

	Página
TABELA A10 Dados experimentais da cinética de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a 70°C ($X-X_e/X_0-X_e$).....	95
TABELA A11 Dados experimentais da cinética de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a 80°C ($X-X_e/X_0-X_e$).....	96
TABELA A12 Dados experimentais da cinética de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a 90°C ($X-X_e/X_0-X_e$).....	97
TABELA A13 Teor de umidade de equilíbrio dinâmico em base seca (b.s) para frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C).....	98

1. INTRODUÇÃO

O Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arruda Câmara) é uma planta frutífera, xerófila, caducifolia, pertencente a família das Anacardiaceas.

Planta andromonóica cujas flores brancas perfumadas, dispostas em panículas terminais, produzem frutos do tipo drupas que podem ser glabras ou levemente pilosas, arredondadas de superfície lisa ou exibindo quatro a cinco pequenas protuberâncias na porção distal.

O fruto do umbuzeiro (umbu) é constituído em média de 22% de casca (epicarpo), 68% de polpa (mesocarpo) e 10% de caroço. A casca é uma estrutura fina de cor amarelo-esverdeada. A polpa é branco-esverdeado, mole, suculento, de sabor agri-doce, e o caroço é de tamanho variado onde está a semente propriamente dita.

A frutificação do umbuzeiro ocorre no período chuvoso, cuja produção é abundante, porém muito se perde, num período muito curto de tempo por se tratar de uma fruta perecível. Com isso estudos têm sido conduzidos no sentido de poder aproveitar melhor esta apreciável fruta, importante na nutrição do povo nordestino, constituindo uma das principais fontes de vitamina C.

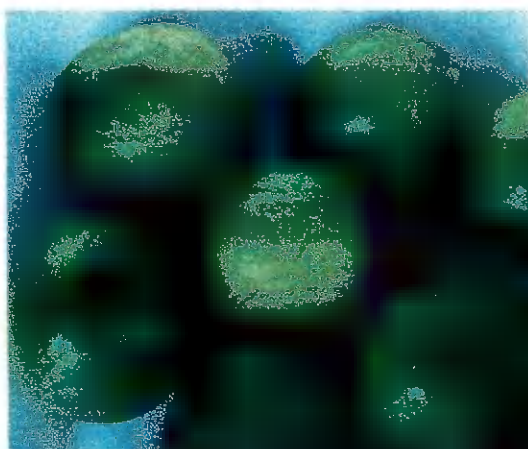
A comercialização da fruta “in natura”, a nível regional, é feita há muitos anos, sendo consumido como fruta de mesa ou processado na forma de refresco, sorvete, e principalmente umbuzada. A industrialização e exportação do umbu está se iniciando agora e poderá ser consumido na forma de doce, geleia, vinagre, vinho, acetona, concentrado para sorvete e suco.

Outra forma de consumo de frutas tropicais de apreciável sabor e aroma, porém altamente perecíveis, como é o caso do umbu, é o seu processamento de modo a obtê-las na forma de frutas secas ou semi-secas (passas), para tanto existe a necessidade de remoção de certos quantitativos de água desses frutos (BORGES e MENEGALLI, 1994).

O processo que envolve a remoção de água de produtos biológicos, como frutas, é denominado de secagem, e esta operação, provavelmente é o método mais antigo de preservar o alimento por longos períodos de tempo (VÁZQUEZ, *et al.*, 1997). Contudo, quando a secagem é realizada **até a máxima remoção de água** do fruto, para determinada condição de temperatura e umidade relativa do ar de secagem, denomina-se de desidratação. À água restante da condição de equilíbrio, dá-se o nome de teor de água residual. Decorrente da operação de desidratação obtêm-se um produto cuja nomenclatura é de fruta seca.

Quando a secagem é parcial de modo a obter-se um fruto com uma consistência menos rígida que a fruta seca, obtêm-se a fruta passa. Segundo NEWMAN *et al.* (1996) o teor de água final da fruta em forma de passa varia para cada produto, e deve ser objeto de investigação. Outro tema de investigação é o estágio de maturação do produto para elaboração da fruta passa. No caso específico do umbu, encontra-se no comércio sob duas condições (Figura 01): a) fruto maduro e b) semi-maduro (de vez*). O fruto maduro é caracterizado pela sua coloração amarela intensa consistência semi-firme e sensível a compressão manual e o fruto semi-maduro é caracterizado pela coloração esverdeada, consistência firme e menos sensível a compressão manual.

UFCG



Umbu semi-maduro



Umbu maduro

Figura 01 – Estádios de maturação do umbu

* (de vez) = termo utilizado pelos agricultores e no comércio local para designar o fruto semi-maduro. Também é muito utilizado o termo “inchado”.

Independentemente do estágio de maturação do fruto a ser utilizado, durante o processo de secagem para obtenção da fruta passa, ocorrem mudanças físicas, químicas e biológicas que resultam no escurecimento enzimático do produto que pode comprometê-los para consumo, para tanto são utilizados métodos de pré-tratamento que além de facilitar a difusão de água durante a secagem, pode também proteger o produto contra deterioração durante o armazenamento. Os principais métodos de pré-tratamento são o antioxidante, a sulfuração ou enxofração, o branqueamento e a vaporização.

Um outro processo utilizado antes da secagem artificial é a secagem osmótica. Segundo diversos autores (PONTING, 1973; BORGES e MENEGALLI, 1994; LENART, 1996) este processo apresenta vantagem sobre as características de cor, sabor e textura, além de diminuir o escurecimento enzimático das frutas durante o processo de secagem.

Embora não existam trabalhos na literatura sobre passa de umbu, GUERRA (1981) recomenda o aproveitamento do umbu em forma de passa, uma vez que o mesmo pode ser consumido no período de entre safra, com uma vida de prateleira prolongada, sendo processado, durante este período, nas mais variadas formas já supracitadas. Como consequência deste fato, o processamento do umbu na forma de passa, se constitui atualmente na maior expectativa para a expansão desta cultura na região semi-árida do nordeste brasileiro.

Portanto diante do acima relatado, os objetivos do presente trabalho são:

1.1. OBJETIVOS

Avaliar a qualidade física, química e tecnológica da passa de umbu resultante das secagens às temperaturas de 70, 80 e 90°C, comparando-as com às secagens as mesmas temperaturas com pré-secagem osmótica.

1.1.1. Objetivos específicos

a) fruto fresco

- Caracterizar fisicamente os frutos de umbu nos estádios semi-maduro e maduro, quanto ao volume, massa, massa específica, diâmetro da esfera equivalente e consistência;
- Determinar o pH inicial;
- Determinar o teor inicial de sólidos solúveis totais;

b) fruto passa

- Obter as curvas de secagem em frutos de umbu nas temperaturas de 70, 80 e 90°C do teor de água inicial médio de 74,94% e 82,35% até teores de água de 30, 35, e 40% para secagem convencional e osmótica (pré-secagem por osmose inversa e posterior secagem convencional) respectivamente;
- Determinar o coeficiente de difusão para a equação de Fick usando o primeiro termo, até o segundo termo e até o terceiro termo da série para as condições de secagem já estabelecidas;
- Obter os coeficientes da equação de secagem proposta por Page;
- Determinar a variação da massa, massa específica, esfericidade, volume e diâmetro da esfera equivalente para cada temperatura estudada e teores de água finais pré-determinados;
- Determinar a influência do processo de secagem sobre a coloração, textura e sabor da passa de umbu.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O UMBU

O umbuzeiro é árvore frutífera nativa dos chapadões semi-áridos da Borborema. Existe em grande quantidade no Cáriri velho (Paraíba), e em seus prolongamentos em Pernambuco e no Rio Grande do Norte (GOMES, 1965).

O fruto do umbuzeiro, umbu, é uma fonte rica de vitamina C e sais minerais, bem como outros nutrientes. O umbu maduro tem 14,2 mg de vitamina C (ácido ascórbico) por 100 cm³, e o verde 33,3 mg. Além da vitamina C, contém riboflavina, ácido nicotínico, proteínas e açúcares (GOMES, 1965; SOUZA, 1970).

SILVA *et al.* (1984a) estudando a composição mineral das folhas de umbu obtiveram os seguintes resultados: N (2,90%), P (0,23%), K (1,0%), Ca (1,79%), Mg (0,11%) e S (0,32%), e SILVA *et al.* (1984b) estudando o conteúdo de nutrientes por ocasião da colheita dos frutos de umbu encontrou na polpa + casca N (1,01%), P (0,21%), K (1,94%), Ca (0,91%), Mg (0,09%), S (0,13%), e na semente N (0,70%), P (0,11%), K (0,41%), Ca (0,23%), Mg (0,05%) e S (0,05%).

LIMA *et al.* (1990) analisando as características tecnológicas constataram que o umbu apresenta pH 2,75 e teor de sólidos solúveis totais (°Brix) 8,0.

Analisando os teores (%) de NPK nos frutos de umbu, SILVA (1991) encontrou respectivamente na polpa 0,62; 0,17; 1,73; na casca 0,17; 1,42; e na semente 1,05; 0,22; 0,91%.

2.2. SECAGEM

Secagem é uma operação que consiste em remover uma fase líquida ou vapor de um material sólido, através de um mecanismo de vaporização térmica, em uma temperatura inferior a de ebulição. Durante a secagem de um sólido úmido em atmosfera de ar

quente e não saturado, o ar proporciona à umidade do produto o calor sensível e latente de vaporização.

Sob o aspecto físico, secagem de alimentos é um processo simultâneo de transferência de calor e massa e é afetado por várias condições internas e externas tal como propriedades do alimento e condições do ar. Tal processo tem sido estudado por diversos autores (FUSCO *et al.*, 1991; JAYARAMAN e DAS GUPTA, 1992; WAANANEN *et al.*, 1993; MULET, 1994). O calor é aplicado no material por convecção através do ar, ou por condução através do contato com uma superfície quente. O calor é requerido para vaporizar o líquido durante a secagem e o vapor formado é removido e transferido para o meio de secagem que é normalmente o ar.

Com a água evaporada da superfície externa do produto, cria-se um gradiente de concentração nas camadas internas, proporcionando um processo migratório de umidade do centro para a superfície do produto (PUZZI, 1977).

A secagem de alimentos é uma prática comum que propõe a preservação do produto baseado na remoção da água para prevenir o desenvolvimento de microrganismos, mudanças químicas e permitir economia de embalagens, manuseio e estocagem, além de reduzir perdas durante o transporte (VAN ARSDEL e COPLEY, 1964; OKOS *et al.* 1992).

A secagem pode ser realizada de forma natural, que é aquela em que o ar que promove a secagem do produto provém da ação dos ventos e a energia utilizada emana da incidência direta da energia solar; ou artificial, que consiste em submeter o produto a ação de uma corrente de ar, sob condições controladas de temperatura, umidade, velocidade e direção do fluxo de ar constante (PUZZI, 1977).

A secagem artificial é uma operação relativamente cara, entretanto apresenta uma série de vantagens com relação à secagem natural, como independência das condições climáticas, possibilidade de se estabelecer um programa de operação com mais facilidade e diminuir o risco de deterioração dos alimentos em função do tempo de secagem ser menor.

A secagem de produtos alimentares tem sido objeto de especial interesse na in-

dústria de alimentos (CHOU *et al.*, 1997). De acordo com VÁZQUEZ, *et al.* 1997, o principal benefício da secagem de matéria alimentar são sua prolongada preservação, a qual permite em seguida ser comercializado e consumido em épocas de entre safra, e a redução da massa e volume permite o transporte mais econômico.

A qualidade de alimento desidratado depende, não somente da qualidade inicial do material, mas também das mudanças ocorridas durante o processamento e estocagem. Algumas dessas mudanças envolve modificação da estrutura física e química do alimento, especialmente durante a secagem (KHRAISHEH *et al.*, 1997).

De acordo com TSAMI *et al.* (1990), a análise do processo afetando a estabilidade física, bioquímica e microbiológica de alimentos, o qual determina sua qualidade, é geralmente baseado na sorção de umidade.

O conhecimento da inércia da sorção do vapor d'água de alimentos desidratados é requerido para ordenar o estabelecimento de ótimas condições para embalagem, estocagem e utilização de tal produto. A taxa de sorção de água é usualmente descrita como função da temperatura, umidade relativa, conteúdo de água e alguns fatores estruturais do produto (SARAVACOS E STRICHFIELD, 1965, 1967; UDANI *et al.*, 1968; NGODDY e BAKKER – ARKEMA, 1970; SINGH *et al.*, 1981; DE GOIS e CAL – VIDAL, 1986).

BORGES e CAL – VIDAL (1994) estudando a inércia da sorção do vapor de água em banana, para várias condições de temperatura (10, 22, 30, 40°C) e umidade relativa (31 - 97%), observaram que em umidade relativa abaixo de 75% houve uma significativa redução na taxa de sorção.

Na secagem de alimentos os compostos voláteis do aroma são os componentes mais sensíveis no processo. O efeito da secagem na composição do sabor e aroma tem sido objetivo de muitos estudos, os quais mostram que as mudanças nas concentrações de compostos voláteis durante secagem depende de vários fatores, tais como o método de secagem e características do produto (VENSKUTONIS, 1997).

2.3. TEORIA DE SECAGEM

Para se descrever o fenômeno de secagem é de fundamental importância o conhecimento do mecanismo de transferência de água, de produtos biológicos. E na literatura são descritos métodos teóricos, semi teóricos e empíricos.

Diversos autores como BRUIN e LUYBEN (1980); FORTES e OKOS (1980); NEVES (1982); BROOKER *et al.*, (1992), evidenciaram que a migração de água através de um sólido pode acontecer através dos seguintes mecanismos: a) movimento de líquido devido às forças superficiais; b) movimento de líquido devido às diferenças na concentração de umidade; c) movimento de líquido devido à difusão de água nas superfícies dos poros; d) movimento do vapor devido à diferença na concentração de vapor; e) movimento de vapor devido à diferença de temperatura; f) movimento de água e de vapor devido à diferença de pressão total.

Para explicar os mecanismos de movimento de água através de um sólido foram propostas várias teorias (NEVES, 1982) as quais são:

- 1) Teoria de difusão líquida;
- 2) Teoria capilar;
- 3) Teoria da vaporização-condensação;
- 4) Teoria de Luikov;
- 5) Teoria de Philip e De Vries;
- 6) Teoria de Berger e Pei
- 7) Teoria de Fortes e Okos.

Segundo DAUDIN (1983) na secagem de alimentos, os mecanismos mais importantes são: a difusão de vapor devido ao gradiente de concentração, a difusão de água líquida em termos de gradiente de concentração e o escoamento capilar. As transferências internas de massa são influenciadas por dois fenômenos importantes em materiais biológicos: a migração de soluto (formação de crosta), e deformação do produto (encolhimento).

2.4. FASES DA SECAGEM

Produtos biológicos, quando colocados em contato com o ar quente ocorre uma transferência do calor do ar ao produto sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Simultaneamente, a diferença de pressão parcial de vapor de água existente entre o ar e a superfície do produto determina uma transferência de massa para o ar. Esta última se faz na forma de vapor de água, uma parte do calor que chega ao produto é utilizado para vaporizar a água. A evolução destas transferências de calor e massa provoca a existência de três períodos. O primeiro deles conhecido como período de aquecimento; o segundo, período de secagem a taxa constante e o terceiro é o período de taxa decrescente (DAUDIN, 1983).

a) Período de secagem a taxa constante

Este fenômeno é observado em produtos nos quais a resistência externa para evaporar e remover o vapor de água na superfície para o meio, é maior que a resistência interna à migração de umidade (PUZZI, 1977; CAVALCANTI MATA, 1997).

É caracterizado pelo fato da superfície do material ser mantida a um nível de água de maneira similar a uma área de água livre, isto é, a secagem ocorre como se fosse água pura evaporando. A taxa de secagem é função de três parâmetros externos de secagem como: velocidade, temperatura e umidade do ar.

Segundo CHIRIFE (1983), o fim do período corresponde ao tempo em que a migração interna de água para a superfície não consegue mais compensar a taxa de evaporação da água livre da mesma. O teor de água deste ponto é denominado “teor de água crítica”, que depende das características do produto, bem como das condições de secagem. O mesmo autor observou também, que o período de taxa constante é importante somente para situações em que o potencial de secagem é muito baixo ou a umidade do alimento é muito alta.

b) Período de secagem a taxa decrescente

Este período é caracterizado por não mais apresentar a superfície do material coberta por uma fina camada de água, porque a resistência interna ao transporte de água se torna maior do que a resistência externa.

A previsão da taxa de secagem de um produto biológico durante o período de secagem a taxa decrescente é mais complexa do que durante a taxa constante. Neste caso, não somente devem ser considerados os mecanismos de transferências externas (transferência de calor e massa por convecção), como também o mecanismo de transferência do interior do produto (difusão de calor e massa) (MARTINS e CAVALCANTI MATA, 1984; CAVALCANTI MATA, 1997).

Para a primeira fase do período de taxa decrescente, os principais mecanismos de transportes sugeridos são: escoamento capilar, difusão de líquido e difusão de vapor. Um mecanismo não necessariamente exclui os outros, podendo haver a ocorrência simultânea de diversos mecanismos. Na Segunda fase deste período, onde a umidade de equilíbrio está abaixo da saturação, a difusão da fase vapor é provavelmente o mecanismo dominante (CHIRIFE, 1983).

Segundo DAUDIN (1983), a teoria de migração de água por difusão apoia-se exclusivamente sobre a lei de Fick, expressa em termos do gradiente de umidade. Esta teoria tem sido aplicada ao estudo de secagem de produtos alimentícios por diversos pesquisadores (AGUERRE *et al.*, 1985; ALZAMORA *et al.*, 1979; CARBONELL *et al.*, 1986; YUSHENY E POULSEN, 1988).

As análises feitas com a utilização da lei de Fick, enfocam principalmente o estudo dos efeitos globais do fenômeno interno e, conseqüentemente, não descrevem os possíveis mecanismos de migração. Para descrever o processo de secagem no período de secagem decrescente, utilizam-se modelos teóricos, semi teóricos e empíricos. Esses modelos são geralmente de transferência de massa, negligenciando-se o efeito de transferência de calor (DAUDIN, 1983).

2.5. MODELOS MATEMÁTICOS DE SECAGEM

2.5.1. MODELOS TEÓRICOS

A secagem de alimentos é analisada através de curvas de secagem, apresentadas na forma de umidade normalizada (U/U_0) em função do tempo, da taxa de secagem (N) em função da umidade absoluta (X) e da relação de água livre, $\varphi = \left(\frac{U - U_e}{U_0 - U_e} \right)$ em função do tempo.

Segundo CRANK (1975) a principal teoria utilizada para interpretar a secagem de alimentos e de produtos agrícolas, é a teoria de difusão de umidade como líquido ou vapor representada pela Segunda lei de Fick.

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \nabla \cdot (D_{ap} \nabla U) \quad (\text{Eq.01})$$

em que:

U - teor de água do produto, decimal, base seca;

t - tempo de secagem, s;

D_{ap} - coeficiente de difusão, $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$

A teoria da difusão líquida, a Segunda lei de Fick, tem sido preferida por diversos pesquisadores de produtos agrícolas. Esta teoria estabelece a difusão de água em termos do gradiente de concentração (WHITNEY e PORTERFIELD, 1969; KEEY, 1972; NEVES, 1982; CAVALCANTI MATA, 1997; GOUVEIA, 1999).

CRANK (1975), apresentou diversas soluções analíticas em forma de séries para a equação de difusão, considerando diferentes condições iniciais e de contorno. Considerou casos em que a difusividade pode variar de forma linear ou exponencial com a concentração de umidade. Sendo o fenômeno de migração complexo, trabalha-se com a difusividade aparente, que engloba todos os efeitos que podem intervir nesse fenômeno.

No entanto, essas soluções aplicam-se à sólidos de formas geométricas simples e constantes ao longo do processo.

A secagem de materiais homogêneos segundo a teoria de difusão de líquido pode ser explicada pela equação:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = D \cdot \left(\frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{c}{r} \cdot \frac{\partial U}{\partial r} \right) \quad (\text{Eq.02})$$

em que:

U - teor de água do produto, decimal, base seca;

c – 0, para corpos planos, 1 para corpos cilíndricos e 2 para corpos esféricos;

r - distância radial ou espessura, m;

t - tempo, s;

D - coeficiente de difusão $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$.

Várias soluções analíticas da Equação 02 podem ser obtidas para diversas formas geométricas.

Considerando um sólido, cuja forma seja uma esfera homogênea, de difusividade constante, que a sua superfície entre em equilíbrio imediatamente com o ar de secagem e que o efeito do gradiente de temperatura dentro da partícula seja desprezível, tem-se a seguinte solução analítica (CRANK, 1975):

$$RU = \frac{U - U_e}{U_0 - U_e} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \cdot \exp \left[n^2 \cdot \frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right] \quad \text{Eq.(03)}$$

em que:

RU - razão de umidade, adimensional;

U - teor de água do produto, decimal, base seca;

U_e - teor de água de equilíbrio, decimal, base seca;

U_0 - teor de água inicial, decimal, base seca.

D - coeficiente de difusão, m^2 / h ;

t - tempo, h

R^2 - raio da esfera de igual volume da fruta, mm.

Apesar da complexidade dos mecanismos de migração de umidade, (VACCAREZA *et al.* (1974), encontraram que a lei de de Fick pode prever com razoável precisão, o tempo médio de secagem, a distribuição da umidade interna e a temperatura da amostra durante a desidratação de açúcar de beterraba.

Apesar de terem sido obtidos excelentes ajustes aos dados experimentais usando a equação da difusão, é improvável que muitas dessas considerações feitas sejam válidas. Muitos pesquisadores concordam que o coeficiente de difusão não é constante, mas uma função do teor de água (CHU e HUSTRULID, 1968; SINGH *et al.*, 1972).

GABAS (1998), enfocam que a migração de água em sólidos pode ser representada pela Segunda lei de Fick, (equação 1). A maioria dos cereais (arroz, trigo, feijão, soja, etc), apresentam uma pequena mudança de volume durante a secagem, podendo desta forma, ser aplicada satisfatoriamente esta solução analítica. No entanto para alimentos com alto teor água (uva, caqui, ameixa, maçã, etc), a variação do volume é grande e por esta razão as soluções analíticas da equação (1) que não levem em consideração o encolhimento não podem ser aplicadas.

2.5.2. MODELOS SEMI TEÓRICOS

Segundo PARRY (1985), alguns modelos semi teóricos são baseados na teoria da difusão, assumindo que a resistência ocorre numa camada fina na superfície da partícula. Portanto um outro modelo alternativo para analisar dados de secagem é um modelo análogo a lei de resfriamento de Newton na transferência de calor. Este modelo estabelece que a taxa de secagem é proporcional ao teor de água livre.

$$\frac{\partial U}{\partial t} = K(U - U_e) \quad (\text{Eq.04})$$

em que:

U - teor de água do produto, decimal, base seca;

U_e - teor de água de equilíbrio, base seca;

K - constante de secagem;

t - tempo, h.

O modelo assume que a resistência à difusão ocorre na camada limite.

Integrando a equação 4, tem-se:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_o - U_e} = \exp(-Kt) \quad (\text{Eq. 05})$$

em que:

RU - razão de umidade, adimensional;

t - tempo h;

K - constante de secagem;

U - teor de água do produto, decimal, base seca;

U_e - teor de água de equilíbrio, decimal, base seca;

U_o - teor de água inicial, decimal, base seca.

A expressão é freqüentemente chamada como modelo exponencial ou logarítmico, e tem sido amplamente usada como base para modelar a taxa de secagem de produtos agrícolas, principalmente grãos.

Alguns autores determinam que “K”, durante a secagem de grãos é função da temperatura absoluta desses produtos. No entanto, outros determinam que “K” depende da umidade e da temperatura de secagem (CHIANG e PERTERSEN, 1985).

2.5.3. MODELOS EMPÍRICOS

Uma modificação importante do modelo exponencial na forma integrada a dois e três parâmetros que apresentam bons resultados experimentais:

$$\frac{U - U_e}{U_o - U_e} = a \cdot \exp(-Kt) \quad (\text{Eq. 06})$$

em que:

- U - teor de água do produto, decimal, base seca;
- U_e - teor de água de equilíbrio, decimal, base seca;
- U_o - teor de água inicial, decimal, base seca;
- t - tempo, h;
- K - parâmetro de secagem.

Esta equação é similar ao modelo de Fick para tempos de secagem longos quando apenas o primeiro termo da solução em série for significativo (Mc CORMICK, 1983). E tem sido objeto de interesse de pesquisa de diversos autores (AGUERRE *et al.*, 1982; TOBINAGA e PINTO, 1992; VACCAREZA *et al.*, 1974; SARAVACOS e RAOUZEOS, 1986; YUSHENY e POULSEN, 1988; MAZZA e LE MAGUER, 1980).

Outra forma modificada do modelo exponencial de secagem e que tem sido bastante usada nos estudos de secagem de uma variedade de alimentos, é a equação conhecida como modelo de Page (PAGE, 1949):

$$\frac{U - U_e}{U_o - U_e} = C \cdot \exp(-Kt^n) \quad (\text{Eq. 07})$$

em que:

- K e n - parâmetros de secagem;
- t - tempo, h;
- U - teor de água do produto, decimal, base seca;
- U_e - teor de água de equilíbrio, decimal, base seca;
- U_o - teor de água inicial, decimal, base seca.

Diversos autores ajustaram dados de secagem de milho através da equação de Page. Observaram que o parâmetro n da equação foi encontrada como sendo uma função da umidade do ar e do teor de umidade inicial do grão, n pode ser considerada como um fator de modificação para a variável tempo que reflete a extensão da resistência interna para a secagem no grão, em um determinado conjunto de condições externas. Ou seja, K representa os efeitos das condições externas, e n reflete a resistência interna à secagem,

devido ao modo no qual estas condições externas foram impostas (MISRA e BROOKER, 1980; PARTI e DUGMANICS, 1990; PATHAK *et al.*, 1991).

2.6. PRÉ-TRATAMENTO

O pré-tratamento é uma extensão do preparo e tem como objetivo prevenir a reação enzimática que causa o escurecimento e a perda de sabor e propriedades alimentícias nos frutos quando têm as partes internas expostas ao contato com o oxigênio, e também protegê-los contra a deterioração durante o período de armazenagem, bem como reduzir a resistência a difusão durante a secagem de produtos agrícolas. Os principais métodos de pré-tratamentos são: o antioxidante, a sulfuração ou enxofração, o branqueamento e a vaporização (CRUZ, 1990; AGUILERA *et al.*, 1987).

Branqueamento é um processo térmico de curto tempo de aplicação, com características de pré-tratamento, pois precede o início de outros processos industriais. Consiste na imersão do produto em água fervente ou insuflação de vapor sobre o mesmo durante determinado tempo que dependerá das características de cada produto.

Segundo (CAMARGO *et al.* (1984), os objetivos do branqueamento dependem do processo que se seguirá. Antes do congelamento ou da desidratação é utilizado principalmente para inativação enzimática. O autor encontrou que em alimentos congelados, não submetidos a este tratamento, sofrem alterações do sabor, aroma, cor, textura, bem como do valor nutritivo.

LEVI *et al.* (1988), verificaram que o branqueamento estabiliza a pectina em frutos de pêssegos desidratados, obtendo-se alta capacidade de reidratação e baixas perdas no processo.

VÁZQUEZ *et al.* (1997), determinaram a inércia da secagem de uvas. Estudando o efeito das condições de secagem e o pré-tratamento no tempo de secagem e aparência do produto seco, verificaram que em combinação com secagem a altas temperaturas e baixa umidade relativa, reduziu o tempo de secagem e, a cor e textura apresentaram-se qualitativamente satisfatórias.

LÓPEZ-MALO *et al.* (1994) estudando as características da dessorção e sorção (adsorção) e coloração em maçã e mamão branqueados e tratados osmoticamente, verificaram que não houve histerese para os frutos branqueados, todavia este fenômeno esteve presente no fruto tratado osmoticamente, e que, o escurecimento de maçãs variou com o tipo de isoterma (adsorção e desorção) e com o conteúdo inicial de açúcar.

2.7. SECAGEM OSMÓTICA

Segundo SANKAT *et al.* (1996) a secagem osmótica é descrita como uma desidratação parcial de frutos, passando por um processo de osmose o qual essencialmente envolve imersão das frutas por um dado período de tempo numa solução de açúcar.

Vários trabalhos conferem que a desidratação osmótica de frutas apresenta vantagem sobre outros métodos como minimizar os danos causados pelo calor à cor, à textura, e ao sabor, e diminuir o escurecimento enzimático, não havendo necessidade de tratamento com dióxido de enxofre (PONTING, 1973; CONWAY, *et al.*, 1983; LERICI *et al.*, 1983; MAURO, 1992 e BORGES e MENEGALLI, 1994).

Segundo LENART (1996) a desidratação osmótica é considerada um método de preservação do qual obtêm-se produtos de melhor qualidade, possível por meio de remoção da água sem mudanças de fase.

O processo osmótico apresenta-se como um pré-tratamento anterior à secagem de frutas principalmente no caso de secagem de bananas. Isto tem sido reportado e observado muitas vezes que o tecido da banana é danificado em função do descascamento e fatiamento, escurecendo muito rapidamente por causa da oxidação enzimática dos polifenóis (WEAVER e CHARLEY, 1974).

Os frutos, produto com alto teor de água, são parcialmente secos ou estabilizados num processo de concentração osmótica e, em alguns casos, no final a atividade de água é ajustada para permitir a secagem convencional (LÓPEZ-MALO *et al.* (1994).

A desidratação osmótica envolve difusão simultânea de água e soluto, o que causa alteração na umidade, composição química e características estruturais do produto final. Essas mudanças ainda influenciam a posterior taxa de secagem por convecção (BORGES e MENEGALLI *et al.*, 1994).

Na secagem osmótica podem ser usados diversos produtos osmóticos, sendo mais comumente usado a sacarose para frutas, e sal (NaCl) para vegetais (BISWAL e BOZORGMEHR, 1992).

Alguns produtos usados como agente osmótico estão descritos na Tabela 01.

Durante o processo de secagem osmótica, a incorporação prévia de sacarose, açúcar mais empregado, dada sua boa característica organoléptica, forma uma camada superficial que se espessa com o tempo, aumentando a resistência ao movimento da água, diminuindo assim, a taxa de secagem (BORGES e MENEGALLI, 1994).

Tabela 01. Desidratação osmótica de frutas.

MATERIAL	SUBSTÂNCIA OSMÓTICA
Abacaxi	Sacarose 65%
Banana	Sacarose 65%
Pêras	Glucose – frutose (xarope) 60%
Maçã	Sacarose 70%
	Sacarose 59%
	Frutose 60%
	Glucose 51%
Maçã	Frutose xarope 70%
Abricó	Cloreto de Sódio 25%
Ameixa	Sacarose 70%
Cereja	Sacarose 70%
	Glucose/sacarose 70%

Fonte: LENART (1996).

De acordo com SANKAT *et al.*, (1996) a adição de açúcar na desidratação osmótica, aumentou o conteúdo de açúcar e reduziu o conteúdo de umidade, sendo necessário a adição de açúcar no pré tratamento osmótico para bananas desidratadas juntamente com um antioxidante, cujo produto desidratado apresentou boas condições de coloração e textura.

2.8. PROPRIEDADES FÍSICAS

O conhecimento das características físicas de produtos agrícolas como as frutas, possui inúmeras aplicações no estudo de seu processamento bem como em produtos acabados, incluindo-se projetos de máquinas agrícolas, individualmente, ou de uma unidade de processamento, tendo como principal dado do projeto, o volume do produto a ser manejado.

Durante a secagem, os produtos biológicos de uma forma geral, encolhem. Esse encolhimento causa variação da área superficial, do raio, da densidade e da porosidade dos sólidos. Segundo DĂSCĂLESCU (1969) existem três classes de deformação: contração, formação de fendas e alterações estruturais causadas pela temperatura.

De acordo com MADAMBA *et al.* (1994) a massa específica aparente é definida como a razão entre a massa e o volume aparente do material, ou seja, o volume incluindo todos os poros internos. A massa específica da partícula é a razão entre a massa e o seu volume, descontando o volume dos poros internos. A porosidade é definida como uma fração de vazios existentes numa massa do produto, e é dependente da quantidade de água inicial, da composição e do tamanho do produto, do tipo e das condições de secagem como: temperatura, umidade relativa e velocidade do ar.

WANG e BRENNAN (1995), afirmam que o encolhimento afeta as propriedades físicas dos materiais, como a massa específica e a porosidade, e que o volume decresce linearmente com o conteúdo de água. O encolhimento aumenta com o aumento da temperatura e diminui com o aumento da taxa de secagem.

No estudo de secagem de cenoura, alho, pêra, batata e batata doce, LOZANO

et al. (1983) observaram que esses produtos tiveram o volume reduzido em 70% - 90% do volume original.

SARAVACOS e RAOUZEOS (1986), verificaram durante a secagem de uvas, que o volume decresceu linearmente até cerca de 75% do valor inicial, com o teor de água que foi reduzido nesta mesma faixa.

2.9. ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

No estudo do processamento de produtos agrícolas como as frutas, é importante que se caracterize o grau de maturação das mesmas, sendo necessário que se faça análise que determinem características próprias desses produtos.

As análises mais frequentemente realizadas são:

a) Índice de refração

O índice de refração de uma substância pura é uma constante, mantida as condições de temperatura e pressão, desta forma pode ser usado como meio de identificação. Embora os alimentos não sejam uma substância pura, em alguns casos específicos, o índice de refração pode ser usado para avaliação do produto.

O índice de refração pode ser medido em aparelhos como o refratrômetro de Abbe ou refratrômetro de imersão (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

b) Teor de sólidos solúveis (Grau Brix)

Com o amadurecimento das frutas, o conteúdo de açúcar tende a aumentar, constituindo a maior parte dos sólidos solúveis presentes.

A determinação do °Brix em um alimento fornece uma idéia da quantidade de carboidratos nos alimentos, o que torna esta análise imprescindível na caracterização do grau de maturação das frutas. O valor de sólidos solúveis nos frutos é muito importante,

uma vez que, quanto maior a quantidade de sólidos solúveis existentes, menor será a quantidade de açúcar a ser adicionada na indústria quando os frutos são processados, diminuindo os custos de produção e aumentando a qualidade do produto.

c) pH

A determinação de acidez pode fornecer um dado importante na apreciação do estado de conservação de um produto alimentício.

Em um processo de decomposição, quer seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, há alteração, quase sempre, na concentração de íons de hidrogênio. Os métodos de avaliação da acidez de um produto podem ser por determinação da acidez titulável ou pela concentração de íons de hidrogênio livres, por meio do pH.

O pH pode ser avaliado através de processo colorimétrico ou eletrométrico. Nos processos colorimétricos são usados certos indicadores que alteram sua coloração em determinadas concentrações de íons de hidrogênio, falseando os resultados em soluções intensamente coradas ou turvas. Nos processos eletrométricos são utilizados aparelhos que são potenciômetros especialmente adaptados que permitem uma determinação direta, simples e precisa do pH (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

d) Análise sensorial

para medir as características sensoriais dos alimentos, é feita a análise sensorial, através da utilização dos sentidos humanos: visão, gustação, olfato, audição e sensibilidade.

A avaliação sensorial é feita utilizando-se um painel de provadores treinados para avaliar as diferentes características organolépticas dos alimentos.

As sensações resultantes da interação dos órgãos dos sentidos humanos e o alimento, são usados para avaliar a qualidade e aceitabilidade por parte do consumidor bem como nas pesquisas de desenvolvimento de novos produtos.

Com a expansão da indústria de alimentos e bebidas têm sido difundidos métodos sistemáticos para acessar as reações sensoriais dos alimentos. As indústrias investem muito no sentido de preservar a qualidade sensorial do produto e reduzir riscos na aceitação de novos produtos pelo consumidor. O “expert”, ou degustador treinado em um determinado produto foi substituído por uma equipe de provadores, devidamente treinados, para avaliar as diferentes qualidades organolépticas. Hoje a análise sensorial tem várias aplicações como o controle e garantia de qualidade, desenvolvimento de novos produtos, testes de consumidores, estudo de percepção humana, correção com medidas físicas, químicas e instrumentais, etc. (AMERINE *et al.*, 1965; PANGBORN, 1980; COSTELL e DURAN, 1981).

Os métodos sensoriais podem ser divididos em quatro linhas com diferentes objetivos e estratégias (O' MAHONY, 1988):

- 1) **Testes analíticos sensoriais ou análise sensorial I:** nesta linha, usam-se amostras de alimentos e as analisa usando um instrumento: os sentidos humanos.
- 2) **Análise sensorial II:** usada para medir como os consumidores percebem os alimentos sob condições mais próximas das normais de consumo. Aqui os consumidores são amostrados e sua percepção (mas não aceitação e preferência) do alimento é estudada (O' MAHONY, 1988; O' MAHONY, 1992; O' MAHONY e GOLDSTEIN, 1987).
- 3) **Teste de consumidor:** linha que examina a aceitação e preferência dos consumidores, se eles realmente comprariam ou não o produto. Como a preferência varia de uma região para outra, deve-se usar amostra de consumidores típicos. Essa é uma operação cara, pois requer um grande número de provadores que devem ser testados sob condições normais de consumo (O' MAHONY, 1988).
- 4) **Psicofísica:** esta é uma área da psicologia voltada para entender como os sentidos humanos funcionam. Ela relaciona as percepções sensoriais com

estímulos físicos. Entender como o nosso sistema sensorial opera, em termos de fisiologia e percepção, permite ao experimentador melhor compreensão dos seus dados. (O' MAHONY, 1988, MOSKOWITS, 1983).

2.10. QUALIDADE DO PRODUTO

Segundo LENART (1996) a preservação de alimentos, especialmente de frutas e vegetais, pode ganhar espaço como um resultado da desidratação, que depois de secos podem ser estocados e transportados a custos relativamente baixos. Porém a água removida influencia para sérios decréscimos no valor nutritivo e organoléptico, sendo a coloração e o aroma existentes, afetados negativamente. Mudanças na constituição química dos alimentos durante a desidratação osmótica tem uma essencial influência no nível de água na secagem osmótica.

Significativas mudanças no conteúdo de vitamina C, podem ser prevenidas por adição de ácido ascórbico na solução para secagem osmótica. As desvantagens da secagem osmótica são longo tempo de secagem, perdas de ácidos naturais, e concentração de açúcar no fruto, o qual pode mudar o teste e aceitabilidade do produto (ROBBERS *et al.* 1997).

ROBBERS *et al.* (1997), verificaram que a adição de ácido ascórbico e ácido cítrico na solução para secagem osmótica de kiwi, preveniu o escurecimento e significativas perdas de ácido ascórbico durante a secagem.

UZUEGBU e UKEKA (1987) trabalhando com banana, manga e mamão, observaram que quando se utilizou 1% de metassulfito de potássio, os frutos tiveram uma melhor preservação de ácido ascórbico e do sabor.

O efeito da temperatura e concentração de soluto na cinética da osmose e perda de ácido ascórbico tem sido reportado para uma variedade de frutas e vegetais (VIAL *et al.*, 1991; PALOU *et al.*, 1993; FORNI *et al.*, 1990).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal da Paraíba.

Foram utilizados frutos de umbu provenientes da região do Cariri Paraibano, da safra do ano agrícola de 1998, nos estádios de maturação semi-maduro e maduro. O procedimento utilizado na secagem de umbu é mostrado na Figura 02.

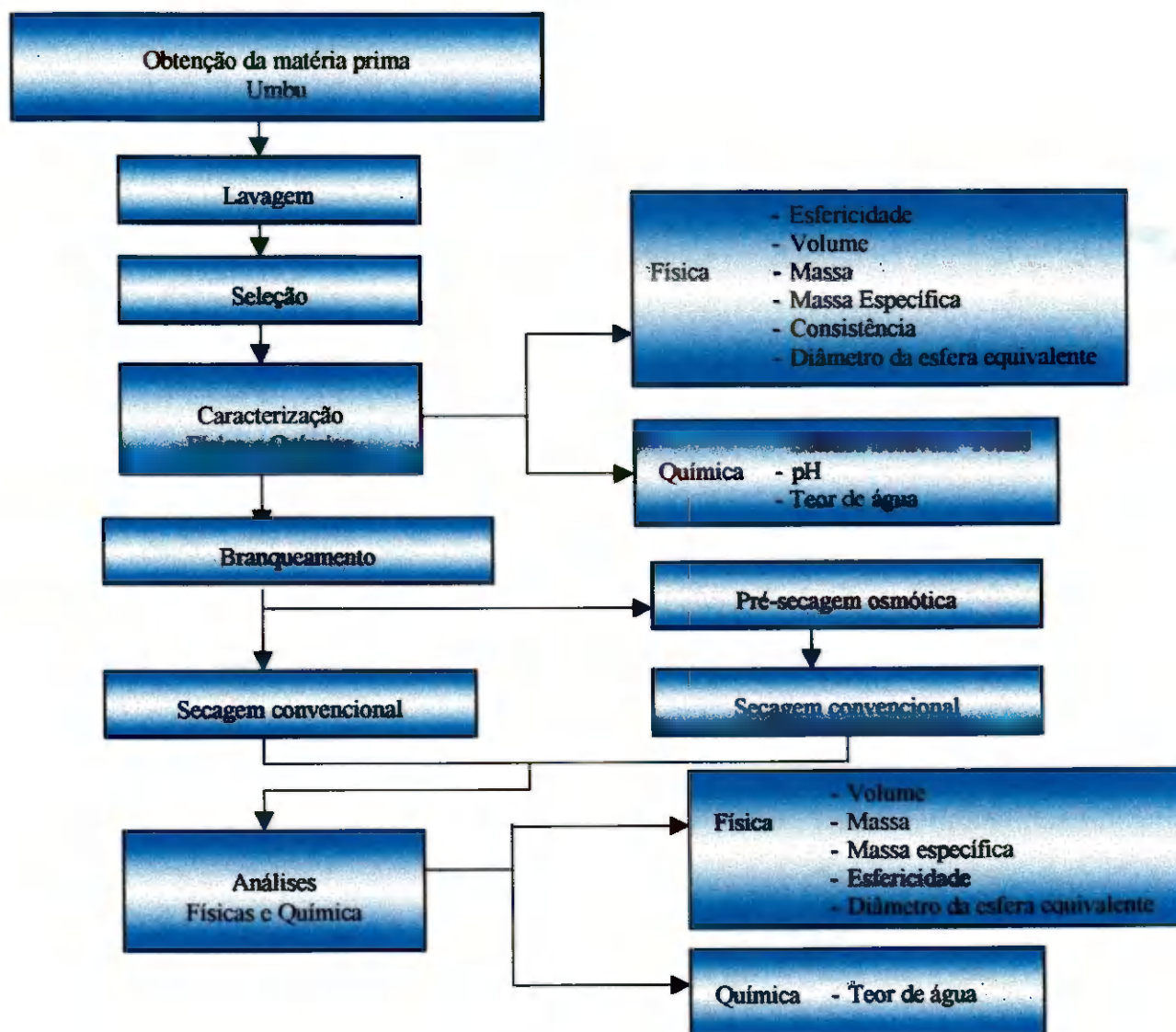


Figura 02 - Fluxograma do processo de secagem de umbu e das avaliações físicas e químicas realizadas durante o processo.

Antes do processo de secagem, os frutos foram caracterizados quanto aos seus aspectos físicos e químicos. A caracterização física do umbu, para cada estágio de maturação, foi realizada quanto a sua forma, volume, massa, massa específica, diâmetro da esfera equivalente e consistência. A caracterização química inicial, foi realizada quanto ao °Brix, pH e teor de água.

3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

3.1.1. Forma (esfericidade)

ESFERICIDADE: A esfericidade foi determinada pelo método descrito por Curray citado por MOHSEIN (1977), em que a fruta é primeiro projetada na posição de repouso e sua esfericidade (Figura 03) é então dada por:

$$\phi = \frac{d_i}{d_e} \times 100 (\%) \quad (\text{Eq. 08})$$

em que,

ϕ = esfericidade;

d_i = diâmetro do maior círculo inscrito, mm;

d_e = diâmetro do menor círculo circunscrito, mm;

O valor de 100% indica que a partícula é exatamente esférica.

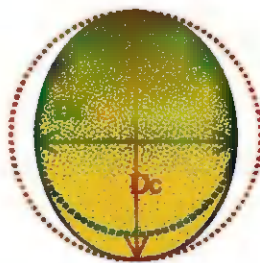


Figura 03 - Esquema de traçados feitos na projeção do fruto, em posição de repouso, para o cálculo da esfericidade.

3.1.2. Massa, Volume e Massa Específica

O volume de cada fruta foi determinado pelo método do deslocamento de água

(Figura 04). Neste método, a fruta é primeiro pesada no ar (m_1), em seguida pesa-se o recipiente com água destilada (m_2) e posteriormente a fruta é submersa no interior desse recipi- água destilada, sem tocar o fundo (m_3). A terceira leitura com a fruta submersa menos o peso do recipiente + água é igual a massa de água deslocada:

- a) m_1 = massa da fruta, (g)
- b) m_2 = massa de becker + água, (g)
- c) m_3 = massa de becker + água + fruto submerso, (g)

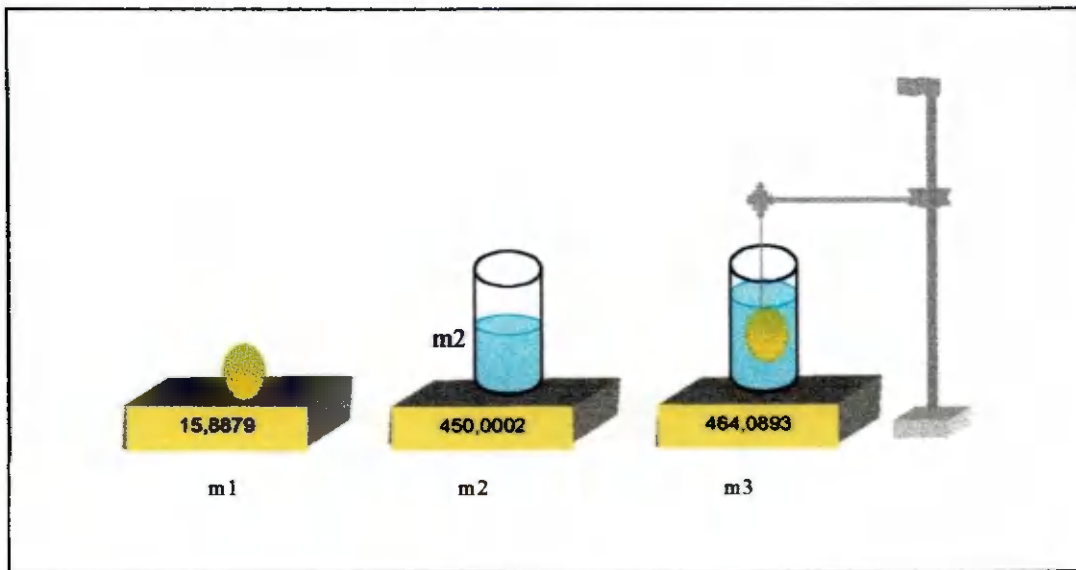


Figura 04 – Método do deslocamento de massa de água, usado para o cálculo do volume e da massa específica do fruto.

$$\text{VOLUME} = \frac{m_3 - m_2}{\rho_{H_2O}}, (cm^3) \quad (\text{Eq. 09})$$

em que:

$$\rho = \text{massa específica da água (g/cm}^3\text{)}$$

MASSA ESPECÍFICA: A massa específica foi obtida mediante a divisão da massa do fruto, (m_1) pelo volume V , calculado da Equação 09.

$$\rho_p = \frac{m_1}{V} \quad (\text{Eq. 10})$$

em que:

ρ_p = massa específica do produto

3.1.3. Consistência

Para determinar a consistência de 16 exemplares de frutos de umbu semi-maduro e maduro, foi utilizado um penetrômetro modelo FT 327, constituído de uma haste, cuja extremidade é uma ponta. Removeu-se a casca da região onde seria efetuada a medição, em seguida o fruto foi colocado em uma superfície firme, segurada pela mão, e através de compressão, foi medida a força necessária para vencer a resistência dos tecidos da fruta.

3.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

3.2.1. Sólidos Solúveis Totais (SST)

Esta determinação foi feita para 16 exemplares de frutos de umbu “in natura” semi-maduro e maduro, através de um refratrômetro manual de marca ATAGO, colocando-se uma ou duas gotas de suco da polpa no prisma e fazendo-se uma leitura direta em °Brix.

3.2.2. pH

A determinação do pH dos frutos foi feita através de um aparelho medidor de pH (pHâmetro). Para esta determinação, foi usado o seguinte procedimento:

Inicialmente o aparelho foi calibrado com soluções tampão de pH 7 e 4.

Foram trituradas amostras de frutos de umbu semi-maduro e maduro. Em seguida tomou-se amostras de 10 g em becker e a medida do pH foi obtida diretamente do suco.

Antes do início da secagem os frutos semi-maduro e maduro do umbu foram submetidos ao branqueamento.

3.3. BRANQUEAMENTO

Este processo foi realizado submetendo os frutos de umbu semi-maduro e maduro em água a uma temperatura de 80°C por cinco minutos.

3.4. SECAGEM EM CAMADA DELGADA

Antes do início da secagem, foi determinado o teor de água inicial de frutos de umbu semi-maduro e maduro, de acordo com ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY – A.O.A.C. (1997), que consistiu em submeter amostras dos frutos em estufa a uma temperatura de 105°C ± 2°C por um período de 72 horas para permitir a retirada total da água, por se tratar de um produto com alto teor de água.

Em seguida, os frutos já selecionados, branqueados foram **perfurados com um objeto pontiagudo** para facilitar a difusão de água durante o processo de secagem. Os frutos foram dispostos em camada delgada, em bandejas de tela de alumínio de 15 x 15 cm, para os diferentes estádios de maturação. Em seguida, foram levados para o secador, composto de 6 compartimentos, com circulação forçada de ar, marca FANEM, modelo 330, com velocidade do ar de secagem de 76 m.min⁻¹, em cada compartimento. O fluxo de ar do secador é transversal às bandejas. Para cada temperatura estudada (70, 80 e 90°C ± 2°C) e estágio de maturação, a secagem foi realizada em triplicata, até a obtenção dos teores de água de (30, 35 e 40%), para cada temperatura estudada.

Conhecendo-se o teor de água inicial dos frutos de umbu semi-maduro e maduro, a secagem, foi acompanhada pela perda de peso do umbu com o tempo, utilizando-se uma balança analítica, modelo METLER PC 440, com precisão de 0,001g. A fórmula utilizada foi:

$$Ubu = \frac{H_2O_{inicial} - H_2O_{evaporada}}{Ms + H_2O_{inicial} - H_2O_{evap}} \times 100 \quad (\text{Eq. 11})$$

em que:

Ms = matéria seca, g;

U_{bu} = teor de água em base úmida, %;

Para a determinação do teor de água em base seca foi utilizado a seguinte fórmula:

$$U_{bs} = 100 \times \frac{P_a}{P_{ms}} \quad (\text{Eq. 12})$$

em que

U_{bs} - teor de água em base seca, %;

P_a - peso da água;

P_{ms} - peso da matéria seca.

3.5. PRÉ-SECAGEM OSMÓTICA + SECAGEM

Para o processo de secagem do umbu com pré-secagem osmótica, foi inicialmente preparada uma solução de sacarose a 76 °Brix em dois recipientes, onde no primeiro foram imersos os frutos de umbu semi-maduros e no segundo os umbus maduros. Antes da imersão dos umbus semi-maduros e maduros, estes foram perfurados superficialmente (só o endocarpo) para facilitar o processo de difusão de líquido e a incorporação de soluto. Os frutos permaneceram imersos nesta solução até atingir equilíbrio osmótico. Durante este processo existiu uma entrada de soluto no interior do fruto, acompanhada de uma saída de água do fruto para o soluto.

A secagem parcial do fruto, foi acompanhado periodicamente pela perda de peso. Para isso, quatro repetições devidamente identificadas eram retiradas da solução, realizada uma limpeza do excesso da solução utilizando-se um papel secante, e realizada a pesagem em balança modelo Mettler PC 440, e precisão de 0,001g. Quando a massa dos frutos entrou em equilíbrio, estes foram retirados da solução e uma amostra separada para realização das análises dos sólidos solúveis totais (SST), pH e teor de água. Em seguida, os frutos parcialmente secos foram distribuídos em camada delgada, em bandejas de alumínio e levados ao secador para realização do restante da secagem até atingir os teores de água de 30, 35 e 40% b.u. Esta etapa da secagem do umbu foi realizada da mesma forma como já descrito no item anterior para as 3 temperaturas estudadas (70, 80 e 90°C).

Depois de cada secagem, foram realizadas novas análises de esfericidade, volume, diâmetro da esfera equivalente, massa e massa específica dos frutos para identificar as características físicas finais do umbu passa.

Depois da secagem dos frutos de umbu semi-maduro e maduro, até os teores de água de 30, 35 e 40%, uma amostra desses frutos foi deixada no secador até que atingissem o seu equilíbrio higroscópico dinâmico, obtendo-se assim o teor de água de equilíbrio. Isto foi realizado tanto para a secagem convencional quanto para a secagem com pré-secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90 °C.

3.6. TESTE ORGANOLÉPTICO

Os testes de sabor, aparência e textura das passas foram realizados com auxílio de provadores segundo metodologia proposta por MORAIS (1993).

Para a atribuição dos pontos às amostras, de acordo com a preferência dos degustadores, foi utilizado uma escala hedônica de pontos, onde as amostras foram servidas de forma mais uniforme possível e atribuindo-se valores variando de 1 a 9, sendo que 1 (um) é ponto atribuído para a amostra menos aceitável e 9 (nove) para a amostra mais aceita.

3.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

As constantes de secagem da equação proposta por Page e os coeficientes de difusão da equação de Fick utilizando um, dois e três termos da série, foram obtidas por análises de regressão não linear utilizando o programa computacional STATISTICA 5.0.

O delineamento experimental utilizado neste trabalho para o teste organoléptico, foi o inteiramente casualizado com arranjo fatorial de 2 x 2 x 3 x 3 (2 estádios de maturação; 2 tipos de secagem; 3 temperaturas e 3 teores de umidade final) com 12 repetições. As análises de variância foram realizadas pelo programa computacional ASSISTAT 6.1, descrito por SILVA (1996).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Características físicas do umbu "in natura"

A caracterização dos frutos de umbu semi-maduro e maduro quanto a massa (g), volume (mm³), massa específica (g/cm³), esfericidade (%), diâmetro da esfera equivalente (mm) e consistência (kg/cm²), é apresentada na Tabela 02, que foram obtidas das médias dos exemplares constantes das Tabelas A1 a A3, em anexo.

Tabela 02 – Valores médios da caracterização física dos frutos de umbu

Características Físicas	Estádio de maturação do umbu "in natura"	
	Semi-maduro	Maduro
Massa (g)	13,719 ± 1,36	15,675 ± 2,60
Volume (mm ³)	13.021 ± 129	14.679 ± 241
Massa específica (g/cm ³)	1,054 ± 0,02	1,068 ± 0,01
Diâmetro da esfera equivalente (mm)	29,163 ± 0,96	30,299 ± 1,63
Esfericidade (%)	83,84 ± 3,22	85,96 ± 4,01
Consistência (kg/cm ²)	4,90 ± 0,79	1,58 ± 0,74

Na Tabela 02, observa-se que a massa do umbu semi-maduro tem em média 13,72g e do umbu maduro 15,68 g. Os valores encontrados neste trabalho estão abaixo dos valores obtidos por QUEIROZ (1994) que encontrou valores para massa do umbu variando entre 16,00 a 30,00g; da SUDENE (1971) que encontrou em média 20,00g e de BISPO (1989) que obteve uma média de 16,92g. No entanto, os valores obtidos neste trabalho estão próximos aos determinados por ALMEIDA (1999) que encontrou valores variando de 10,89 a 21,59g.

Os valores encontrados para o volume dos frutos de umbu foram de 13.021 e 14.679 mm³ para os umbus semi-maduro e maduro, respectivamente, e são inferiores aos obtidos por BISPO (1989) e QUEIROZ (1994) que foram respectivamente de 18.210mm³ e variação de 15.380 a 32.000mm³, concluindo-se que os frutos analisados neste trabalho,

obtidos na safra de 1998 são menores, podendo-se atribuir esta variação a colheita ocorrida em ano em que houve seca.

Contudo os valores de massa específica para os frutos de umbu semi-maduro e maduro que foram de 1,054 e 1,068 g.cm⁻³ respectivamente, estão próximos aos valores encontrados por QUEIROZ (1994) que variam entre 1,04 e 1,07g/cm³.

Quanto ao diâmetro que equívale ao do fruto, como uma esfera (diâmetro da esfera equivalente), apresentou um valor maior para o fruto maduro (30,30mm) do que para o fruto semi-maduro (29,16mm). No entanto, ALMEIDA (1999), encontrou comportamento contrário, sendo de 30,96mm para o umbu semi-maduro e 29,80mm para o umbu maduro.

A esfericidade média obtida dos frutos de umbu semi-maduro e maduro foram de 83,84% e 85,96% respectivamente, observado-se ainda que o umbu semi-maduro e maduro estão em torno de 7,72 e 3,58% menores do que os valores determinados por QUEIROZ (1994) e ALMEIDA (1999), respectivamente.

A discrepância de alguns valores encontrados para a massa, volume, diâmetro da esfera equivalente e esfericidade podem estar associadas a existência de diversas variedades de umbuzeiro, porém não identificadas e estudadas, conseqüentemente os frutos de umbu apresentam valores de suas características físicas variadas (GOMES, 1965).

Os dados médios de consistência foram 4,9 e 1,58 kg/cm³ para umbu semi-maduro e maduro, respectivamente. Os dados mostram que o fruto semi-maduro suporta uma força em torno de 67,75% maior que o fruto maduro para o rompimento de seus tecidos.

4.2. Características químicas do umbu "in natura"

A caracterização química dos frutos de umbu semi-maduro e maduro encontram-se na Tabela 03, representada pelos teores de água, teores de sólidos solúveis totais e pH.

Tabela 03 – Valores médios da caracterização química dos frutos de umbu “in natura”.

Características Químicas	Estádio de maturação do umbu “in natura”	
	Semi-maduro	Maduro
Teor de água (% base úmida)	81,52	83,18
Teor de sólidos solúveis (°Brix)	10,48	11,08
pH	2,55	2,65

Os teores médios de água encontrados para os frutos de umbu “in natura” semi-maduro e maduro foram de 81,52% e 83,18% base úmida, respectivamente. Os teores de sólidos solúveis totais foram de 10,48 e 11,08 °Brix respectivamente para o umbu semi-maduro e maduro e o pH de 2,55 e 2,65, respectivamente. Estes valores estão próximos aos obtidos por ALMEIDA (1999), onde verifica-se uma diferença de 6,26% e 9,75% no teor de sólidos solúveis totais e de 8,63% no pH, para o umbu semi-maduro, e para o umbu maduro de e 6,04%, respectivamente.

4.3 Curvas de secagem

Para facilitar a redação deste trabalho, será denominada a partir deste item, a secagem dos frutos de umbu à 70, 80 e 90°C como secagem convencional e a secagem com pré-secagem osmótica de secagem osmótica.

As razões de umidade correspondentes aos dados de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, bem como os teores de umidade de equilíbrio dinâmico para secagem osmótica e convencional, a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C), encontram-se, em anexo, nas Tabelas A10 a A13, respectivamente.

Nas Figuras 05 e 06 estão os dados experimentais e os calculados com a equação de Page. As curvas dos dados calculados foram elaboradas por meio de regressão não linear a partir dos dados médios da secagem osmótica e convencional, para umbu semi-maduro e maduro respectivamente, apresentando um coeficiente de determinação médio de 99,67%.

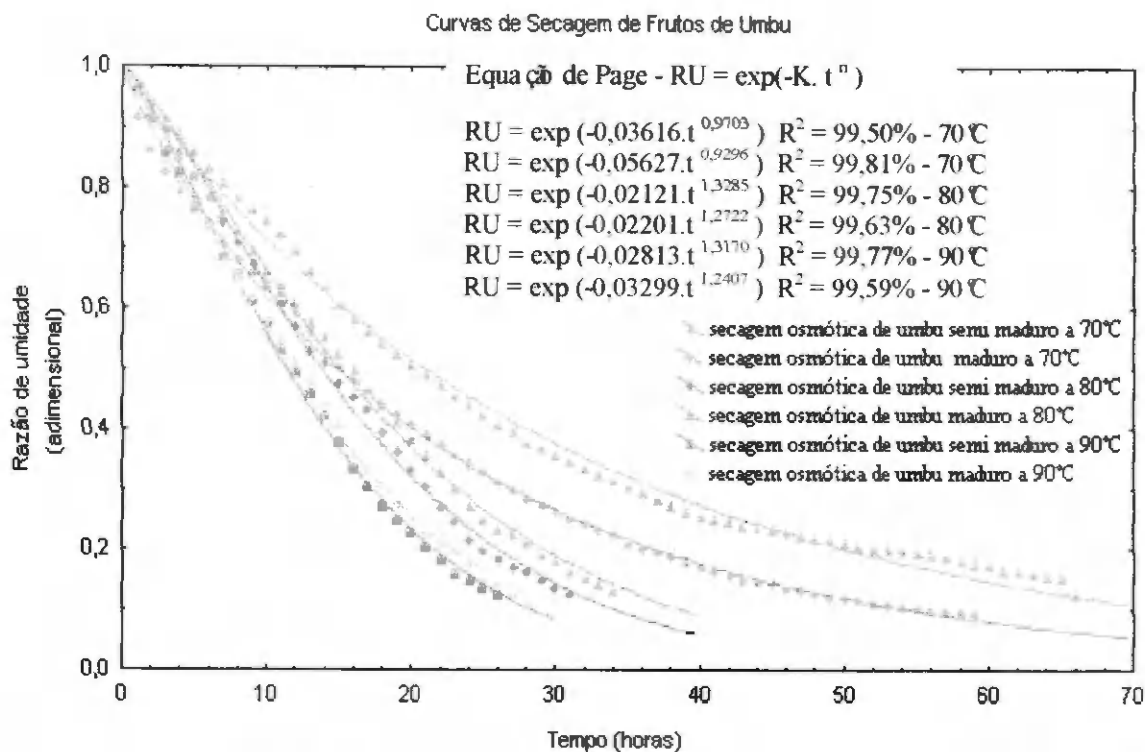


Figura 05 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Page, obtidas por regressão não linear para secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

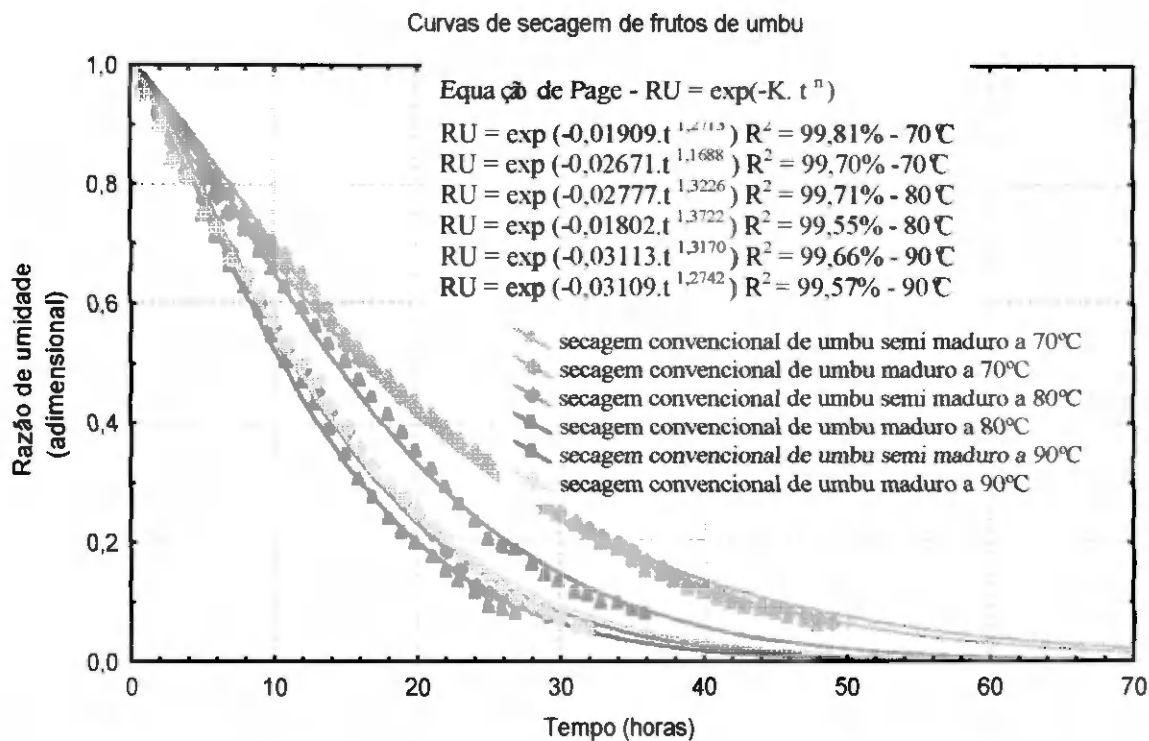


Figura 06 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro, e calculados pela equação de Page, obtidas por regressão não linear para secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Observa-se que todas as curvas apresentam coeficientes de determinação superiores a 99,5%. Esses resultados indicam um bom ajuste da equação proposta por Page aos dados experimentais, e reforçam a afirmação feita por diversos autores (O'CALLAGHAN *et al.*, 1971; MISRA e BROOKER, 1980; SOARES, 1986; CAVALCANTI MATA, 1993; CHRIST, 1996; CAVALCANTI MATA, 1997) de que esta equação é a que tem melhor se adequado para representar a curva de secagem em camada delgada.

Na Tabela 04 encontram-se os coeficientes da equação de Page às diferentes temperaturas estudadas (70, 80 e 90°C) para secagem osmótica e convencional dos frutos de umbu semi-maduro e maduro e na Tabelas 05 estão os coeficientes da equação de Page em função da temperatura para as mesmas condições supracitadas de secagem, para o umbu semi-maduro e maduro.

Na Tabela 04 pode-se observar que os coeficientes “K” e “n” da equação de Page variam em sua maioria de - 0,018 a - 0,056 e de 0,93 a 1,37 respectivamente. Por esta tabela constata-se que o coeficiente “K” tende a se comportar de forma crescente com relação ao estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro, com exceção da secagem convencional a 80°C onde observa-se um decréscimo do coeficiente “K” que representa a secagem do umbu semi-maduro, quando comparada com a secagem do umbu maduro este decréscimo está na ordem de 34,73%. Fato semelhante ocorreu com a secagem à 90°C em que o coeficiente de secagem sofreu pequeno decréscimo de 0,112%. Observa-se também que o coeficiente “n” apresenta os maiores valores em sua maioria para a secagem do umbu semi-maduro, variando de 0,972067 a 1,328479 e os menores para a secagem do umbu maduro, variando de 0,929609 a 1,372243 exceto à secagem convencional a 80°C em que o coeficiente “n” para o umbu maduro apresenta um valor de 3,61% maior que na secagem do umbu semi-maduro. Comparando a secagem osmótica e a secagem convencional para as temperaturas estudadas observa-se que na secagem osmótica do umbu semi-maduro, o valor de “K” decresce de -0,03616 à temperatura de 70°C para -0,021208 à temperatura de 80°C, voltando a elevar-se na secagem à 90°C para um valor de -0,028129; na secagem osmótica do umbu maduro, o coeficiente “K” também decresce de -0,056265 na temperatura de 70°C para -0,022013 à 80°C e eleva-se para -0,032988 aumentando-se a temperatura de secagem para 90°C. No entanto com a secagem

convencional, o coeficiente “K” da equação de Page, comportou-se de forma crescente de -0,019088 para -0,027766 e -0,031136 para as temperaturas de 70, 80, e 90°C, respectivamente com o umbu semi-maduro, porém na secagem do umbu maduro, o coeficiente “K” apresentou um valor inicial de -0,026707 à 70°C, decrescendo para -0,018023 com a temperatura de 80°C, e voltando a elevar-se para -0,031091 com o aumento da temperatura para 90°C. Comportamento contrário observa-se com o coeficiente “n” com a secagem osmótica, o qual apresenta uma tendência a elevar-se de um valor de 0,972067 com a temperatura de secagem à 70C, para 1,328479 á 80°C, decrescendo para 1,317028 com o aumento da temperatura para 90°C com a secagem do umbu semi-maduro; o mesmo comportamento é observado também com a secagem osmótica do umbu maduro, que na temperatura de 70°C apresenta valor de “n” igual a 0,929609, que eleva-se com a temperatura de 80°C para 1,272225 e com o aumento da temperatura de 90°C decresce para um valor de 1,240724. Comportamento semelhante observa-se com a secagem convencional, quando se compara o umbu semi-maduro e maduro, respectivamente. Com a temperatura de 70°C “n” apresenta um valor inicial de 1,271, eleva-se para 1,323 à 80°C e decresce para 1,317 à 90°C com a secagem do umbu semi-maduro. Verifica-se também que com a secagem do umbu maduro o coeficiente “n” apresenta um valor inicial de 1,169 à 70°C, eleva-se para 1,372 na temperatura de 80°C e com o aumento da temperatura para 90°C o valor de “n” decresce para 1,274.

Diversos pesquisadores estudando a equação de Page, para diferentes temperaturas, encontraram valores de “n” muito próximos e adotaram valores fixos para “n” e estabeleceram que apenas o coeficiente “K” é função da temperatura. DALPASQUALE (1987) em seus estudos de secagem com soja, encontrou valor de 0,6 para esse produto e CAVALCANTI MATA (1997) de 0,8 para feijão. Assim, neste estudo obteve-se um valor médio de “n” igual a 1,2 e realizaram-se novas equações de regressão estabelecendo-se só o coeficiente “K” em função da temperatura.

Na Tabela 05 encontra-se os valores médios do coeficiente “K” obtido por regressão não linear em função da temperatura, a partir de “n” com valor fixo igual a 1,2. Os valores dos coeficientes “a” e “b”, para o cálculo do coeficiente “K”, estão expressos nas Figuras 07 a 10. Observa-se que na secagem convencional os valores de “K” são maiores do que na secagem osmótica.

Tabela 04 - Coeficientes da equação de Page, obtida por regressão não linear para umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C).

EQUAÇÃO DE PAGE

$$RU = EXP(-K \cdot t^n)$$

Tipo de secagem	Temperatura (°C)	K	n	R ²
Secagem Osmótica de umbu semi-maduro	70°C	-0,036162	0,972067	99,500
	80°C	-0,021208	1,328479	99,748
	90°C	-0,028129	1,317028	99,768
Secagem Osmótica de umbu maduro	70°C	-0,056265	0,929609	99,808
	80°C	-0,022013	1,272225	99,633
	90°C	-0,032988	1,240724	99,588
Secagem Convencional de umbu semi-maduro	70°C	-0,019088	1,271265	99,8013
	80°C	-0,027766	1,322611	99,705
	90°C	-0,031126	1,316955	99,656
Secagem Convencional de umbu maduro	70°C	-0,026707	1,168820	99,703
	80°C	-0,018023	1,372243	99,550
	90°C	-0,031091	1,274166	99,565

Nas Figuras 07 a 10 estão expressos os dados experimentais e os calculados usando a equação de Page assumindo “n” fixo igual a 1,2 obtido por regressão não linear. Sendo importante observar que quando a regressão é feita para cada temperatura isoladamente, os coeficientes de determinação são bastante expressivos, com valores superiores a 99% como é mostrado na Tabela 04. No entanto, quando os coeficientes da equação são colocados em função da temperatura, os coeficientes de determinação caem para 98% com a secagem osmótica, tanto com umbu semi-maduro como com o maduro.

Tabela 05 - Valores do coeficiente “K” da equação de Page, obtida por regressão não linear para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura assumindo n médio com valor igual a 1,2.

EQUAÇÃO DE PAGE				
$RU = EXP(K \cdot t^{1,2})$ onde: $K = a + b \cdot T$				
Temperatura (°C)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
	a=0,06819 b=0,00121	a=0,01988 b=0,00061	a=0,05 b=0,00106	a=0,0235 b=0,0006
	K	K	K	K
70°C	-0,0165	-0,0229	-0,0244	-0,024
80°C	-0,0286	-0,0291	-0,0351	-0,0308
90°C	-0,0407	-0,0352	-0,0457	-0,0375

Equação de Page

$RU = \exp(K t^{1,2})$ em que $K = 0,0681947 - 1,2103 \times 10^{-3} \cdot T$ $R^2 = 98,23\%$

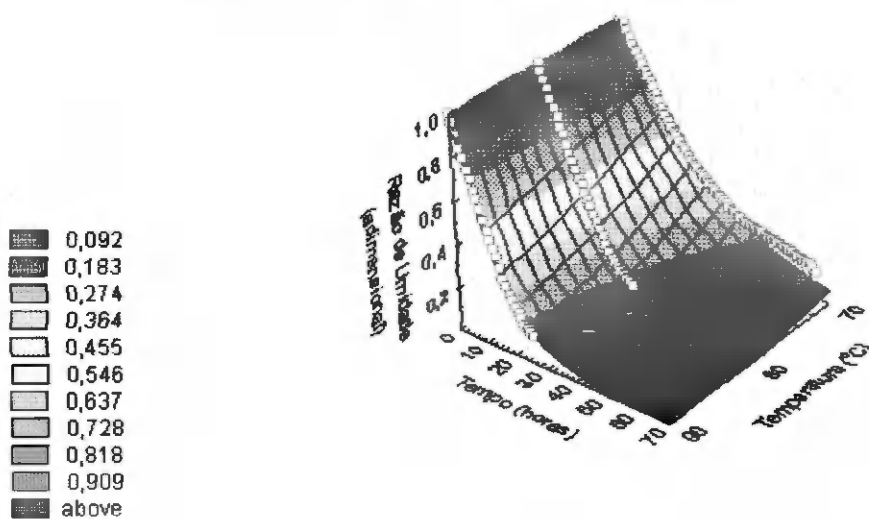


Figura 07 - Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de “n” com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro, com a secagem osmótica.

Equação de Page

$$RU = \exp(K.t^{1,2}) \text{ em que } K = 0,01988 - 6,117 \times 10^{-4}.T \quad R^2 = 98,30\%$$

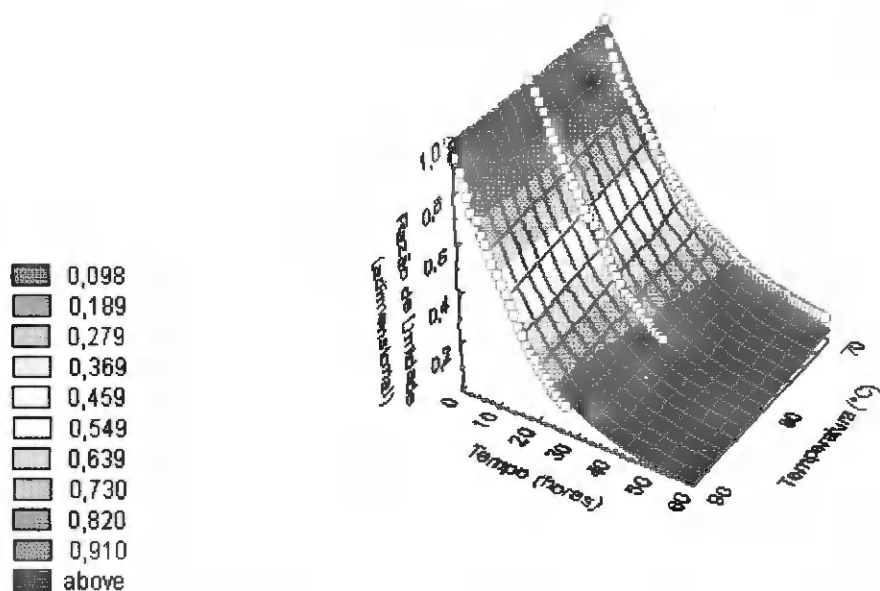


Figura 08 - Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de “n” com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear, para umbu maduro com a secagem osmótica.

Equação de Page

$$RU = \exp(K.t^{1,2}) \text{ em que } K = 0,05 - 1,064 \times 10^{-3}.T \quad R^2 = 99,05\%$$

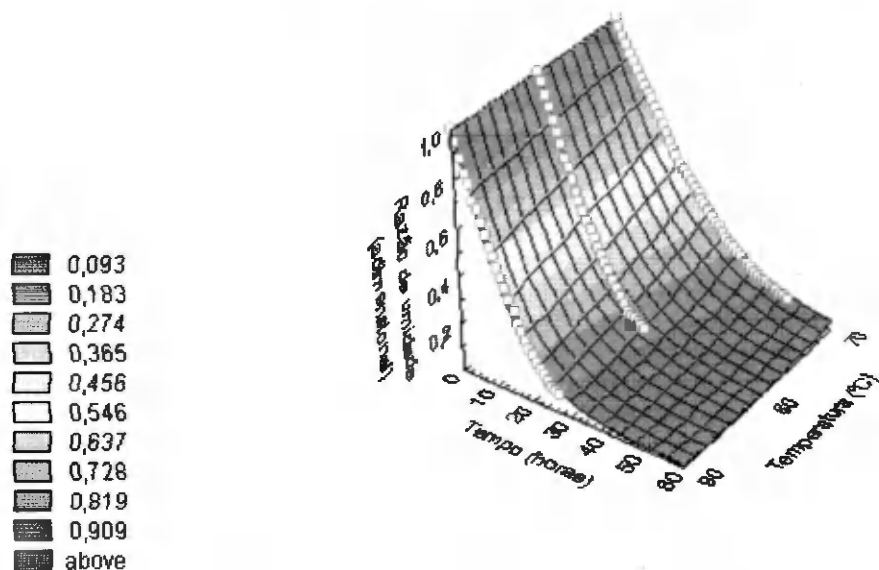


Figura 09 - Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de “n” com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem convencional.

Equação de Page

$$RU = \exp (K \cdot t^{1,2}) \text{ em que } K = 0,0235 - 0,678 \times 10^{-4} \cdot T \quad R^2 = 99,35\%$$

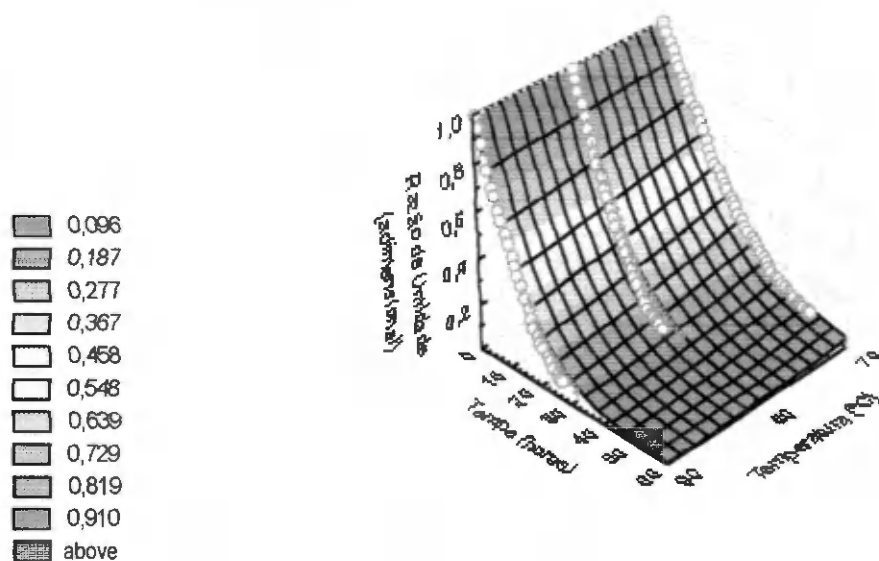


Figura 10 - Superfície de resposta do coeficiente “K” da equação de Page em função da temperatura, a partir de “n” com valor igual a 1,2, obtidas por regressão não linear, para umbu maduro com a secagem convencional.

Considerando os frutos de umbu como uma esfera (equação 03) utilizou-se a equação de Fick para obtenção dos valores do coeficiente de difusão considerando um, dois e três termos da série.

As Figuras de 11 a 16, mostram respectivamente os dados experimentais e calculados com a equação de Fick para o primeiro, segundo e terceiro termo da série, para umbu semi-maduro e maduro nas secagens osmótica e convencional a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C). As curvas dos dados calculados foram elaboradas por meio de regressão não linear, obtendo-se os coeficientes de determinação bem inferiores aos da equação de Page, a qual apresentou coeficiente de determinação acima de 99,5%. No entanto a equação de Fick para o primeiro termo apresentou coeficiente de determinação inferiores a 80%, variando de 42,16% a 76,37%. Para a equação de Fick utilizando dois termos da série, o coeficiente de determinação variou entre 79,56% a 90,41% e de 82,4% a 93,06%, para a equação de Fick, utilizando três termos da série. Pode-se observar nessas Figuras, que o coeficiente de determinação aumenta com o aumento dos números de

termos da série da equação de Fick, no entanto, ainda não apresenta um ajuste satisfatório para todas as condições estabelecidas. Verifica-se nestas Figuras que o melhor ajuste ocorre para a equação de Fick, quando utilizou-se três termos da série, com o umbu maduro para secagem osmótica a 70°C .

Os coeficientes de difusão provenientes dos ajustes individuais de cada secagem osmótica e convencional do umbu semi-maduro e maduro, para diferentes temperaturas utilizando a equação de Fick para o primeiro, segundo e terceiro termo da série, encontram-se nas Tabelas 06 a 08, onde observa-se valores para o coeficiente de difusão da ordem de $4,638 \times 10^{-11}$ a $9,921 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para o primeiro termo; de $4,603 \times 10^{-11}$ a $9,865 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para o segundo termo e $4,592 \times 10^{-11}$ a $9,867 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ para o terceiro termo. Este fato caracteriza uma variação desses coeficientes, confirmando desta forma a diferença entre as curvas, uma vez que se tratam de diferentes estádios de maturação dos frutos, tipos de secagem e diferentes temperaturas de secagem. No entanto, pode-se observar que o valor do coeficiente de difusão tende a aumentar com o aumento da temperatura, tanto para secagem osmótica como para secagem convencional, para os dois estádios de maturação. O fato do coeficiente de difusão aumentar em função da temperatura também foi observado em estudos realizado por diversos pesquisadores como: MURR (1992) com fatias de batata; PRADO (1998) com tâmaras e GOUVEIA (1999) em estudo de secagem com gengibre.

Contudo observando-se as Tabelas 06 a 08 pode-se constatar também que, quando se compara os valores encontrados para os coeficientes de difusão em função do número de termos da série da equação de Fick, verifica-se que estes valores estão muito próximos, só havendo uma significância para a secagem osmótica do umbu semi-maduro à 70 e 80°C, entre o primeiro e o segundo termo da série, apresentando os valores de $5,323 \times 10^{-11}$, $4,603 \times 10^{-11}$ e $4,638 \times 10^{-11}$, $6,328 \times 10^{-11}$ respectivamente.

Curvas de secagem de frutos de umbu - Equação de Fick

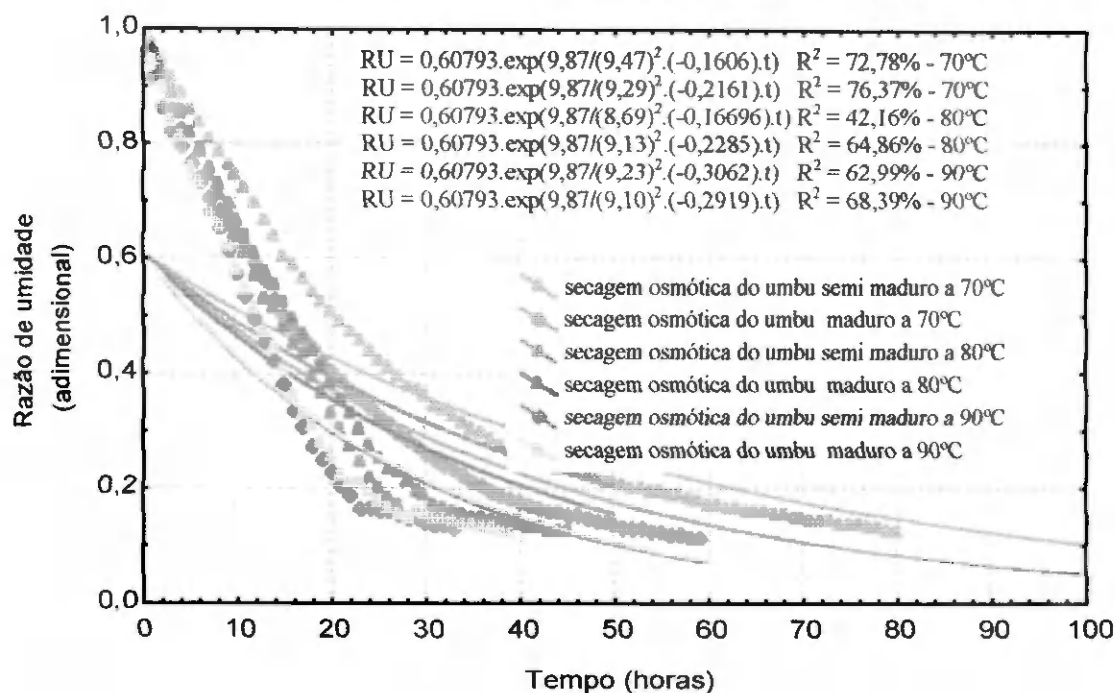


Figura 11 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick utilizando um termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Curvas de secagem de frutos de umbu - Equação de Fick

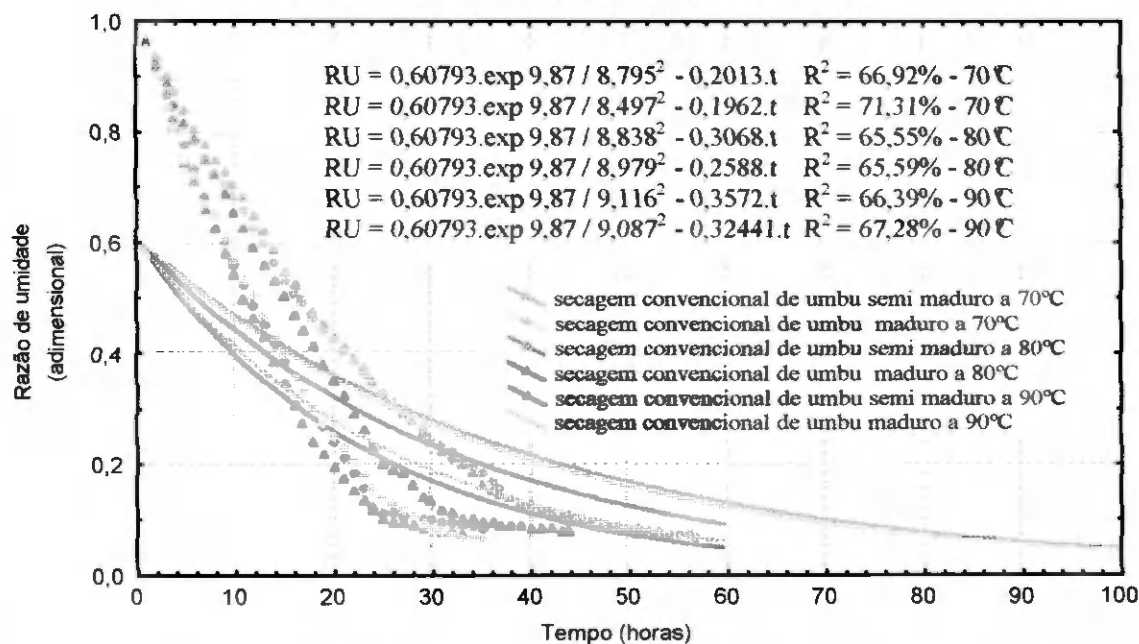


Figura 12 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem convencional, às temperatura de 70, 80 e 90°C.

Curvas de secagem de frutos de umbu - Equação de Fick

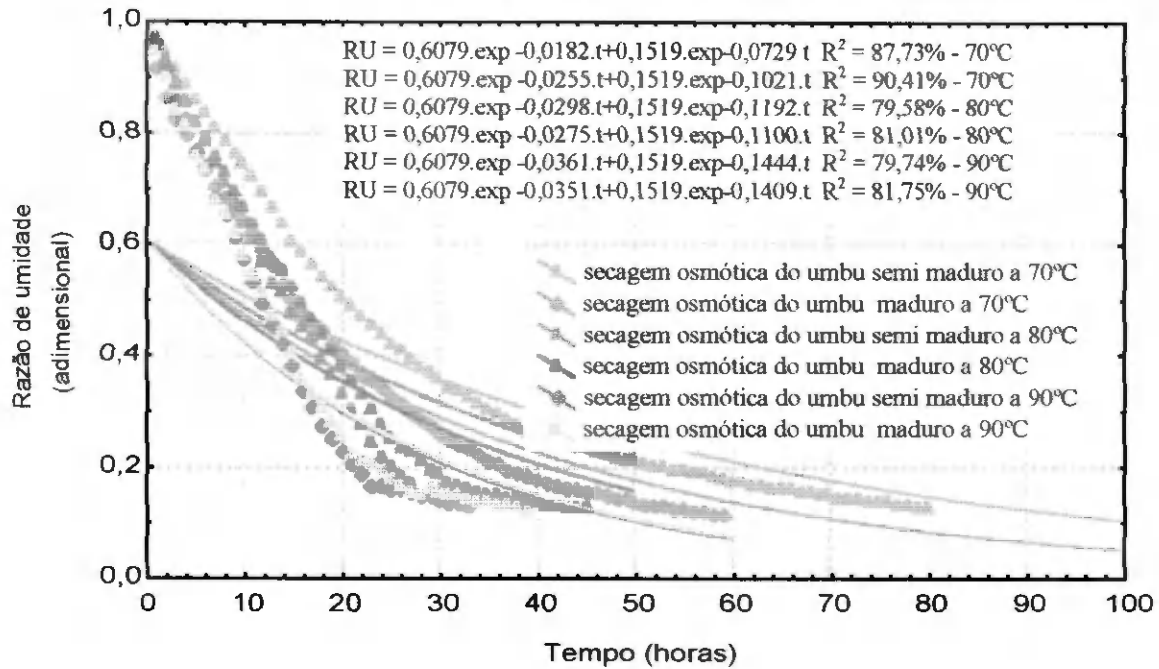


Figura 13 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Curvas de secagem de frutos de umbu - Equação de Fick

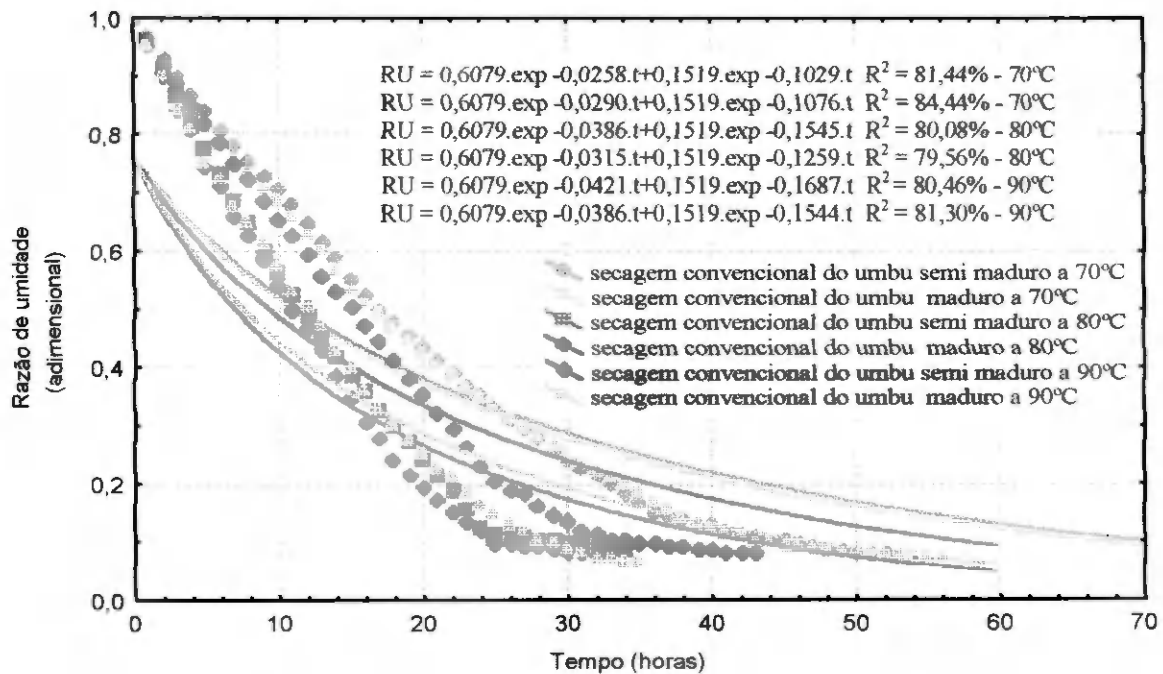


Figura 14 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para secagem convencional, às temperatura de 70, 80 e 90°C.

Curvas de secagem de frutos de umbu - Equação de Fick

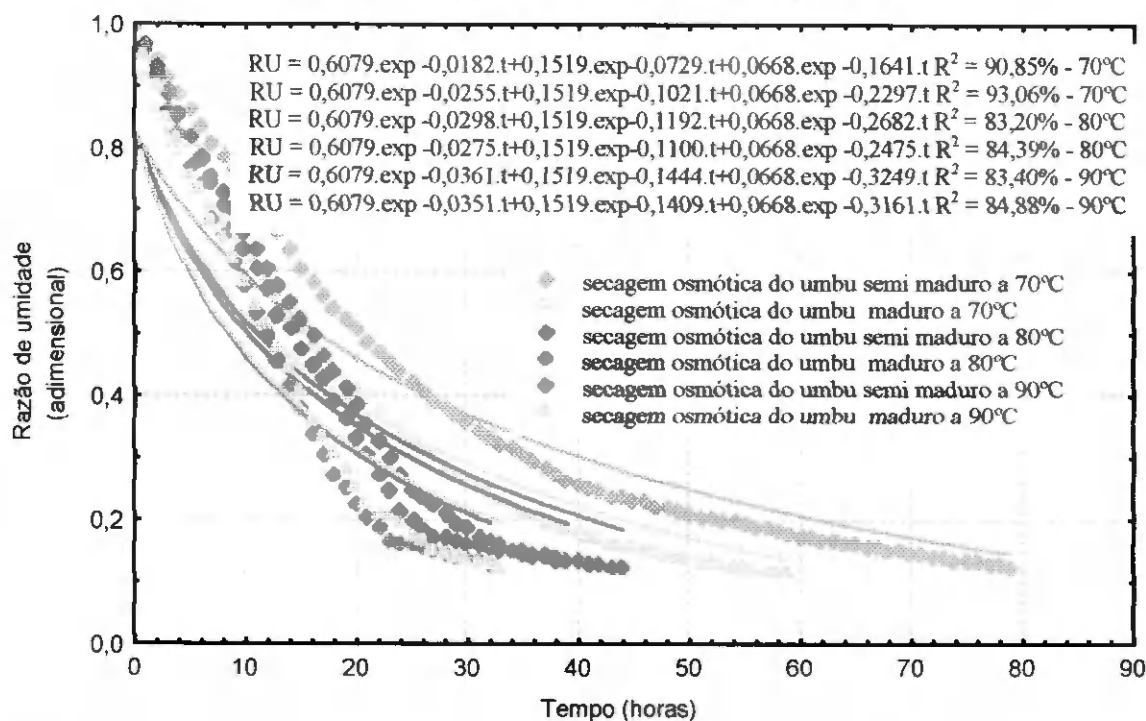


Figura 15 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick utilizando três termos da série, obtidas por regressão não linear, para secagem osmótica, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Curvas de secagem de frutos de umbu - Equação de Fick

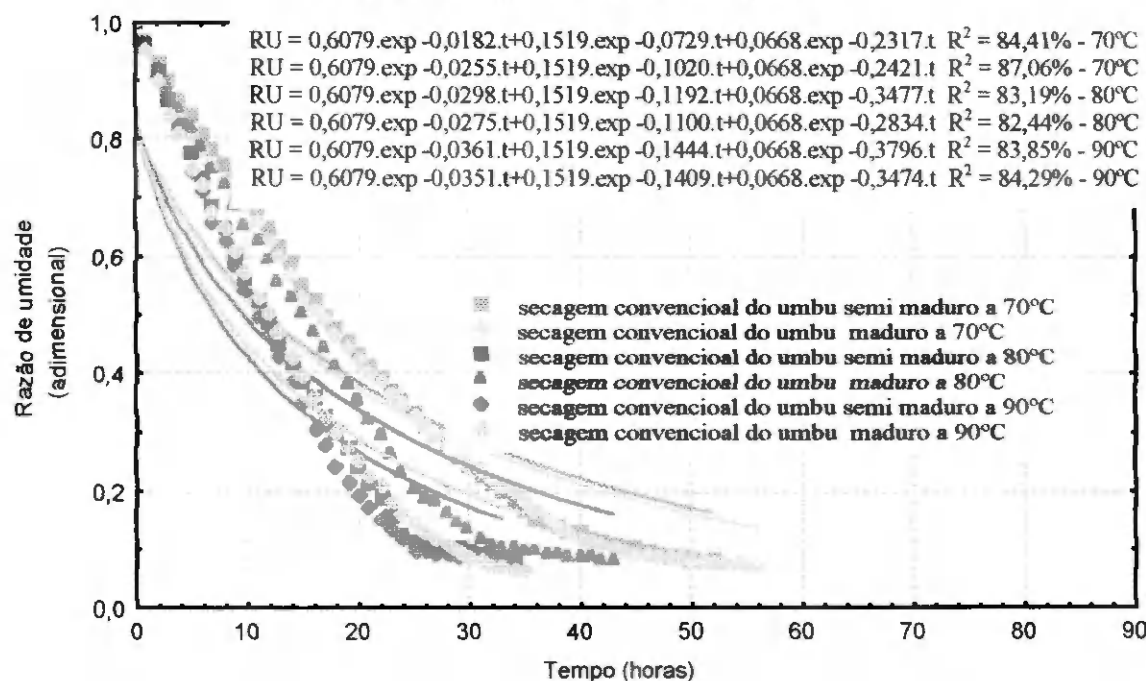


Figura 16 - Curvas dos dados experimentais de frutos de umbu semi-maduro e maduro e calculados pela equação de Fick, utilizando três termos da série, obtidas por regressão não linear, para secagem convencional, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Tabela 06 - Coeficientes de difusão da Equação de Fick usando 1 termo da série provenientes da secagem osmótica e convencional, para o estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right]$$

Tipo de secagem	Temperatura (°C)	D (m ² /s)	R ² (%)
Secagem Osmótica de umbu semi-maduro	70°C	5,323 x 10 ⁻¹¹	72,780
	80°C	4,638 x 10 ⁻¹¹	42,158
	90°C	8,504 x 10 ⁻¹¹	62,989
Secagem Osmótica de umbu maduro	70°C	6,003 x 10 ⁻¹¹	76,370
	80°C	6,347 x 10 ⁻¹¹	64,855
	90°C	8,108 x 10 ⁻¹¹	68,511
Secagem Convencional de umbu semi-maduro	70°C	5,592 x 10 ⁻¹¹	66,913
	80°C	8,522 x 10 ⁻¹¹	65,545
	90°C	9,921 x 10 ⁻¹¹	66,394
Secagem Convencional de umbu maduro	70°C	5,449 x 10 ⁻¹¹	71,311
	80°C	7,189 x 10 ⁻¹¹	65,588
	90°C	9,011 x 10 ⁻¹¹	67,278

Tabela 07 - Coeficientes de difusão da Equação de Fick usando 2 termos da série, provenientes da secagem osmótica e convencional, para o estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp \left[\frac{2^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right]$$

Tipo de secagem	Temperatura (°C)	D (m ² /s)	R ² (%)
Secagem Osmótica de umbu semi-maduro	70°C	4,603 x 10 ⁻¹¹	87,734
	80°C	6,328 x 10 ⁻¹¹	79,578
	90°C	8,651 x 10 ⁻¹¹	79,738
Secagem Osmótica de umbu maduro	70°C	6,200 x 10 ⁻¹¹	90,407
	80°C	6,450 x 10 ⁻¹¹	81,011
	90°C	8,192 x 10 ⁻¹¹	81,747
Secagem Convencional de umbu semi-maduro	70°C	5,606 x 10 ⁻¹¹	81,438
	80°C	8,493 x 10 ⁻¹¹	80,077
	90°C	9,865 x 10 ⁻¹¹	80,460
Secagem Convencional de umbu maduro	70°C	5,467 x 10 ⁻¹¹	84,440
	80°C	7,144 x 10 ⁻¹¹	79,559
	90°C	8,975 x 10 ⁻¹¹	81,300

Tabela 08 - Coeficientes de Difusão da Equação de Fick usando 3 termos da série, provenientes da secagem osmótica e convencional, para o estágio de maturação do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick			
$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp \left[\frac{2^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{3^2} \cdot \exp \left[\frac{3^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right]$			
Tipo de secagem	Temperatura (°C)	D (m ² /s)	R ² (%)
Secagem Osmótica de umbu semi-maduro	70°C	4,592 x 10 ⁻¹¹	90,854
	80°C	6,269 x 10 ⁻¹¹	83,200
	90°C	8,581 x 10 ⁻¹¹	83,400
Secagem Osmótica de umbu maduro	70°C	6,197 x 10 ⁻¹¹	93,063
	80°C	6,403 x 10 ⁻¹¹	84,391
	90°C	8,067 x 10 ⁻¹¹	84,476
Secagem Convencional de umbu semi-maduro	70°C	5,561 x 10 ⁻¹¹	84,414
	80°C	8,424 x 10 ⁻¹¹	83,185
	90°C	9,867 x 10 ⁻¹¹	83,849
Secagem Convencional de umbu maduro	70°C	5,433 x 10 ⁻¹¹	87,061
	80°C	7,081 x 10 ⁻¹¹	82,438
	90°C	8,900 x 10 ⁻¹¹	84,287

Nas Figuras 17 a 28, estão expressos os dados experimentais e calculados com a equação de Fick para o primeiro, segundo e terceiro termos da série para umbu semi-maduro e maduro, com a secagem osmótica e convencional, onde os coeficientes da equação de Fick estão em função da temperatura. Pode-se constatar fato semelhante ao ocorrido com a equação de Page. Os coeficientes de determinação, quando são colocados em função da temperatura, tende a decrescer para algumas condições de secagem. Pode se observar também, que o umbu maduro apresenta coeficientes de determinação maiores do que o umbu semi-maduro para secagem osmótica e convencional (Figuras 17 a 28), e que os maiores valores do coeficiente de determinação são encontrados com a secagem osmótica, com valores de 69,55% para o primeiro termo, 87,03% e 92,40% para o segundo e terceiro termo, respectivamente.

A utilização da equação em função da temperatura tem sido bastante utilizada por diversos pesquisadores da área (CAVALCANTI MATA, 1997; PRADO, 1998; GOUVEIA, 1999), e apresenta a vantagem de permitir estabelecer uma superfície de resposta, onde pode-se obter as curvas intermediárias, como pode ser observado nas

Figuras 17 a 28. No entanto pelo fato da equação de Fick não representar bem as curvas de secagem experimentais, este objetivo fica comprometido.

Analisando-se de uma maneira genérica, a equação de Fick, utilizando até três termos da série, não se comporta satisfatoriamente para representar a secagem convencional e osmótica do umbu semi-maduro e maduro às temperaturas de 70, 80 e 90 °C, contrariando alguns pesquisadores dentre eles GOUVEIA (1999) que verificou que apenas um termo da série era suficiente para descrever a secagem de gengibre. Contudo, PRADO (1998) em seu trabalho com tâmara constatou que eram necessários 5 termos da série da equação de Fick para que esta equação pudesse representar os dados de secagem e MURR (1992) concluiu que só com vinte termos da série da equação de Fick é que era possível representar satisfatoriamente a secagem de batata. Os autores nesses trabalhos concluíram que a equação de Fick representa satisfatoriamente a secagem dos produtos estudados, no entanto, quando o número de termos da série ultrapassa os dois primeiros, o seu uso é inconveniente e recomenda-se a utilização de outras equações, dentre elas a de Page.

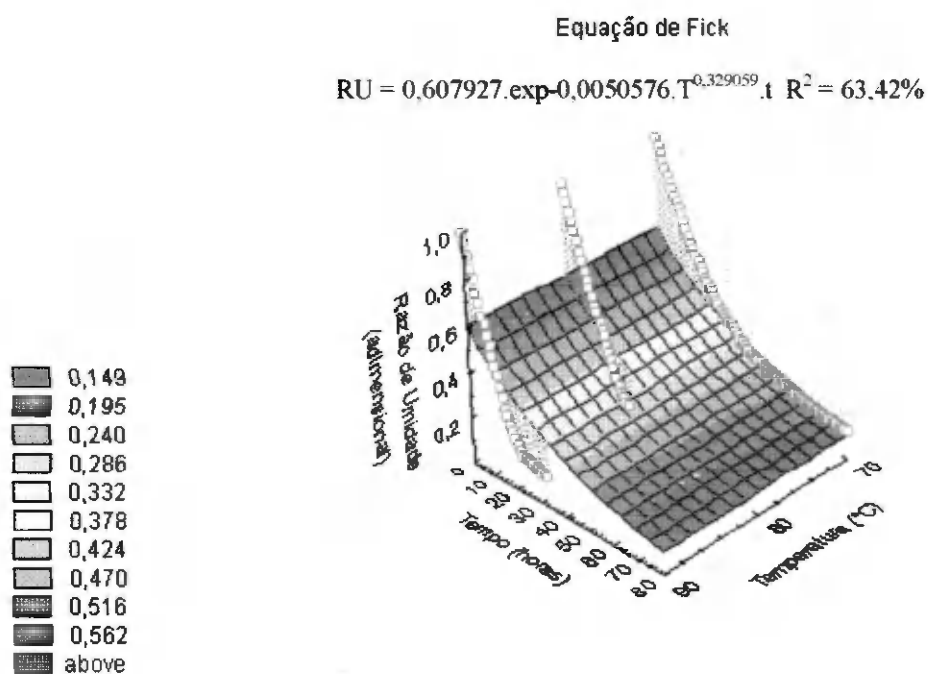


Figura 17 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0.607927 \cdot \exp(-0.0065724 \cdot T^{0.3311843} \cdot t) \quad R^2 = 69,55\%$$

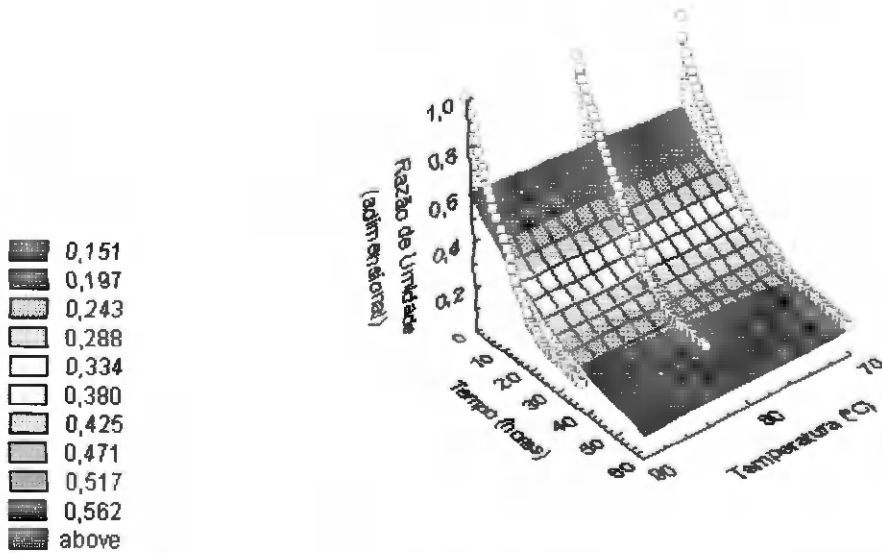


Figura 18 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0.607927 \cdot \exp(-0.0071372 \cdot T^{0.3247855} \cdot t) \quad R^2 = 64,70\%$$

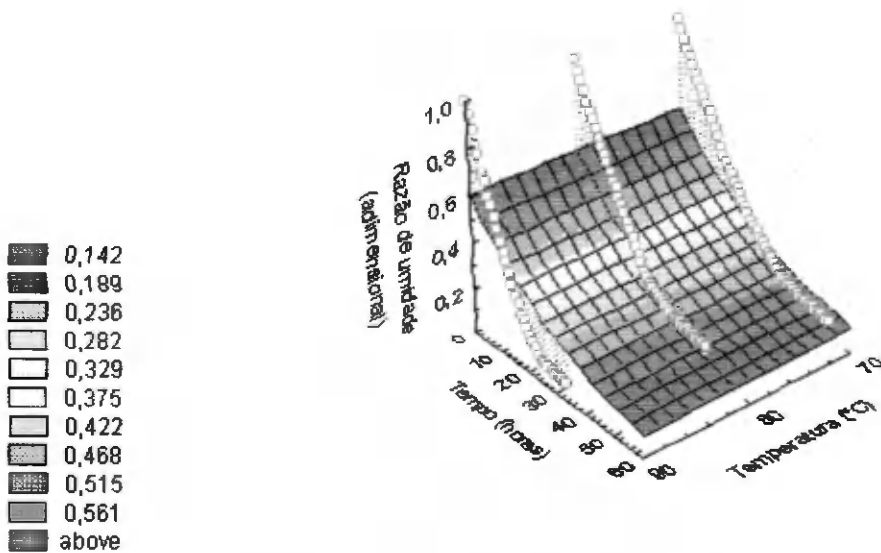


Figura 19 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0,607927 \cdot \exp(-0,0075286 \cdot T^{-0,3253185} \cdot t) \quad R^2 = 67,67\%$$

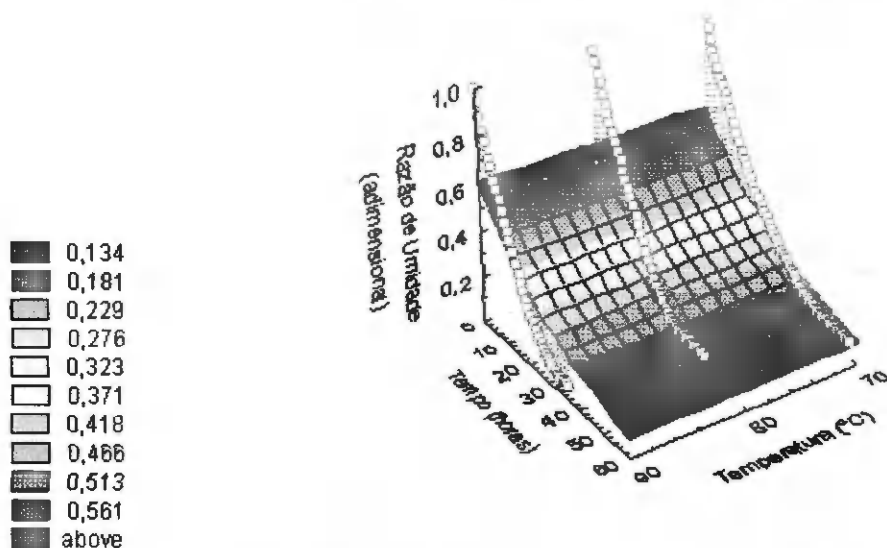


Figura 20 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o primeiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0,6079 \cdot \exp(-0,00727 \cdot T^{0,335219} \cdot t) + 0,1519 \cdot \exp(-0,00727 \cdot T^{-0,335219} \cdot t) \quad R^2 = 80,37\%$$

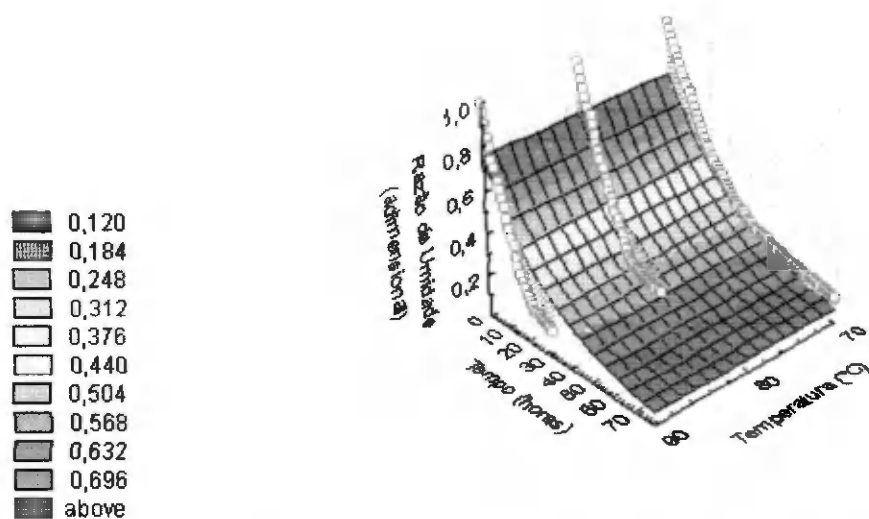


Figura 21 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

equação de Fick

$$RU = 0.6079.\exp-0.0086.T^{0.3330963}.t+0.1519.\exp-0.0086.T^{0.3330963}.t \quad R^2 = 87,03\%$$

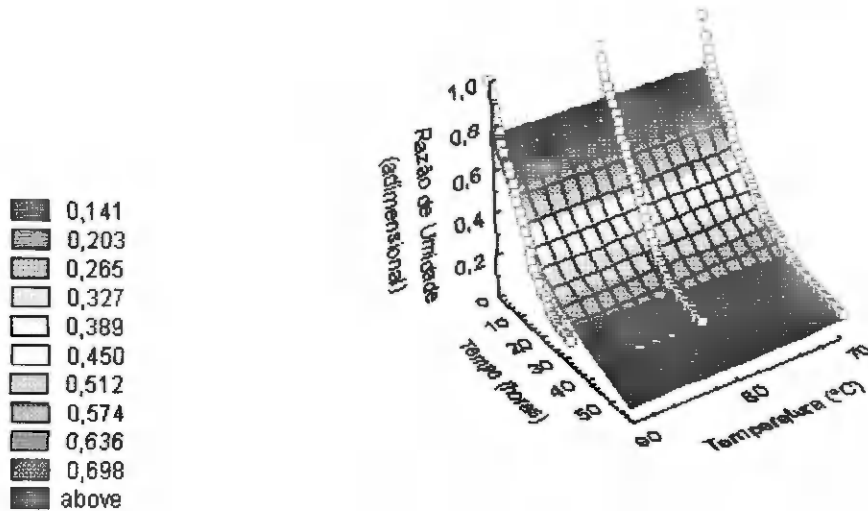


Figura 22 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0.6079.\exp-0.0100.T^{0.3324247}.t+0.1519.\exp-0.0100.T^{0.3324247}.t \quad R^2 = 81,79\%$$

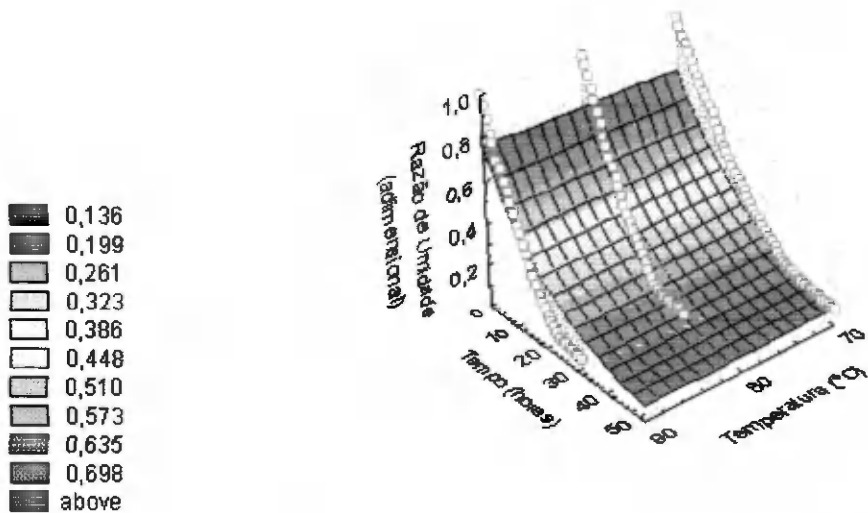


Figura 23 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para umbu semi-maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0,6079 \cdot \exp(-0,0094 \cdot T^{0,3310579}) \cdot t + 0,1519 \cdot \exp(-0,0094 \cdot T^{0,3310579}) \cdot t \quad R^2 = 84,74\%$$

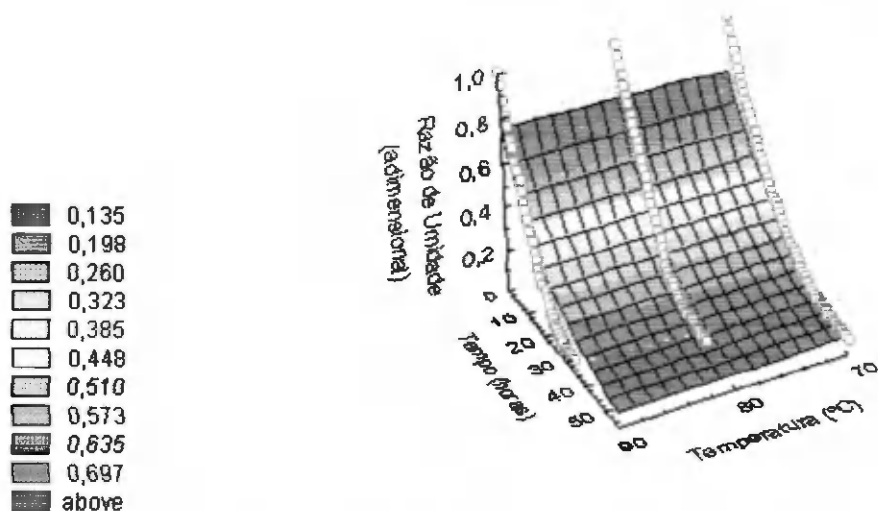


Figura 24 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o segundo termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

equação de Fick

$$RU = 0,6079 \cdot \exp(-0,0080 \cdot T^{0,338446}) \cdot t + 0,1519 \cdot \exp(-0,0080 \cdot T^{0,338446}) \cdot t + 0,0675 \cdot \exp(-0,0080 \cdot T^{0,338446}) \cdot t \quad R^2 = 84,82\%$$

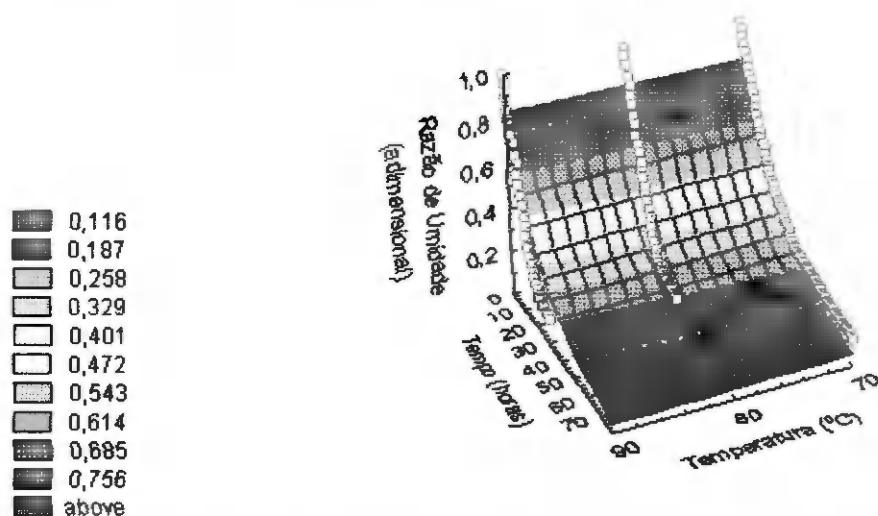


Figura 25 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0,6079 \cdot \exp(-0,0092 \cdot T^{0,3364904}) \cdot t + 0,1519 \cdot \exp(-0,0092 \cdot T^{0,3364904}) \cdot t + 0,0675 \cdot \exp(-0,0092 \cdot T^{0,3364904}) \cdot t$$

$$R^2 = 92,40\%$$

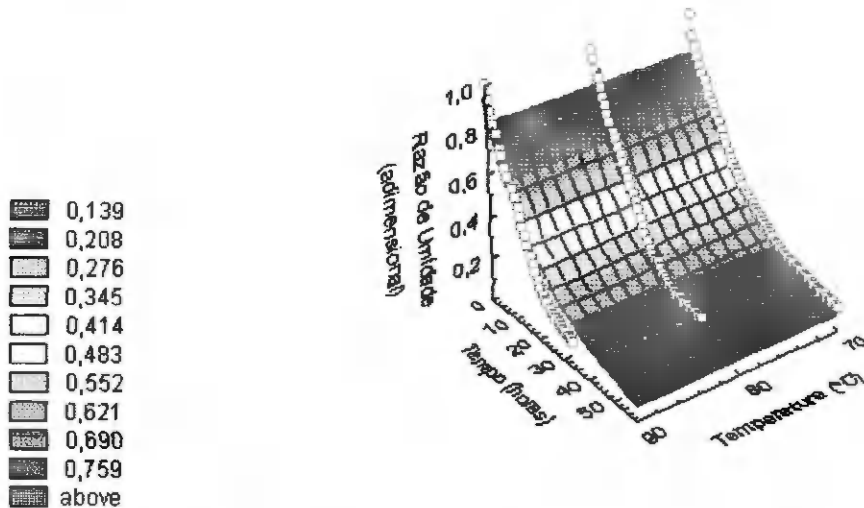


Figura 26 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem osmótica às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0,6079 \cdot \exp(-0,0109 \cdot T^{0,336588}) \cdot t + 0,1519 \cdot \exp(-0,0109 \cdot T^{0,336588}) \cdot t + 0,0675 \cdot \exp(-0,0109 \cdot T^{0,336588}) \cdot t$$

$$R^2 = 87,14\%$$

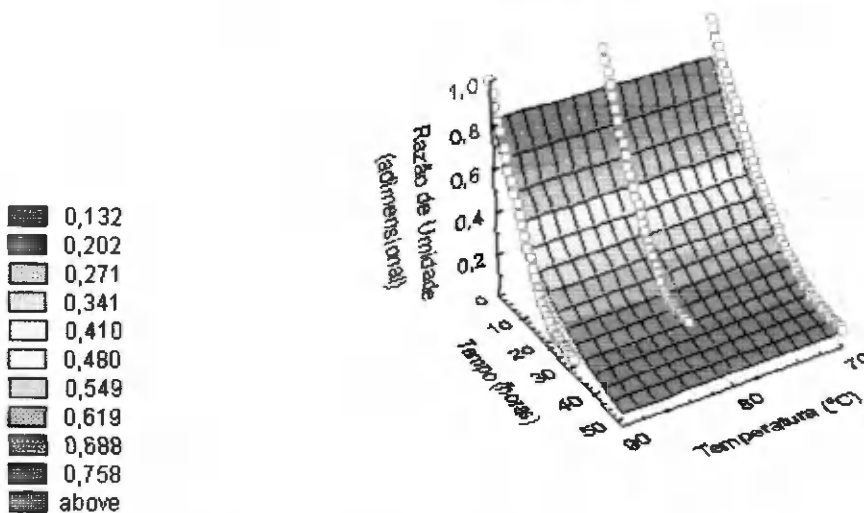


Figura 27 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu semi-maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Equação de Fick

$$RU = 0,6079 \cdot \exp(-0,0101 \cdot T^{0,3348789} \cdot t) + 0,1519 \cdot \exp(-0,0101 \cdot T^{0,3348789} \cdot t) + 0,0675 \cdot \exp(-0,0101 \cdot T^{0,3348789} \cdot t)$$

$$R^2 = 89,91\%$$

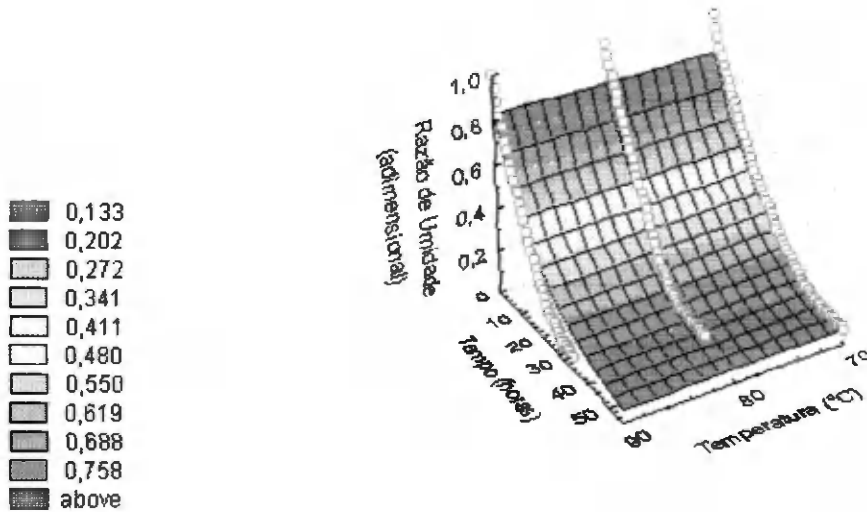


Figura 28 - Superfície de resposta do coeficiente de difusão da equação de Fick, utilizando o terceiro termo da série, obtidas por regressão não linear, para o umbu maduro com a secagem convencional às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Nas Tabelas 09 a 11 encontram-se os valores do coeficiente de difusão em função da temperatura, usando a equação de Fick para o primeiro, segundo e terceiro termo da série, para umbu semi-maduro e maduro na secagem osmótica e convencional. Os valores dos coeficientes a_1 e a_2 para o cálculo do coeficiente de difusão em função da temperatura, estão nas Figuras 17 a 28 e nas Tabelas 9 a 11. Verifica-se nessas tabelas, que a secagem convencional apresenta valores dos coeficientes de difusão quantitativamente maiores que a secagem osmótica. Este fato pode ocorrer em função da concentração da sacarose na secagem osmótica. Segundo BORGES e MENEGALLI (1994), no processo de secagem osmótica, a incorporação prévia de sacarose, forma uma camada superficial a qual se espessa com o tempo, diminuindo a taxa de secagem. É importante observar também que os valores dos coeficientes de difusão em função da temperatura, têm uma menor variação entre si, do que quando a regressão é feita para cada temperatura isoladamente.

Tabela 09 - Coeficientes de difusão da Equação de Fick, usando 1 termo da série, obtidos por meio de regressão não linear, para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura.

Equação de Fick

$$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp\left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right] \text{ em que: } D = a_1 \cdot T^{a_2}$$

Temperatura (°C)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
	$a_1=0,005058$ $a_2=-0,329059$	$a_1=0,006572$ $a_2=-0,331184$	$0,0071372$ $a_2=-0,324785$	$a_1=0,0075286$ $a_2=-0,325318$
	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)
70°C	4,685 x 10 ⁻¹¹	6,143 x 10 ⁻¹¹	6,492 x 10 ⁻¹¹	6,864 x 10 ⁻¹¹
80°C	4,895 x 10 ⁻¹¹	6,421 x 10 ⁻¹¹	6,780 x 10 ⁻¹¹	7,169 x 10 ⁻¹¹
90°C	5,089 x 10 ⁻¹¹	6,677 x 10 ⁻¹¹	7,045 x 10 ⁻¹¹	7,449 x 10 ⁻¹¹

Tabela 10 - Coeficientes de difusão da Equação de Fick, usando 2 termos da série, obtidos por meio de regressão não linear, para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura.

Equação de Fick

$$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp\left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp\left[\frac{2^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t\right] \text{ em que: } D = a_1 \cdot T^{a_2}$$

Temperatura (°C)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
	$a_1=0,007277$ $a_2=0,335219$	$a_1=0,008568$ $a_2=0,333096$	$a_1=0,010047$ $a_2=0,332425$	$a_1=0,009435$ $a_2=0,331058$
	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)
70°C	8,649 x 10 ⁻¹¹	10,092 x 10 ⁻¹¹	11,801 x 10 ⁻¹¹	11,018 x 10 ⁻¹¹
80°C	9,045 x 10 ⁻¹¹	10,551 x 10 ⁻¹¹	12,337 x 10 ⁻¹¹	11,516 x 10 ⁻¹¹
90°C	9,500 x 10 ⁻¹¹	10,974 x 10 ⁻¹¹	12,829 x 10 ⁻¹¹	11,974 x 10 ⁻¹¹

Tabela 11 - Coeficientes de difusão da Equação de Fick, usando 3 termos da série, obtidos por meio de regressão não linear, para umbu semi-maduro e maduro, secagem osmótica e convencional em função da temperatura.

Equação de Fick				
$RU = \frac{6}{\pi^2} \cdot \exp \left[\frac{\pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{2^2} \cdot \exp \left[\frac{2^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right] + \frac{6}{\pi^2} \cdot \frac{1}{3^2} \cdot \exp \left[\frac{3^2 \pi^2}{R^2} \cdot D \cdot t \right]$				
em que: $D = a_1 \cdot T^{a_2}$				
Temperatura (°C)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
	$a_1=0,008045$	$a_2=0,338446$	$a_1=0,009219$	$a_2=0,33649$
	$a_1=0,010904$	$a_2=0,336588$	$a_1=0,010182$	$a_2=0,334878$
	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)	D (m ² .s ⁻¹)
70°C	10,556 x 10 ⁻¹¹	11,997 x 10 ⁻¹¹	14,195 x 10 ⁻¹¹	13,159 x 10 ⁻¹¹
80°C	11,044 x 10 ⁻¹¹	12,548 x 10 ⁻¹¹	14,845 x 10 ⁻¹¹	13,760 x 10 ⁻¹¹
90°C	11,493 x 10 ⁻¹¹	13,055 x 10 ⁻¹¹	15,448 x 10 ⁻¹¹	14,314 x 10 ⁻¹¹

4.4. Alterações das características físicas

Abaixo são descritas algumas alterações das características físicas que ocorrem com o umbu (massa, volume, massa específica, diâmetro da esfera equivalente e esfericidade), para dois estádios de maturação (semi-maduro e maduro), quando secos de teores de umidade iniciais médios de 74,94 e de 82,35% base úmida (b.u.) para 40, 35 e 30% b.u. respectivamente, para a secagem osmótica e convencional, às temperaturas de 70, 80 e 90°C.

Nas Figuras 29 a 32 encontra-se as alterações da massa do umbu semi-maduro e maduro, quando estes são secos de um teor de umidade inicial médio de 74,94% e 82,35% (b.u.) para 40, 35 e 30% (b.u.), respectivamente para a secagem osmótica e convencional, às temperatura de 70, 80 e 90 °C. Observa-se nestas figuras, que a massa de umbu semi-maduro, para secagem osmótica, decresce exponencialmente de um valor inicial médio de 13,72 gramas para valores que variam entre 2,54 a 3,67 gramas e para o umbu maduro, o decréscimo se dá de um valor inicial médio de 15,67 gramas para valores que variam entre 2,79 a 4,31gramas. Verifica-se também que durante a secagem

convencional a massa do umbu semi-maduro decresce de 13,72 gramas para valores em torno de 2,49 a 3,28gramas e para o umbu maduro de 15,67 gramas para 2,16 a 3,28g.

O fato de ocorrer um decréscimo exponencial de uma característica física com a secagem do umbu semi-maduro e maduro, também é observada para o volume, e estão nas Figuras de 33 a 36. Observa-se nessas figuras que o volume inicial médio do umbu semi-maduro é de 13.021 mm^3 e do umbu maduro de 14.679 mm^3 e estes volumes diminuem exponencialmente com a secagem osmótica, para valores que variam respectivamente entre 2.611 a 3.852 mm^3 e 2.891 a 3.703 mm^3 . Para a secagem convencional esta diminuição se dá, respectivamente, para valores de 2.708 a 3.637 mm^3 e de 2.270 a 3.394 mm^3 .

Na secagem osmótica do umbu semi-maduro há uma redução do seu volume de 70,42% a 79,95% e na secagem convencional de 72,07 a 79,20%. Para o umbu maduro, na secagem osmótica, esta redução de volume varia de 74,77% a 80,31% e na secagem convencional de 76,88% a 84,54%. Estas reduções acentuadas de volume do fruto, durante a secagem, é uma das características da confecção do fruto passa e está de acordo com SARAVACOS e RAOUZEOS (1986), que verificaram uma diminuição do volume da uva em cerca de 75%, durante a sua secagem.

Nas Figuras 37 a 40 estão as alterações da massa específica do umbu semi-maduro e maduro, durante o processo de secagem osmótica e convencional, às temperaturas de 70, 80 e 90°C. Pode-se observar nessas figuras que a massa específica inicial do umbu semi-maduro é de $1,05 \text{ g/cm}^3$ e do umbu maduro de $1,067 \text{ g/cm}^3$, e que as variações que ocorrem durante o processo de secagem osmótica e convencional são dispersas, não permitindo estabelecer uma equação que demonstre esta aleatoriedade. As retas traçadas nessas figuras apenas permitem uma orientação ao leitor do que ocorreu com a massa específica do umbu e o ajudam a observar as tendências de variação da massa específica durante o processo de secagem.

Nas Figuras 41 a 44 estão as alterações do diâmetro que equivalem ao de uma esfera de igual volume do fruto (diâmetro da esfera equivalente), para o umbu semi-maduro e maduro, respectivamente, durante o processo de secagem às temperaturas de 70,

80 e 90°C. Nas Figuras 41 a 44, observa-se que inicialmente o fruto semi-maduro e maduro tinham um diâmetro médio de 29,16 mm e 30,3 mm, respectivamente, e depois da secagem osmótica, até teores de umidade em torno de 40, 35 e 30% base úmida, os valores do diâmetro ficaram entre 17,03 a 19,33; 17,55 a 19,127 para umbu semi-maduro e maduro respectivamente, e para a secagem convencional, os diâmetros do umbu semi-maduro e maduro foram reduzidos para valores entre 17,27 a 18,97 e 16,24 a 18,54 mm, respectivamente. Esta redução do diâmetro do umbu equivale a uma redução de 41,59% a 36,20% e de 39,81% a 36,87% para a secagem osmótica, para os umbus semi-maduro e maduro, respectivamente, e de 40,77% a 37,39% e de 44,30% a 38,87%, para a secagem convencional de umbu semi-maduro e maduro, respectivamente. Observa-se nessas figuras que a equação de segundo grau descreve satisfatoriamente esta diminuição do diâmetro, durante o processo de secagem, uma vez que todos os seus coeficientes de determinação são superiores a 99%.

No decorrer da secagem osmótica e convencional dos frutos de umbu às temperatura de 70, 80 e 90°C, constatou-se que existem uma alteração bastante acentuada de sua forma básica. Em decorrência deste fato, a sua esfericidade é alterada, nem sempre obedecendo satisfatoriamente uma equação de segundo grau, como pode ser verificado nas Figuras 45 a 48 para os frutos de umbu semi-maduro e maduro, respectivamente. Contudo, é possível observar que a esfericidade dos frutos, sofrem uma alteração maior na secagem convencional quando comparada com a secagem osmótica, e que o umbu maduro diminui sua esfericidade em maior proporção do que o umbu semi-maduro, verificando-se que esta diminuição do umbu maduro ocorre da esfericidade inicial de aproximadamente 86% para valores que variam entre 71,5% a 62,8%.

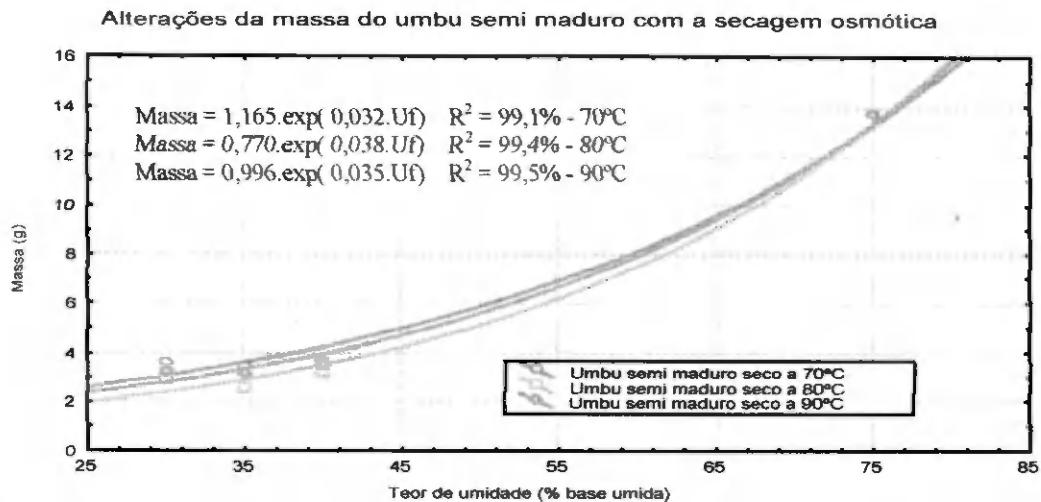


Figura 29 - Alterações da massa do umbu semi-maduro com a secagem osmótica a 70, 80 e 90°C

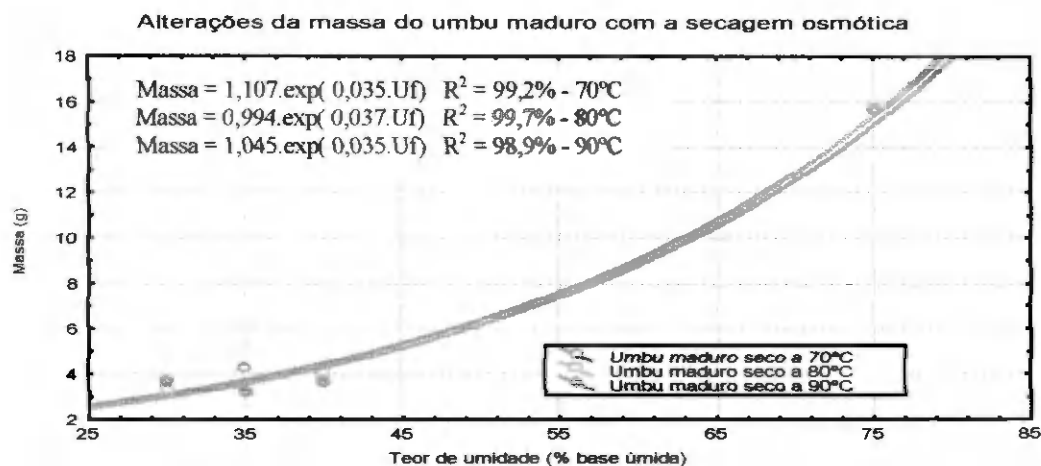


Figura 30 - Alterações da massa do umbu maduro com a secagem osmótica a 70, 80 e 90°C

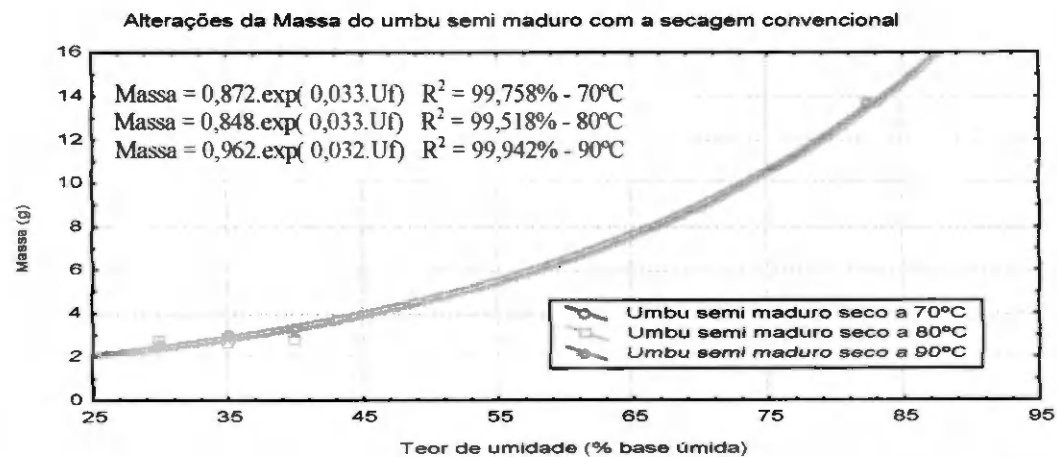


Figura 31 - Alterações da massa do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

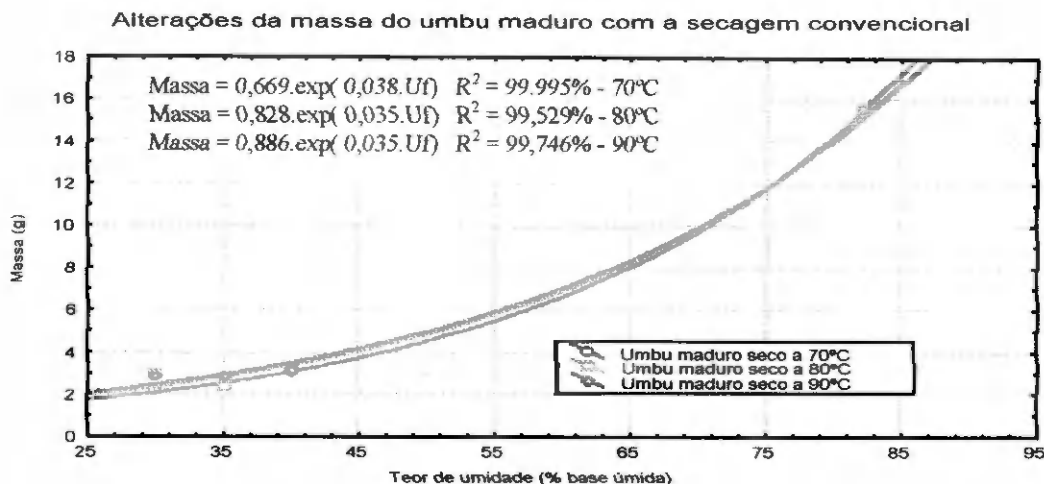


Figura 32 – Alterações da massa do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

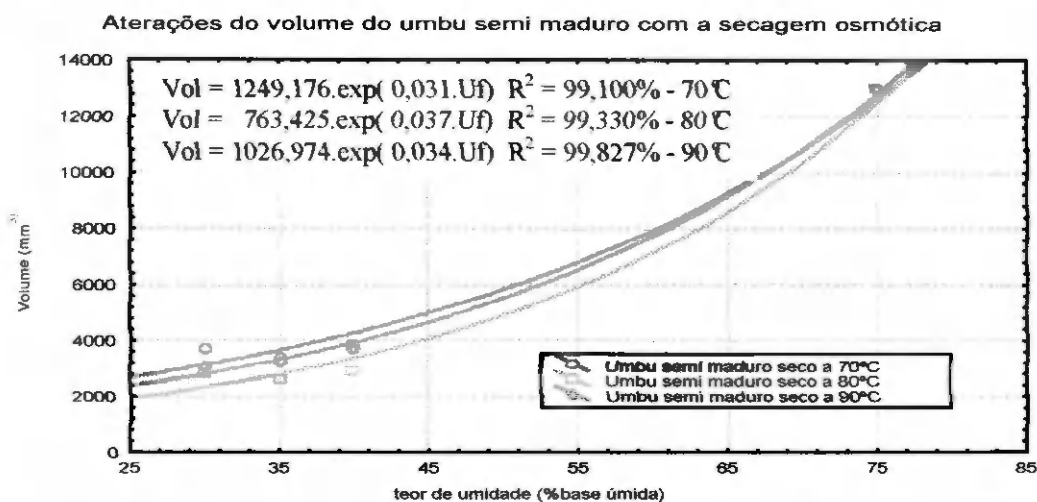


Figura 33 – Alterações do volume do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

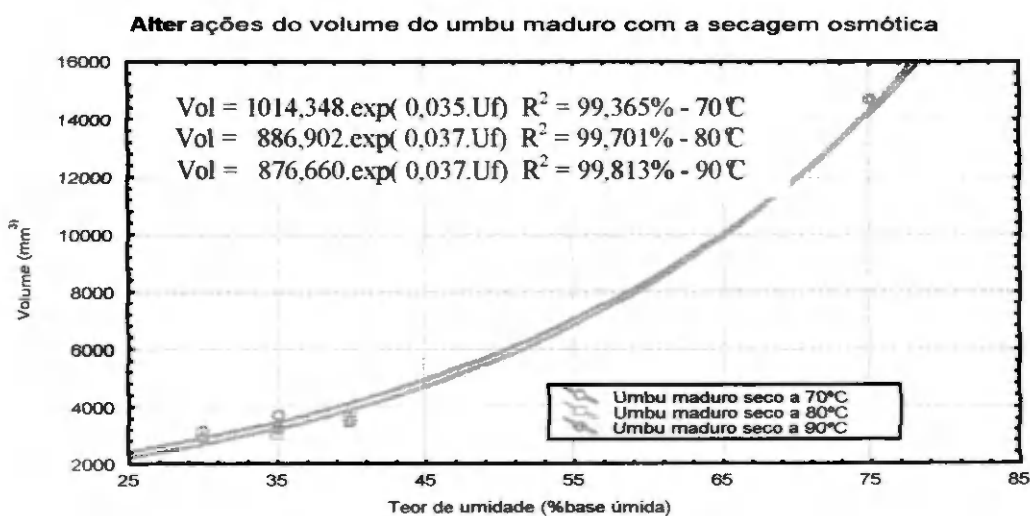


Figura 34 – Alterações do volume do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

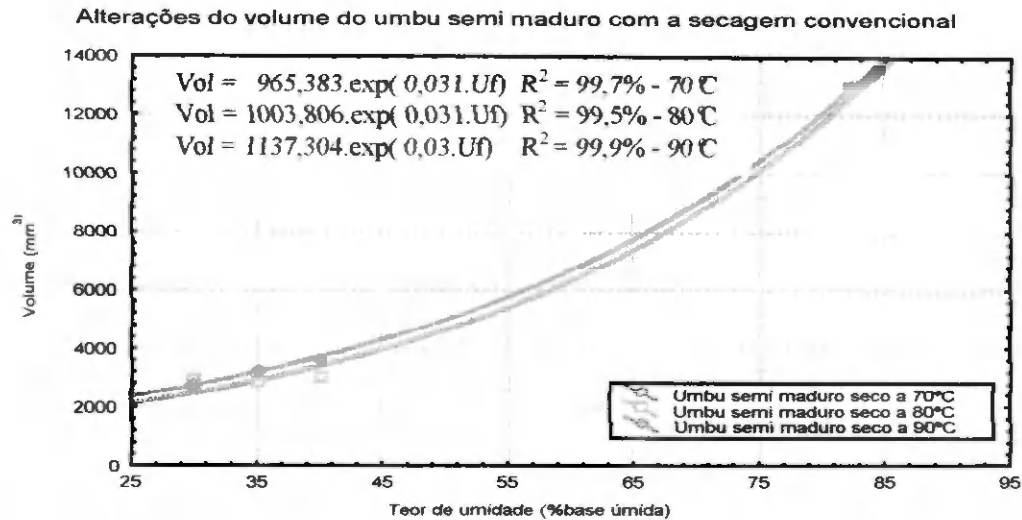


Figura 35 – Alterações do volume do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

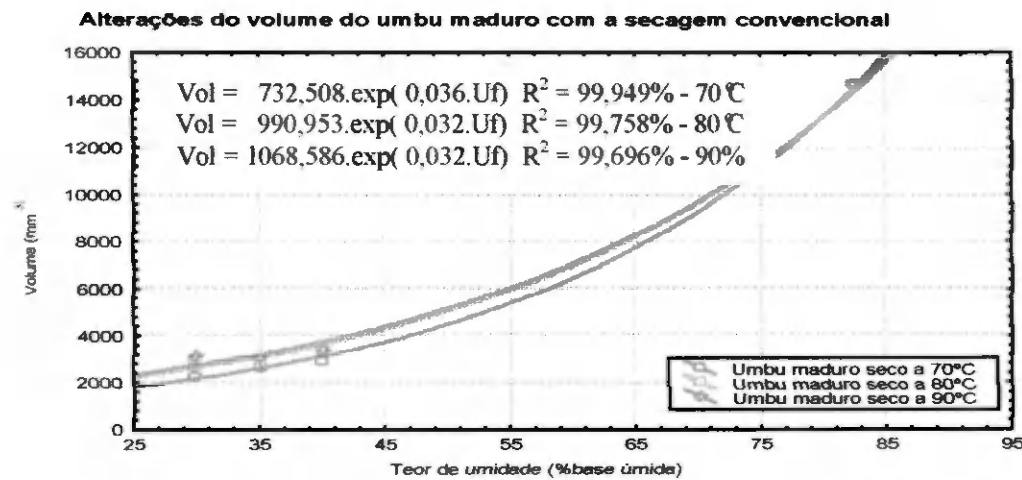


Figura 36 – Alterações do volume do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

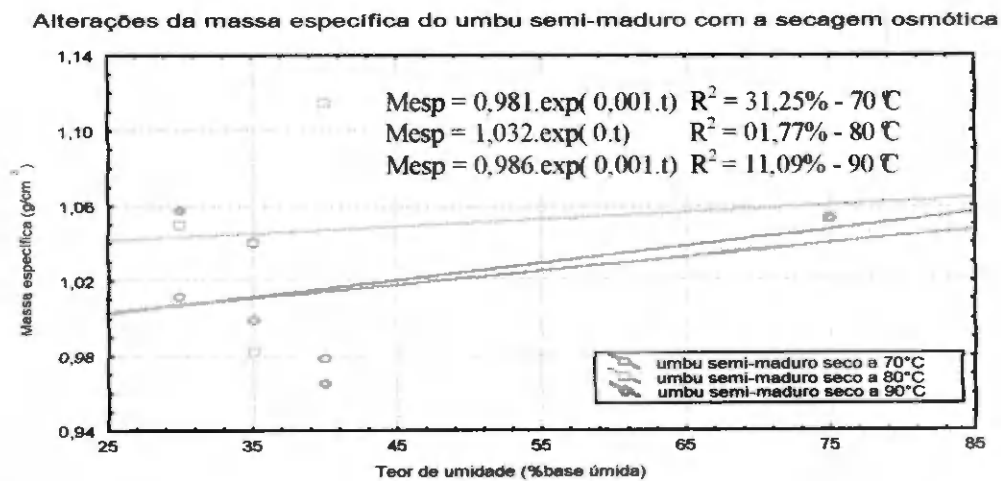


Figura 37 – Alterações da massa específica do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

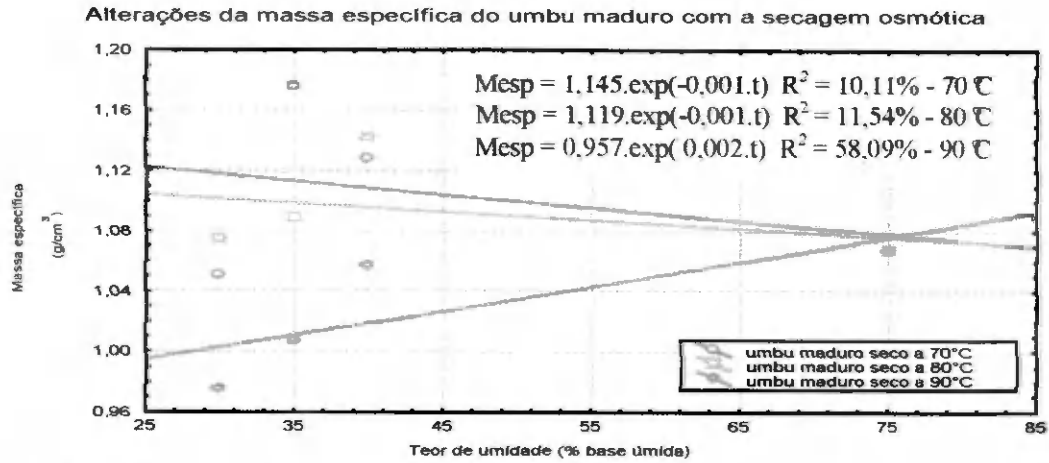


Figura 38 – Alterações da massa específica do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

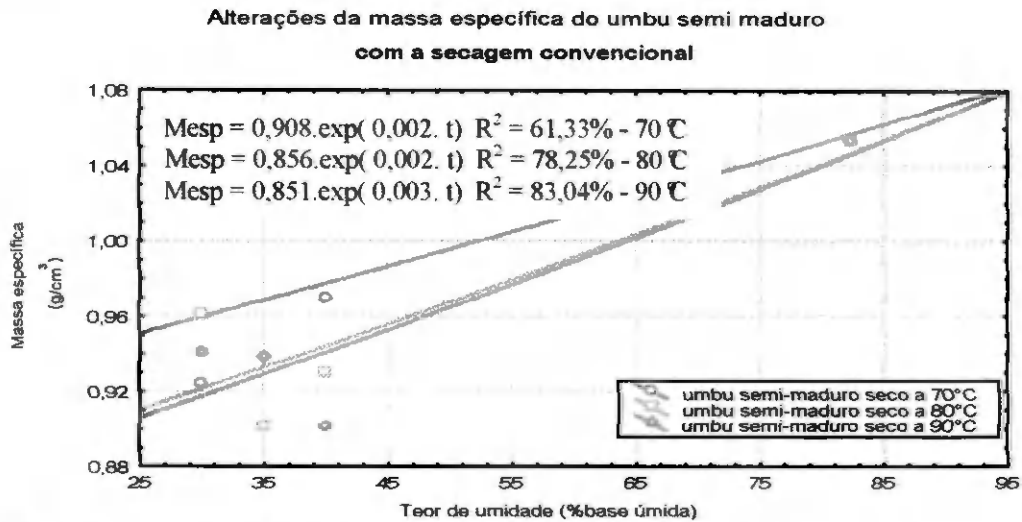


Figura 39 – Alterações da massa específica do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

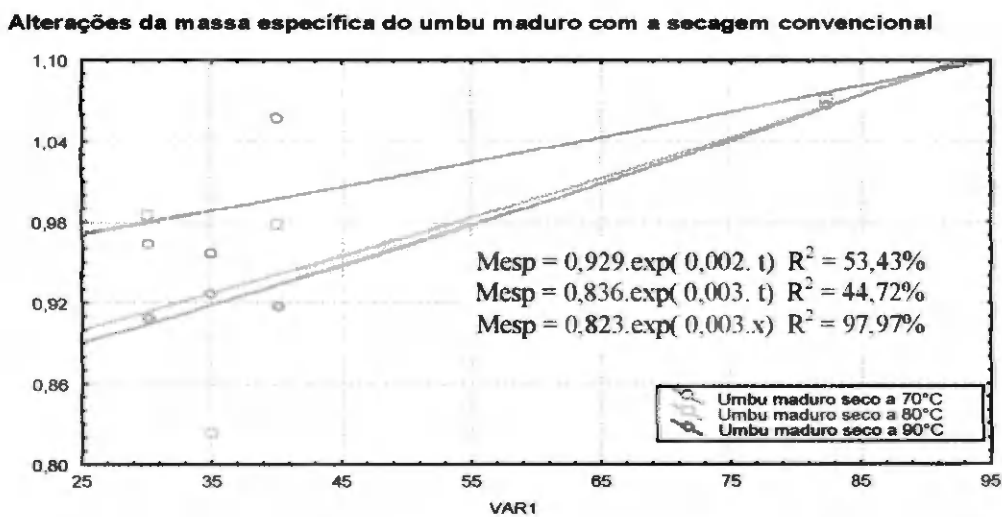


Figura 40 – Alterações da massa específica do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu semi-maduro com a secagem osmótica

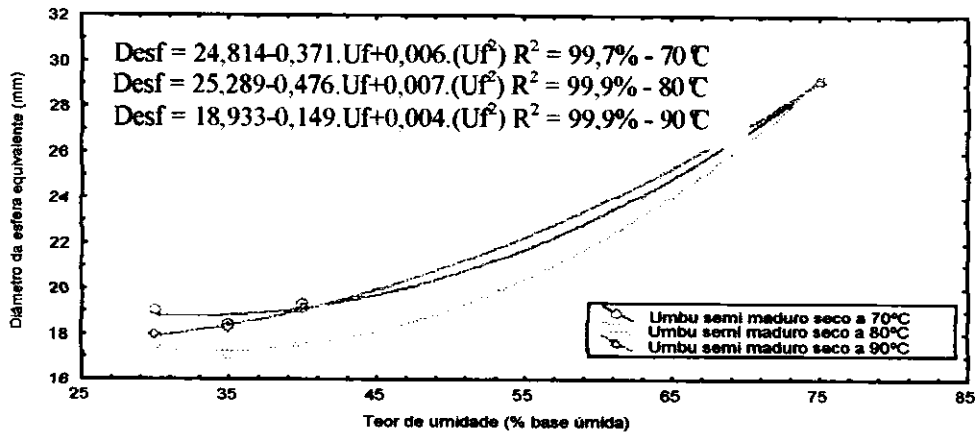


Figura 41 – Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu maduro com a secagem osmótica

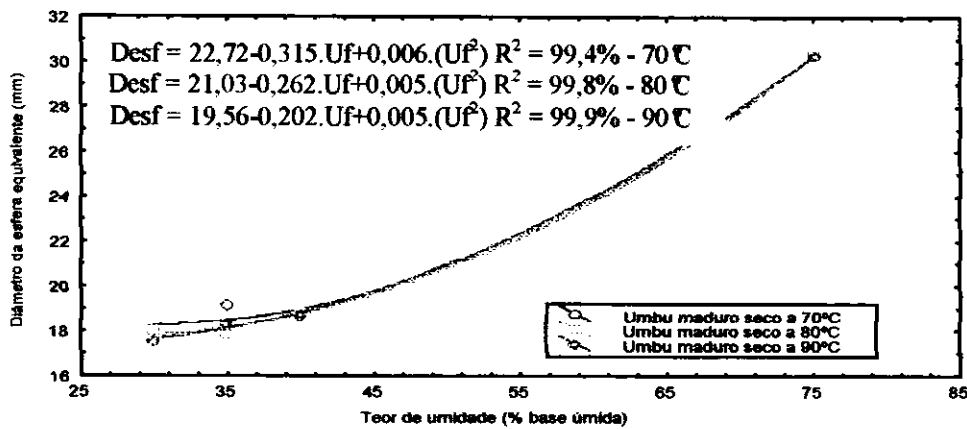


Figura 42 – Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu com a secagem convencional

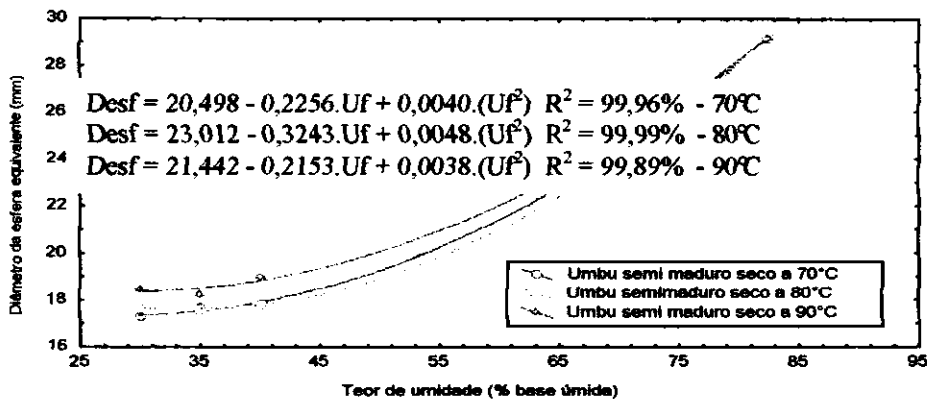


Figura 43 – Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu com a secagem

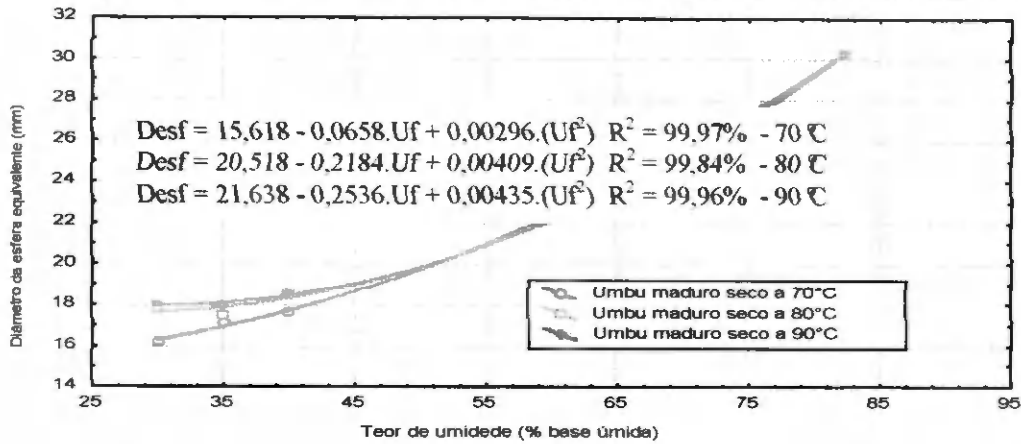


Figura 44 – Alterações do diâmetro da esfera equivalente do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

Alterações da esfericidade do umbu semi maduro com a secagem osmótica

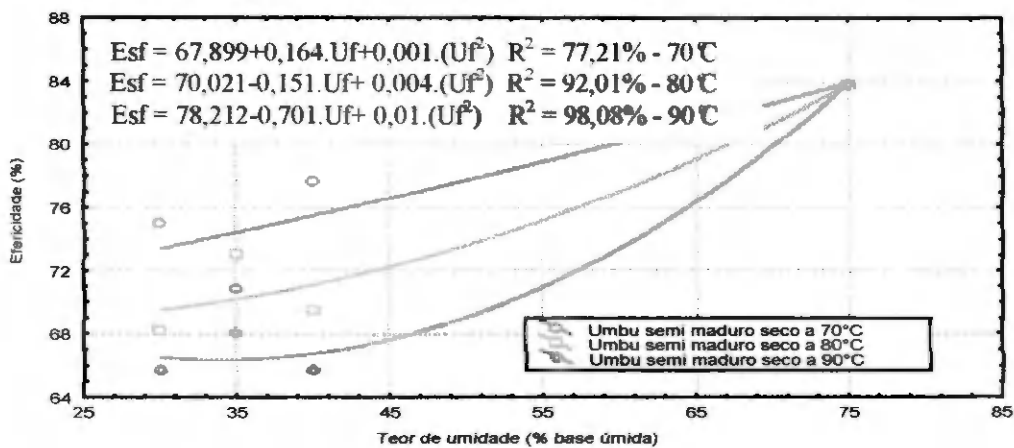


Figura 45 – Alterações da esfericidade do umbu semi-maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

Alterações da esfericidade do umbu maduro com secagem osmótica

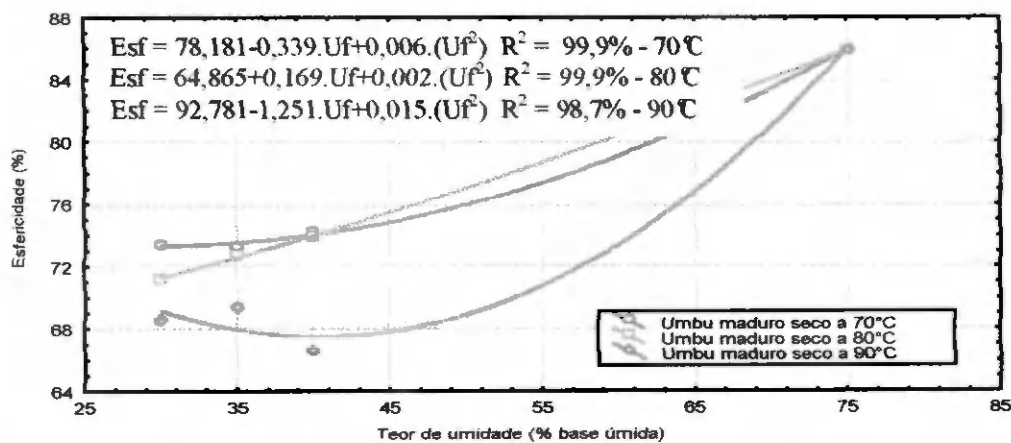


Figura 46 – Alterações da esfericidade do umbu maduro com a secagem osmótica à 70, 80 e 90°C

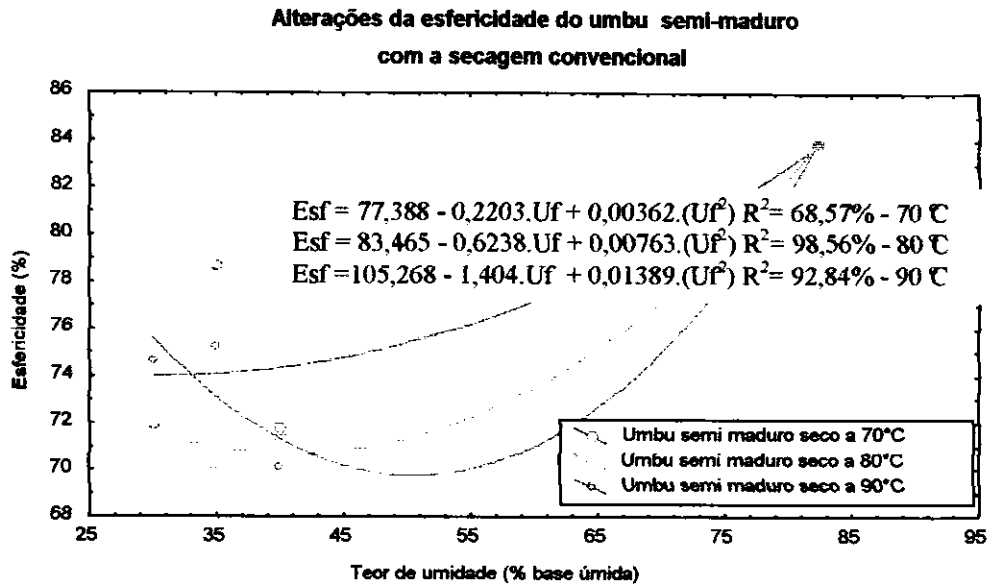


Figura 47 – Alterações da esfericidade do umbu semi-maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

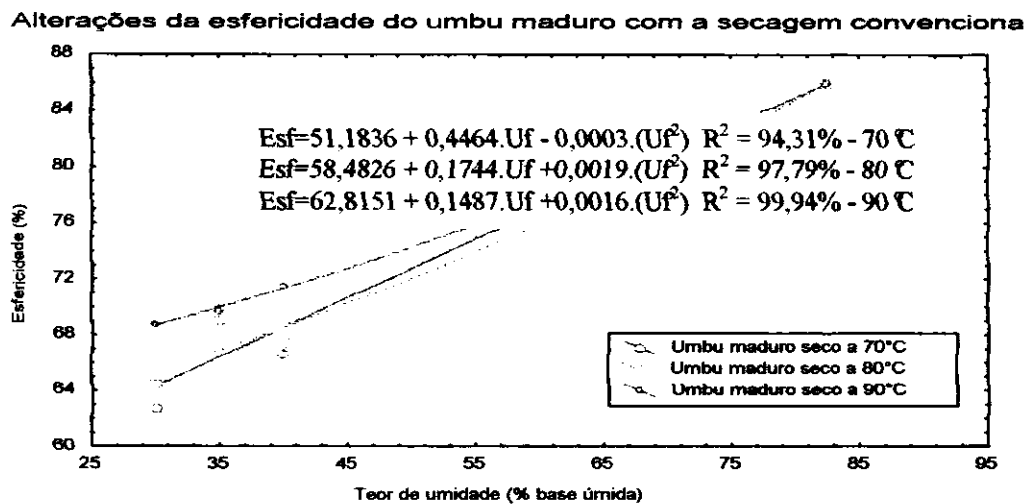


Figura 48 – Alterações da esfericidade do umbu maduro com a secagem convencional à 70, 80 e 90°C

4.5. Alterações das características químicas

Após a pré-secagem osmótica dos frutos de umbu semi-maduro e maduro foram realizadas análises de suas características químicas.

Na Tabela 12 encontram-se os valores obtidos das alterações ocorridas com o teor de água, teor de sólidos solúveis totais e pH dos frutos de umbu semi-maduro e maduro após terem sido submetidos ao processo de pré-secagem osmótica.

Tabela 12 – Valores médios das alterações químicas de frutos de umbu após a pré-secagem osmótica

Determinações	Estádio de maturação do umbu	
	Semi-maduro	Maduro
teor de água (% base úmida)	73,49	76,39
Teor de sólidos solúveis	22,19	23,48
pH	2,55	2,67

Conforme é mostrado na Tabela 12, as características químicas dos frutos de umbu semi-maduro e maduro sofreram alterações após a pré-secagem osmótica. Os teores de água encontrados para o umbu semi-maduro e maduro depois da pré-secagem osmótica foram de 73,49% e 76,39% respectivamente, apresentando um decréscimo de 9,85% para o umbu semi-maduro e 8,16% para o umbu maduro. Observa-se que os teores de sólidos solúveis totais tiveram um aumento de 52,77% e 52,81%, respectivamente, verificando-se ainda que o pH do umbu semi-maduro não se altera, e no umbu maduro existe um pequeno aumento do pH que é da ordem de 0,75%.

4.6. Análise sensorial

Após a secagem osmótica e convencional dos frutos de umbu semi-maduro e maduro, as passas produzidas foram submetidas a um teste de aceitabilidade.

Nas Tabelas 13, 14 e 15 encontram-se os valores médios atribuídos pelos degustadores à passa de umbu, para os atributos sabor, aparência e textura, resultantes de secagem osmótica e convencional, de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C) até teores de umidade diferentes (40, 35 e 30%).

Tabela 13 - Valores da análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional, para o teste de sabor.

Valores da Análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional, para o teste de sabor.					
Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem osmótica		Secagem convencional	
		Semi-Maduro	Maduro	Semi-Maduro	Maduro
70°C	40%	6,75	7,33	4,00	4,17
	35%	6,50	6,75	3,58	4,33
	30%	5,75	6,33	3,58	3,92
80°C	40%	6,83	7,50	4,08	4,50
	35%	6,67	6,92	4,00	4,33
	30%	6,33	6,08	3,92	4,00
90°C	40%	6,92	7,50	4,17	4,67
	35%	6,75	7,17	4,00	4,50
	30%	6,67	6,67	3,92	4,00

Tabela 14 - Valores da análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional, para o teste de aparência.

Valores da Análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional, para o teste de aparência.					
Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem osmótica		Secagem convencional	
		Semi-Maduro	Maduro	Semi-Maduro	Maduro
70°C	40%	6,75	7,08	4,58	4,58
	35%	6,50	6,58	4,50	4,50
	30%	5,75	6,00	4,33	4,00
80°C	40%	6,67	7,08	4,58	4,83
	35%	6,50	6,67	4,50	4,67
	30%	6,17	6,17	4,33	4,17
90°C	40%	6,33	7,17	5,00	4,58
	35%	6,58	6,83	4,92	4,50
	30%	6,25	6,42	4,83	4,17

Tabela 15 - Valores da análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional, para o teste de textura.

Valores da Análise sensorial da passa de umbu, produzida a diferentes temperaturas e teores de umidade por secagem osmótica e convencional, para o teste de textura.

Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem osmótica		Secagem convencional	
		Semi-Maduro	Maduro	Semi-Maduro	Maduro
70°C	40%	5,67	7,08	5,00	5,5
	35%	4,75	6,33	4,33	5,42
	30%	5,50	5,00	3,67	4,67
80°C	40%	5,92	7,08	5,08	5,58
	35%	4,92	6,17	4,42	5,67
	30%	4,58	5,17	4,42	4,75
90°C	40%	5,92	7,58	5,08	5,75
	35%	4,92	6,50	4,67	5,67
	30%	4,67	5,58	4,58	4,75

Nas Tabelas 16 e 17 estão as análises de variância mostrando que existem diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade para o tipo de secagem (osmótica e convencional) e para os teores de umidade (40, 35 e 30%b.u) ao nível de 5% de probabilidade para os atributos sabor e aparência. Para o atributo textura, Tabela 18, existem diferenças significativas para o tipo de secagem, o teor de umidade final e para os estádios de maturação (semi-maduro e maduro). Nessas tabelas constata-se que não existem diferenças significativas para as interações entre os fatores.

Nas Tabelas 19 e 20, referentes aos dados de sabor e aparência, observam-se que existem diferenças estatísticas entre os tipos de secagem, demonstrando que a passa obtida pela secagem osmótica tem preferência do degustador, e que quando a secagem ocorre até o teor de umidade de 40%bu. esta é melhor, e difere estatisticamente do umbu quando é seco até o teor de 30%b.u. Na Tabela 21, referente a textura do umbu, verifica-se que o umbu maduro, no final do processo de secagem, apresenta uma consistência melhor do que o umbu semi-maduro, mantendo-se a preferência dos degustadores pela passa obtida por secagem osmótica até teor de umidade final de 40%b.u.. Esses resultados con-

firmam a afirmação de vários autores (POTING, 1973; BORGES e MENEGALLI, 1994; LENART, 1996) que o processo de secagem osmótica apresenta vantagens sobre as características de cor, sabor e textura nas frutas.

Tabela 16 - Análise de variância da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro, e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) até teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional, para o teste de sabor.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA				
FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
Estágio de maturação	1	11,3429	11,3429	3,64 ns
Secagem	1	773,3429	773,3429	248,51 **
Temperatura	2	6,1253	3,0627	0,98 ns
Umidade	2	23,5142	11,7571	3,78 *
Estágio de maturação x Secagem	1	0,0830	0,0830	0,03 ns
Estágio de maturação x Temperatura	2	0,3099	0,1549	0,05 ns
Estágio de maturação x Umidade	2	3,5876	1,7938	0,58 ns
Secagem x Temperatura	2	0,4765	0,2383	0,08 ns
Secagem x Umidade	2	2,7266	1,3633	0,44 ns
Temperatura x Umidade	4	0,3191	0,0798	0,03 ns
Outras interações	16	3,7556	0,2347	0,08 ns
Resíduo	396	1232,3333	3,1120	
Total	431	2057,9170		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo

Tabela 17 - Análise de variância da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) até teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional, para o teste de aparência.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA				
FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
Estágio de maturação	1	0,6691	0,6691	0,21 ns
Secagem	1	18,1136	418,1136	129,40 **
Temperatura	2	4,2826	2,1413	0,66 ns
Umidade	2	21,2409	10,6204	3,29 *
Estágio de maturação x Secagem	1	7,0022	7,0022	2,17 ns
Estágio de maturação x Temperatura	2	0,7823	0,3911	0,12 ns
Estágio de maturação x Umidade	2	3,1295	1,5647	0,48 ns
Secagem x Temperatura	2	0,1990	0,0995	0,03 ns
Secagem x Umidade	2	1,4073	0,7036	0,22 ns
Temperatura x Umidade	4	1,1758	0,2939	0,09 ns
Outras interações	16	4,3013	0,2688	0,08 ns
Resíduo	396	1279,5834	3,2313	
Total	431			

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

ns Não significativo

Tabela 18 - Análise de variância da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) até teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional, para o teste de textura.

ANÁLISE DE VARIÂNCIA				
FONTE DE VARIAÇÃO	G.L	S.Q	Q.M	F
Estágio de maturação	1	81,8145	81,8145	20,61 **
Secagem	1	73,3423	73,3423	18,48 **
Temperatura	2	3,7821	1,8911	0,48 ns
Umidade	2	90,4210	45,2105	11,39 **
Estágio de maturação x Secagem	1	2,3707	2,3707	0,60 ns
Estágio de maturação x Temperatura	2	1,0327	0,5164	0,13 ns
Estágio de maturação x Umidade	2	17,2549	8,6275	2,17 ns
Secagem x Temperatura	2	1,0049	0,5025	0,13 ns
Secagem x Umidade	2	8,2549	4,1275	1,04 ns
Temperatura x Umidade	4	0,2318	0,0579	0,01 ns
Outras interações	16	17,5917	1,0995	0,28 ns
Resíduo	396	1572,0000	3,9697	
Total	431	1869,1016		

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade
ns Não significativo

Tabela 19 - Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) até teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de sabor.

Valore médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C) por secagem osmótica e convencional para o teste de sabor.			
Estágio de maturação	Secagem	Temperatura	Umidade
Semi-maduro/maduro	Osmótica/convencional	70/80/90°C	40/35/30%
5,27a	6,77a	5,28a	5,70a
5,59a	4,09b	5,43a	5,46ab
		5,58a	5,13 b

DM1=0,333; DM2=0,3337; DM3=0,4895; DM4=0,4895
MG=5,43; CV%=32,48
Observa ção¹

Tabela 20 - Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) até teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de aparência.

Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C) por secagem osmótica e convencional para o teste de aparência.

Estágio de maturação	Secagem	Temperatura	Umidade
Semi-maduro/maduro	Osmótica/convencional	70/80/90°C	40/35/30%
5,48 a	6,50 a	5,39 a	5,74 a
5,56 a	4,53 b	5,53 a	5,59 ab
		5,63 a	5,22 b

DM1=0,3400; DM2=0,3400; DM3=0,4988; DM4=0,4988

MG=5,5162; CV%=32,5872

Observação¹:

Tabela 21 - Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80, e 90°C) até teores de umidade (40, 35, e 30%) por secagem osmótica e convencional para o teste de textura.

Valores médios da análise sensorial da passa de umbu semi-maduro e maduro, produzida à diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C) por secagem osmótica e convencional para o teste de textura.

Estágio de maturação	Secagem	Temperatura	Umidade
Semi-maduro/maduro	Osmótica/convencional	70/80/90°C	40/35/30%
4,92 b	5,77 a	5,24 a	5,94 a
5,79 a	4,94 b	5,35 a	5,31 b
		5,47 a	4,82 b

DM1=0,3769; DM2=0,3769; DM3=0,5529; DM4=0,5529

MG =5,3565; CV%=37,1962

Observação¹:

Nas Figuras 49 a 51 são mostradas as passas de umbu provenientes dos umbus semi-maduro e maduro, secas às temperaturas de 70, 80 e 90°C, respectivamente, utilizando uma pré-secagem osmótica seguida de uma secagem convencional, e nas Figuras 52 a 54 estão as passas de umbu secas, a essas mesmas temperaturas, pelo método convencional. Observa-se nessas figuras que a secagem osmótica tem um aspecto bem mais agradável do que os umbus secos convencionalmente, além de ter um sabor e textura mais apreciados conforme já verificado pelo teste organoléptico.

1. As medidas seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si.

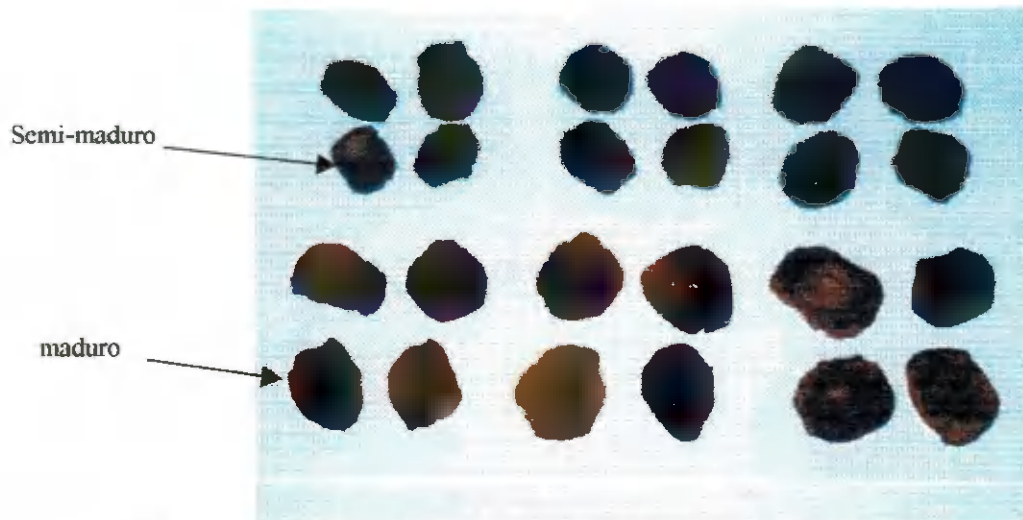


Figura 49 – Secagem osmótica do umbu semi-maduro e maduro seco a 70°C

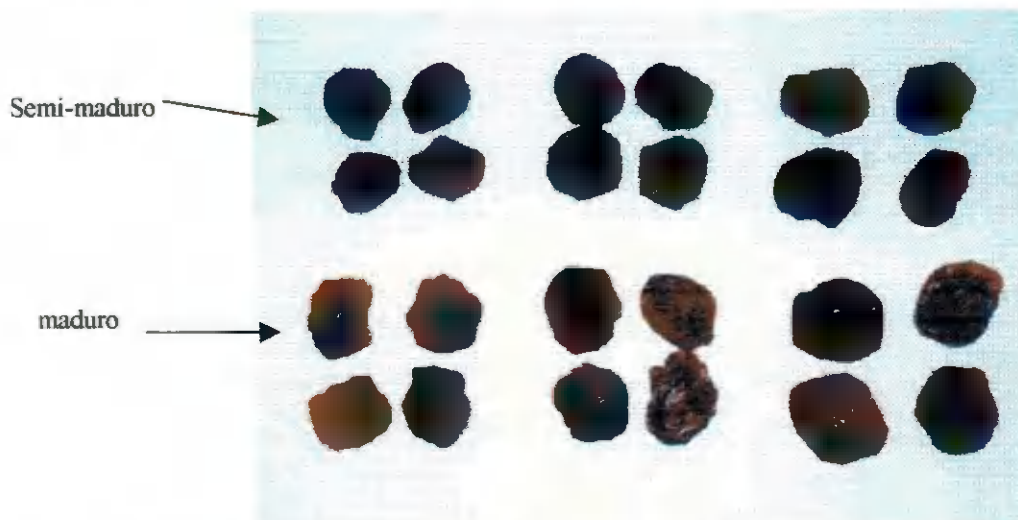


Figura 50 – Secagem osmótica do umbu semi-maduro e maduro seco a 80°C

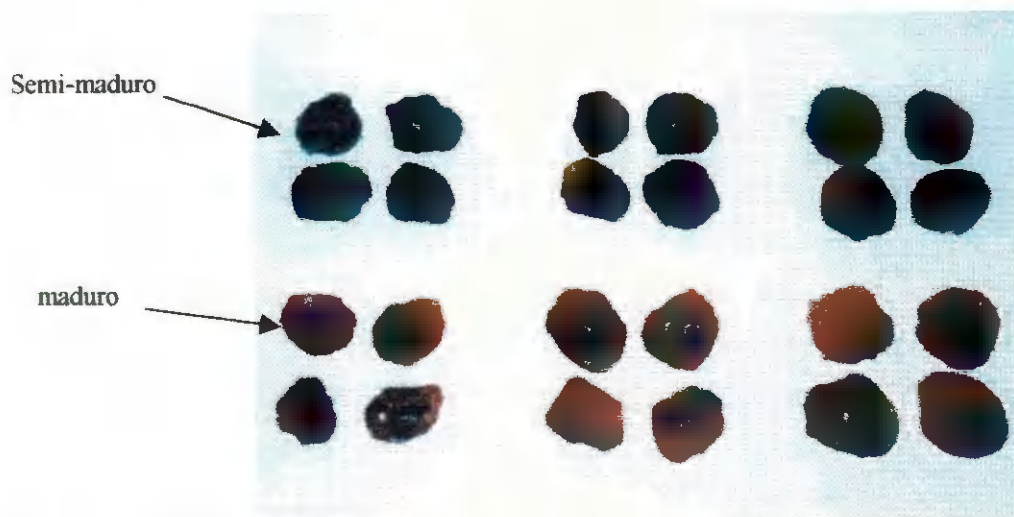


Figura 51 – Secagem osmótica do umbu semi-maduro e maduro seco a 90°C

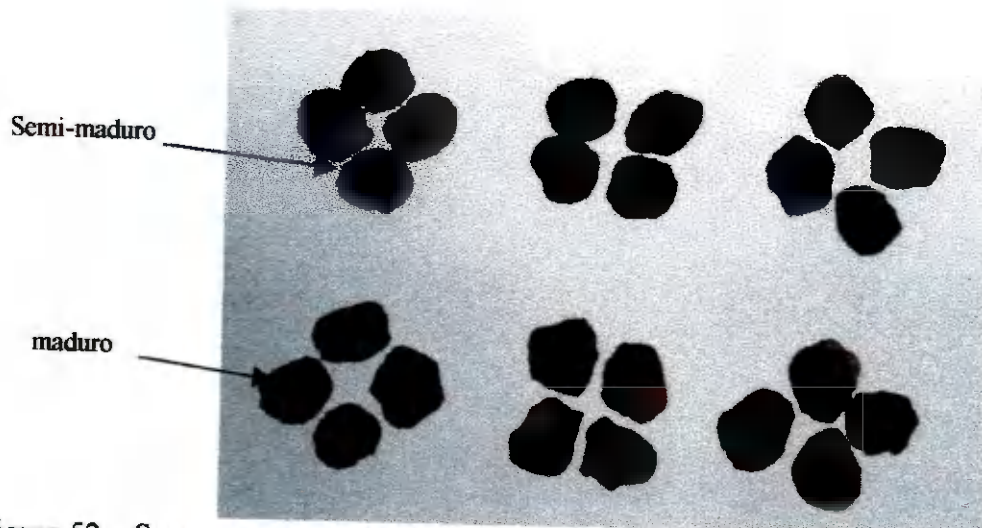


Figura 52 – Secagem convencional do umbu semi-maduro e maduro seco a 70°C

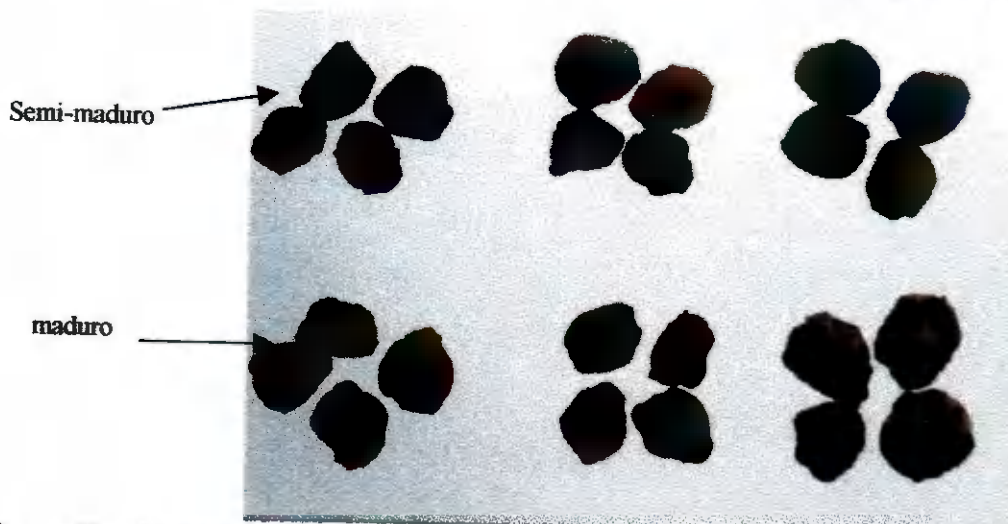


Figura 53 – Secagem convencional do umbu semi-maduro e maduro seco a 80°C

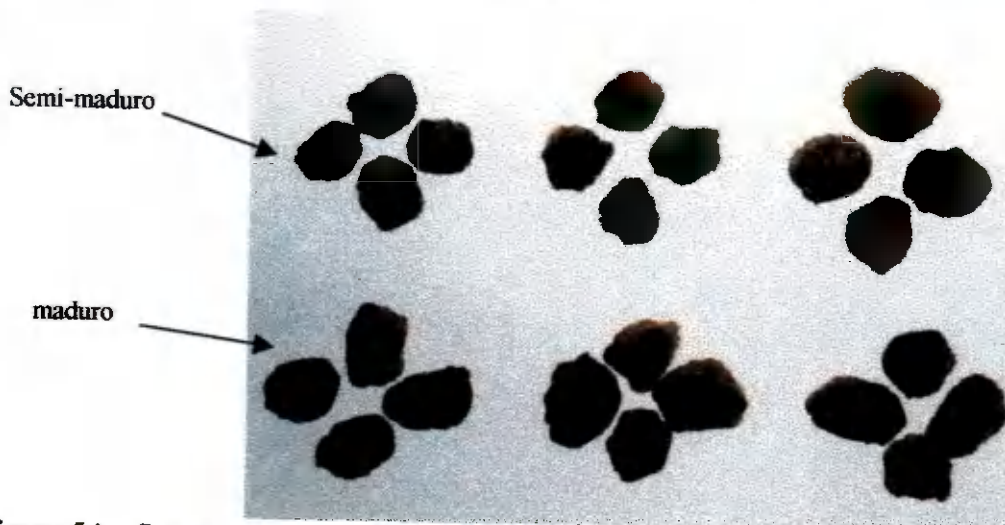


Figura 54 – Secagem convencional do umbu semi-maduro e maduro seco a 90°C

5. CONCLUSÕES

No estudo de **alterações de algumas características físicas** (massa, volume, massa específica, diâmetro da esfera equivalente e esfericidade), quando os frutos de umbu semi-maduro e maduro, são secos à secagem osmótica e convencional, às temperaturas de 70, 80 e 90 °C, de um teor de umidade inicial de 74,94 e 82,35%, respectivamente, para teores de umidade de 40, 35 e 30 % base úmida; **estudo das curvas de secagem** usando a equação de Page e a equação de Fick para um, dois e três termos da série, e **análise sensorial** do produto seco, é possível concluir que:

- A massa e o volume dos frutos de umbu semi-maduro e maduro decrescem exponencialmente, tanto com a secagem osmótica como à secagem convencional;
- O diâmetro da esfera equivalente e a esfericidade do umbu semi-maduro e maduro decrescem com a secagem nas temperaturas estudadas, descrevendo uma equação de segundo grau, embora para a temperatura de 70 °C, esta equação apresente um coeficiente de determinação para esfericidade do umbu semi-maduro, inferior a 90%, tanto para secagem osmótica como a secagem convencional;
- A massa específica do umbu semi-maduro e maduro variam com a secagem, apresentando valores dispersos em função da temperatura de secagem, não permitindo que se estabeleçam equações que satisfaçam esses comportamentos;
- Das equações estudadas (Page e Fick usando um, dois e três termos da série), a que melhor se ajustou aos dados experimentais da secagem osmótica e convencional dos frutos de umbu semi-maduro e maduro foi a equação de Page;
- No estudo da taxa de secagem usando a equação de Page, o coeficiente “K” apresentou valores maiores para o umbu maduro do que para o semi-maduro com exceção da secagem convencional a 80°C e 90°C. Quanto ao coeficiente “n”, os valores maiores foram para o umbu semi-maduro com exceção da secagem convencional a 80°C;
- O coeficientes “K” e “n” em função da temperatura, apresentam comportamento de equação de segundo grau para todas as condições estudadas, e na secagem convencional os valores do coeficiente “K” são maiores do que na secagem osmótica;
- Os coeficientes de determinação obtidos pela equação de Page, quando colocados em função da temperatura, diminuem, especialmente para a secagem osmótica;

- Nas condições estudadas, o coeficiente de difusão obtido pela equação de Fick para um, dois e três termos da série, apresenta-se maior, em sua maioria, para o umbu semi-maduro tanto na secagem osmótica quanto na secagem convencional e, para a secagem convencional, os valores de difusividade são maiores do que na secagem osmótica;
- O coeficiente de difusão determinado pela equação de Fick para um, dois e três termos da série, tende a aumentar com o aumento da temperatura de secagem para todas as condições estudadas e quando colocados em função da temperatura apresenta variação bem menor, do que quando a regressão é feita para cada temperatura isoladamente;
- O melhor ajuste encontrado para a equação de Fick foi usando até o terceiro termo da série, com a secagem osmótica a 70°C com um coeficiente de determinação de 93,06%;
- O coeficiente de determinação obtido pela equação de Fick para um, dois e três termos da série, quando colocados em função da temperatura, tende a decrescer para algumas condições estudadas e apresentam coeficientes maiores para o umbu maduro, tanto na secagem osmótica quanto na secagem convencional;
- A secagem osmótica em função da temperatura apresenta os maiores valores do coeficiente de determinação obtidos pela equação de Fick. com valores de 69,55% usando o primeiro termo da série, 87,03% e 92,40% para o segundo e terceiro termo da série, respectivamente;
- As temperaturas de secagem não apresentaram efeito sobre a análise sensorial (sabor, aparência e textura);
- De acordo com a análise sensorial a secagem osmótica, tanto para umbu semi-maduro como para umbu maduro, com teores de umidade de 40 e 35% tiveram a preferência dos degustadores para os atributos sabor e aparência, no entanto quanto a textura , apenas a secagem osmótica do umbu maduro com teor de umidade de 40% teve a preferência.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- AGUERRE, R.J.; SUAREZ, C. e VIOLLAZ, P.A. Drying kinetics of rough rice grain. **Journal of Food Technology**, v.17, p.679–686, 1982.
- AGUERRE, R.R.; GABITO, J.F.; CHIRIFEJ. Utilization of Fick's second law for the evaluation of diffusion coefficients in food process controlled by internal diffusion. **Journal Food technology**, v.20, p.623-629, 1985.
- AGUILERA, J. M.; OPPERMAN, K.; SANCHEZ, F. **Journal of Food Science**. Kinetics of browning of Sultana grapes. V.52, 1987.
- ALMEIDA, M.M. **Armazenagem refrigerada de umbu (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): Alterações das características físicas e químicas de diferentes estádios de maturação**. Campina Grande – PB. Universidade Federal da Paraíba, 1999. (Tese de mestrado).
- ALZAMORA, S.M.; CHIRIFE, J. E VIOLLAZ, P.A. A simplified model for predicting the temperatures of foods during air dehydration. **Journal of Food Technology**, v14, p.369– 380, 1979.
- AMERINE, M.A.; PANGBORN, R.M.; ROESSLER, E.B. **Principles of sensory evaluation of food**. Academic press, NY, 1965.
- BISPO, E. da S. **Estudo dos produtos industrializáveis do umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câmara)**. Fortaleza: UFCE, 1989. 118p. (Tese de Mestrado).
- BISWAL, R.N., BOZORGMEHK, K. Mass transfer in mixed solute osmotic dehydration of apple rings. **Trans. of ASAE**, v.35, n.1, p.257-265, 1992.
- BORGES, S.V.; CAL-VIDAL, J. Kinetics of water vapor sorption by drum-dried banana. **International Journal of Food Science and Technology**, London, v.29, n.1, p.83-90, 1994.

- BORGES, S.V.; MENEGALLI, F.C. Influência da desidratação osmótica sobre a cinética de secagem de manga. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.4, p.637-642, 1994.
- BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and storage of grains and oilseeds**. New York, The AVI Van Nostrand Reinhold, 1992, 450p
- BRUIN, S. e LUYBEN, K.C.A.M. Drying of food materials: a review of recent developments. In: **Advances in Drying**, ed. Arum S. Mujundar, Hemisphere Publishing Corporation, Washington, v.1, 155-215, 1980.
- CAMARGO, R.; FONSECA, H.; GRANER, M.; FILHO, L.G.R.; et al. **Tecnologia de produtos agropecuários-alimentos**. Ed. Nobel. 1984, São Paulo.
- CARBONELL, J.V.; PIÑAGA, F.; YUSÃ, V.; PEÑA, J.L. The dehydration of Paprika with ambient and heated air and the kinetics of colour degradation during storage. **Journal of Food Science**, v.5, p.179-193, 1986.
- CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Simulação de secagem do milho branco BR-451 em secador de camada estacionária**. Campina Grande-PB, Universidade Federal da Paraíba, 1993. 140p. (Tese de Professor Titular).
- CAVALCANTI MATTA, M.E.R.M. **efeito da secagem em altas temperaturas por curtos períodos de tempo em camada estacionária, sobre a armazenagem de sementes de feijão (Phaseolus vulgaris L.) variedade "carioca"**. Campinas. Universidade Estadual de Campinas, 1997. (Tese de doutorado).
- CHIANG, W.C. E PETERSEN, J.N. Thin layer air drying of french fried potatoes, **Journal of Food Technology**, v.20, p.67-78, 1985.
- CHIRIFE, J. Fundamentals of the drying mechanism during air dehydration of fluids. In: **Advances in drying**, ed. Arum S. Mujundar, Hemisphere publishing corporation. Washington, p.73-102, 1983.
- CHOU, S.K.; HAWLADER, M.N.A.; CHUA, J. Identification of the receding evaporation front in convective food drying. **Drying Technology**, New York, v.15, n.5, p.1353-1367, 1997.

- CHRIST, D. **Curvas de equilibrio higroscópico e de secagem da canola (*Brassica napus* L. var. oleifera), e efeito da temperatura e da umidade relativa do ar de secagem sobre a qualidade das sementes.** Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1996. 50p. (Tese de Mestrado).
- CHU, S.T.; HUSTRULID, A. Numerical solution of diffusion equation. **Transactions of the ASAE**, v.11, p.705-708, 1968.
- CONWAY, J.; CASTAIGNE, F.; PICARD, G.; VOVAN, X. Mass transfer consideration in the osmotic dehydration of apples. **Canadian Institute of Food Science and Technology Journal**, v.16, n.1, p.25-29, 1983.
- COSTEL, E.; DURAN, L. El análisis sensorial en el controle de calidad de los alimentos. **Revista Agroquímica y Tecnología de Alimentos**. v.21, p.1-10, 1981.
- CRANK, J. **The mathematics of diffusion**, Pergamon Press, Oxford, 1975.
- CRUZ, G.A. **Desidratação de Alimentos**, Rio de Janeiro, Globo, 207 p., 1990.
- DALPASQUALE, V.; QUEIROZ, D.M.; PEREIRA, J.A.M.; SÍNICIO, R. **Secagem de grãos em altas temperaturas.** Centro Nacional de treinamento em Armazenagem – CENTREINAR, Viçosa, MG. 1987. 47p.
- DĂSCĂLESCU, A. **Le sechage et ses applications industrielles**, Traduit par A. PANAITESCO, DUNOD, Paris, France, 1969.
- DAUDIN, J.D. Calcul des cinétiques de séchage par l'air chaud des produits biologiques solides. **Sciences des Aliments**, v3, n.1, p.1-36, 1983.
- De GOIS, V.A.; CAL-VIDAL, J. Application of microscope techniques to the description of structure of dehydrated food systems. **Journal of Food Science**, v.41, n.3, p.483-489, 1986.
- FORNI, E.; TORREGIANI, D.; CRIVELLI, G.; MAESTRELLI, A.; BERTOLO, G.; SANTELLI, F. Influence of osmosis time on the quality of dehydrofrozen Kiwifruit. **Acta Hort**, v.282, p.425-433. 1990.

- FORTES, M. e OKOS M. Drying theories: their bases and limitations as applied to foods and grains. In: **Advances in Drying**, ed. Arum S. Mujundar, Hemisphere Publishing Corporation. Washington. v.1, 119-154, 1980.
- FUSCO, A.J.; AVANZA, J.R.; AGUERRE, R.J.; GABITTO, J.F. A diffusional model for drying with volume change, **Drying Technology**, v.9, n.2, p.397-417, 1991.
- GABAS, A.L. **Secagem de uva Itália em leito fixo** Campinas – SP. Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. 1998. 137p. (Tese de Mestrado).
- GOMES, P. O umbuzeiro. **Mundo agrícola**, v.14, n.159, p.95-97, 1965.
- GOUVEIA, J.P.G. **Avaliação da Cinética de Secagem do gengibre (*Zingiber officinale*, Roscoe)**, Campinas Universidade Estadual de Campinas, (Tese de doutorado), 1999.
- GUERRA, P. de B. O umbuzeiro. In: **A Civilização da Seca**. Fortaleza, DNOCS, p.186-188, 1981.
- JAYARAMANI, K.S.; DAS GUPTA, O.K. Dehydration of fruits and vegetables. Recent developments in principles and techniques. **Drying Technology**, v.10, n.1, p.1-50, 1992.
- KEEY, R.B. **Moisture: solid relationships. Drying principle and practices**. Oxford. 1972. p.19-48.
- KHRAISHEH, M.A.M.; COOPER, T.J.R.; MAGEE, T.R.A. Shrinkage characteristics of potatoes dehydrated under combined microwave and convective air conditions. **Drying Technology**, New York, v.15, n.3 e 4, p.1003-1022, 1997.
- LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: technology and application, **Drying Technology**, New York, v.14, n.2, p.391-413, 1996.
- LERICI, E.K.; PINNAVAIANA, G.; DALLA ROJA, M.; MASTROCOLA, D. Applicazione del osmosi diretta nella disidratazione della trutta. **Industria Alimentare**, v.203, n.3, p.184-190, 1983.

- LEVI, A.; BEN-SHALOM, N.; PLAT, D.; REID, A.S. Effects of blanching and drying on pectin constituents and related characteristics of dehydrated peach's. **Journal of Food Science**, Chicago, v.53, n.4, p.1187-1190, 1988.
- LIMA, E.D.P.A.; CARDOSO, E.A.; SILVA, H; LIMA, C.A.A.; SILVA, A.Q. da. Características tecnológicas de frutos do gênero *Spondias* familia Anacardiaceae. XIV REUNIÃO NORDESTINA DE BOTÂNICA, 19/09/1990. Recife – PE, SBB, **Resumos...**, p.109.
- LOPÉS-MALO, A.; PALOU, E.; WELTI, J.; CORTE, P.; ARGAIZ, A. Shelf-stable high Moisture papayas minimally processed by combined methods, **food Res. Int.**, v.27, p.545-553, 1994.
- LOZANO, J.E. ROTSTEIN, E. E URBICAIN, M.J. Shrinkage, porosity and bulk density of foodstuffs at changing moisture contents. **Journal of Food Science**, v.48, p.1497-1502, 1983.
- MADAMBA, P.S., DRISCOLL, R.H. e BUCKLE, K.A. Shrinkage, density and porosity of garlic during drying. **Journal of Food Engineering**, v.23, p.309-319, 1994.
- MARTINS, J.H.; CAVALCANTI MATA, M.E.R.M. **Introdução a teoria e simulação matemática de secagem de grãos**. Núcleo de Tecnologia em Armazenagem. Campina Grande-PB, UFPB. 1984.
- MAURO, M.A. **A cinética da desidratação osmótica de banana nanica**. Campinas: UNICAMPI-FEA, 1992. (Tese de mestrado).
- MAZZA, G. e LE MAGUER, N. Dehydration of onion: some theoretical and practical considerations **Journal of Food Technology**, v.15, p.181-194, 1980.
- McCORMICK, P.Y. Solids drying fundamentals. In: PERRY, R.H. and CHILTON, C.H., **Chemical engineering's handbook**. Mc Graw-Hill Co. 5ed. Sec.20-24, 1983.
- MISRA, M.K. e BROOKER, D.B. Thin layer drying and Rewetting equations for shelled yellow corn. **Transactions of the ASAE**, v.23, n.5, p. 1254-1260, 1980.

- MOHSENIN, N.N. **Physical proprieties of plant and animal materials**. New York, Gordon and Breach Science Publishers, 1977. 734 p.
- MORAIS, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. Campinas, UNICAMP, 93 p. 1993.
- MOSKOWITS, R.H. Psychophysics –The science of sensory process and its relation to how we perceive the foods. In: **Product testing and sensory evaluation of foods**. Food and Nutrition Press, Inc. Westport, 1983.
- MULET, A. Drying modeling and water diffusivity in carrots and potatoes. **Journal Food Engineering**, v.22, p.329-348. 1994.
- MURR, F.E.X. **Estudo comparativo dos fenômenos de secagem de batata (*Solanum tuberosum*, L. Cultivar Bintje)**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 1992. 188p. (Tese de Doutorado).
- NEVES, M.J.B. **Processo de seca-aeração**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1982. 55p. (Tese de Mestrado).
- NEWMAN, G.M.; PRICE, W.E.; WOOLF, L.A. Factors influencing the drying of prunes. 1. Effects of temperature upon the kinetics of moisture loss during drying. **Food Chemistry**, Oxford, v.57. n.2, p.241-244, 1996.
- NGODDY, P.D.; BAKKER-ARKEMA, F.W. A generalized theory of sorption phenomena in biological materials, 1- The isotherm equation. **Transaction of the American Society of Agricultural Engineers**, v.13, n.5, p.612-617, 1970.
- NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUT ADOLPHO LUTZ. V.1. 533p. São Paulo, 1985.
- O CALLAGHAN, J.R.; MENEZIES. D.J; BAILEY, P.H. Digital simulation of agricultural drier performance. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London n.16, p.223-244, 1971.
- O MAHONI, M. e GOLDSTEIN, L.A. Sensory Techniques for measuring differences in California navel oranges treated with doses of gamma-radiation below 0,6 K gray. **J. Food Science**, v.52, p.348-352, 1987.

- O MAHONI, M. Sensory difference and preference testing: The use of signal detection measures. In: H. Moskowitz, **Applied Sensory Analysis of Foods**. v.1, CRC Press, Boca Raton, FL, p.145-175, 1988.
- O MAHONI, M. Understanding discrimination tests: A user-friendly treatment of response bias, rating and ranking R-index tests and their relationship to signal detection. **J. Sensory Study**, v.7, p.1-47, 1992.
- OKOS, M.R.; NARSIMHAN, G.; SINGH, R.K.; WEITNAVER, A. C. Food dehydration. In: **Handbook of Food Engineering**. D. R. Heldman, D. Blund, New York, p.437-562, 1992.
- PAGE, G. E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. Lafayette, Mechanical Engineering Department, 1949, Thesis 9ms) –Purdue University, Indiana.
- PALOU A.; ARGALIZ, A.; LOPÉS-MALO; E.;WELTI, J.; Osmotic dehydration of papayas effect of syrup concentration. **Esp. Cienc. Tcnol. Alimen**. V.33, p.621-630. 1993.
- PANGBORN, R.M. Sensory Science Today. **Cereal food World**, v.25, p.637-640, 1980.
- PARRY, J.L. Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: A review, **Journal of Agricultural Engineering Researches**, v.32, p.1-29, 1985.
- PARTI, M. e DUGMANICS, I. Diffusion coefficient for corn drying. **Transactions of the ASAE**, v.33: n.5, p.1652-1656, 1990.
- PATHAK, P.K., AGRAWAL, Y. e SING, B.P. Thin layer drying model for rapeseed. **Transactions of the ASAE**, v.34: n.6, p.2505-2508, 1991.
- PONTING, J.D. Osmotic dehydration of fruits. Recents modifications and application. **Process Biochemistry**, v.8, n.12, p.18-22, 1973.

- PRADO, M.E.T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactifera* L.) para a obtenção de tâmara passa.** Campinas – SP. Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas, 1998. 148p. (Tese de Doutorado).
- PUZZI, D. **Manual de armazenamento de grãos – Armazéns e silos.** ed. Agrônômica. Ceres, São Paulo, 1977.
- QUEIROZ, A.J.M. **Propriedades físicas e pré-resfriamento de umbu (*Spondia tuberosa* Arruda Câmara),** Campina Grande - PB. Universidade Federal da Paraíba, 1994. (Tese de mestrado).
- ROBBERS, M.; SINGH, R.P.; CUNHA, L. M. Osmotic-convective dehydrofreezing process for drying kiwifruit. **Journal of Food Science.** Chicago, v.62, n.5, p.1039-1047, 1997.
- SANKAT, C.K.; CASTAIGNE, F.; MAHARAJ, R. The air drying behavior of fresh and osmotically dehydrated banana slice. **International Journal of Food Science and Technology,** London, v.31, p.123-135, 1996.
- SARAVACOS, G.D. e RAOUZEOS, G.S. Diffusivity of moisture in air drying of raisins. In: **Drying 86.** Arum S. Mujundar, Hemisphere publishing corporation, v.2, p.486-491, 1986.
- SARAVACOS, G.D. Effect of the drying method on the water sorption of dehydrated apple and potato. **Journal of Food Science,** v.32, n.10, p.81-84, 1967.
- SARAVACOS, G.D.; STRINCHFIELD, R.M. Effect of temperature and pressure on the sorption of water vapour by freeze-dried food materials. **Journal of Food Science,** v.10, n.5, p.779-786, 1965.
- SILVA, F.A.S. The ASSISTAT Software: statistical assistance. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTERS IN AGRICULTURE, 6, Cancun, 1996. **Anais...** Cancun: American Society of Agricultural Engineers, 1996. p.294-298.
- SILVA, H.; SILVA, A.Q. da; CAVALCANTE, Q.T.; MALAVOLTA, E. Composição mineral das folhas de algumas frutíferas no Nordeste. In: CONGRESSO

- BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 7, Florianópolis, 1983. **Anais...** Florianópolis, SBF/EMPASC, v.1, p.320-325. 1984a.
- SILVA, H.; SILVA, A.Q. da; ROQUE, M.L.; MALAVOLTA, E. Composição mineral do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 1984. **Anais...** Florianópolis, p.1129-1134, 1984b.
- SILVA, H.M. do M.; SILVA, A.Q. da; SILVA, H. Teores de nitrogênio, fosforo e potássio em diferentes épocas do ano em umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) do Curimataú Paraibano. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Cruz das Almas, v.13, n.4, p.320-325, 1991.
- SINGH, B.P.; NARAIN, A.I.; SINGH, H. Kinetics of water sorption by wheat flour saturated atmosphere. **Journal of Food Science and Technology**, v.18, p.201-206, 1981.
- SINGH, R.P.; BARRE, H.J.; HAMDY, M.Y. Drying spherical porous bodies. **Transactions of the ASAE**, v.15, p.338-341, 1972.
- SOARES, J.B. **Curvas de secagem em camada fina e propriedades físicas de soja (glicine max L)** Viçosa, universidade Federal de Viçosa, 1986. 91p. (Tese de Mestrado).
- SOUZA, A.H. O umbu e seu suco. **Revista brasileira de farmácia**. p.335-353, 1970.
- SUDENE, **Valor nutritivo e o aproveitamento industrial das frutas regionais**. Recife, 1971. Relatório Final do Convênio SUDENE/Ministério da Agricultura).
- TOBINAGA, S. e PINTO, L. A.A. Secagem de materiais fibrosos: músculos de peixes. In: **Tópicos especiais em secagem**, editado por J.T. FREIRE e D.J.M. SARTORI, UFSCar, v.1, p.211-251, 1992.
- TSAMI, E.; MARINOS-KOURIS, O.; MAROULIS, Z.B. Water sorption isotherms of raisins, currants, figs, prunes and apricots. **Journal Food Science**, v.55, p.1594-1597. 1990.

- UDANI, K.H.; NELSON, A.I.; STEINBERG, M.P. Rates of moisture adsorption by wheat flour and its relation to physical chemical and baking characteristics. **Food Technology**, v.22, n.12, p.1561-1564, 1968.
- UZUEGBU, J.O.; UKEKA, C. Osmotic dehydration as a method of preserving fruits to minimize ascorbic acid loss. **Journal of Food e Agriculture**, v.1, n.3, p.187-188, 1987.
- VACAREZZA, L.M.; LOMBARDI, J.L; CHIRIFE, J. Kinetics of moisture movement during air drying of sugar beet root. **Journal of Food Technology**, v.9, p.317-327, 1974.
- VAN ARSDEL, W.B.; COPLEY, M.J. **Food dehydration**, Westport, 1964.
- VÁZQUEZ, G.; CHENLO, F.; MOREIRA, R.; CRUZ, E. Grape drying in a pilot plant with a heat pump. **Drying Technology on International Journal**, New York, v.15, n.3, p.899-920, 1997.
- VENSKUTONIS, P.R. Effect of drying on the volatile constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and sage (*Salvia officinalis* L.). **Food Chemistry**, Oxford, v.59, n.2, p.219-227, 1997.
- VIAL, C.; GUILBERT, S.; AND CUQ, J.L. Osmotic dehydration of kiwifruits: influence of process variables and ascorbic acid content. *Sciences des Aliments, an Intl J. Food Science & Techenol.* V.11, p.63-84, 1991.
- WAANANEN, K.M.; LITCHFIELD, J.B.; OKOS, M.R. Classification of drying models for porous solids. **Drying Technology**, v.17, n.1, p.1-40, 1993.
- WANG, N. e BRENNAN, J.G. Changes in structure, density and porosity of potato during dehydration. **Journal of Food Engineering**, v.24.p. 61-76, 1995.
- WEAVER, C.; CHALEY, M. Enzymatic browning of ripening bananas. **Journal of Food Science**, Chicago, v.39, p.1200-1202, 1974.
- WHITNEY, J.D.; PORTERFIELD, J.G. Moisture movement in a porous hygroscopic solid. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, Michigan. V. 12, n. 5, p.720-725, 1969.

YUSHENY, Z. e POULSEN, K.P. Diffusion in potato drying, **Journal of Food Engineering**, v.7, p.249-262, 1988.

RECOMENDAÇÕES

- Determinar os teores de ácido ascórbico e de açúcares e a influência do processo de secagem sobre os mesmos;
- Estudar o encolhimento do produto com o processo de secagem;
- Estudar diferentes concentrações da solução de sacarose ou diferentes substâncias osmóticas;
- Estudar a reidratação do produto bem como o efeito da reutilização da solução utilizada na pré-secagem osmótica.

ANEXO A

Tabela A1 - Valores de massa, volume e massa específica dos frutos de umbu semi-maduro e maduro.

Fruto	Massa (g)		Volume (mm ³)		Massa específica (g/cm ³)	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
1	14,415	20,189	13,350	18,750	1,079	1,077
2	14,168	13,563	14,210	12,850	0,997	1,055
3	14,196	16,748	13,330	15,670	1,065	1,068
4	12,727	17,712	12,150	16,530	1,048	1,072
5	13,562	16,341	12,670	15,160	1,070	1,078
6	16,731	16,860	15,910	15,760	1,051	1,070
7	13,843	12,328	13,010	11,270	1,064	1,094
8	12,763	21,862	12,040	20,500	1,060	1,066
9	13,631	13,107	13,040	12,200	1,045	1,074
10	11,309	16,764	10,920	15,600	1,036	1,075
11	13,64	14,625	13,420	13,850	1,016	1,056
12	14,214	15,290	13,450	14,370	1,057	1,064
13	12,033	16,594	11,410	15,450	1,054	1,074
14	11,546	16,885	10,850	15,840	1,064	1,066
15	15,433	17,83	14,360	16,710	1,075	1,067
16	16,084	12,719	15,280	12,050	1,053	1,055
17	12,55	14,091	11,950	13,160	1,050	1,071
18	13,879	12,967	13,070	12,160	1,0619	1,066
19	13,803	14,825	13,080	14,110	1,055	1,051
20	13,849	12,202	12,920	11,590	1,072	1,053

Tabela A2 - Valores da esfericidade e diâmetro da esfera equivalente de frutos de umbu semi-maduro e maduro.

Fruto	Esfericidade (%)		Diâmetro da esfera equivalente (mm)	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
1	77,97	81,63	29,437	32,967
2	80,90	85,71	30,056	29,065
3	78,69	86,86	29,423	31,052
4	82,76	85,23	28,528	31,610
5	83,53	92,00	28,929	30,712
6	82,58	90,18	31,210	31,112
7	84,12	77,38	29,185	27,822
8	85,12	86,96	28,441	33,962
9	82,61	89,63	29,208	28,567
10	85,90	84,27	27,530	31,006
11	85,71	86,08	29,489	29,800
12	86,05	90,91	29,510	30,167
13	78,95	83,15	27,936	30,907
14	85,37	88,44	27,472	31,164
15	88,00	91,43	30,162	31,725
16	88,89	85,98	30,793	28,449
17	87,58	87,84	28,370	29,297
18	88,20	85,00	29,230	28,535
19	82,08	91,28	29,238	29,986
20	81,82	79,29	29,118	28,082
Média	83,836	85,962	29,163	30,299

Tabela A3 –Valores médios da consistência dos frutos de umbu semi-maduro e maduro.

Fruto	Consistência (kg/cm ²)	
	Semi-maduro	Maduro
1	6,4	1,8
2	6,2	1,8
3	6,0	1,8
4	4,4	1,8
5	5,4	2,1
6	4,5	2,9
7	4,8	1,9
8	5,6	0,0
9	4,6	1,8
10	4,7	1,7
11	3,9	2,2
12	4,7	1,3
13	3,9	1,0
14	4,8	0,1
15	4,0	2,0
16	4,5	1,1
Média	4,9	1,58

Tabela A4 - Valores dos teores de sólidos solúveis totais dos frutos de umbu semi-maduro e maduro.

Fruto	Sólidos Solúveis			
	Semi-maduro		Maduro	
	Antes da pré secagem	Depois da pré secagem	Antes da pré secagem	Depois da pré secagem
1	8,0	18,0	11,0	24,0
2	8,6	19,5	11,0	23,0
3	9,0	20,5	12,4	26,0
4	11,0	22,0	10,4	22,0
5	10,0	23,0	9,4	22,5
6	10,4	22,0	9,6	22,5
7	10,2	24,0	12,0	26,0
8	9,8	20,0	13,0	26,0
9	10,0	22,0	13,0	26,2
10	12,0	22,0	10,4	22,0
11	12,6	26,0	10,0	22,0
12	11,0	23,0	12,0	22,5
13	12,0	25,0	12,0	23,0
14	11,0	23,0	10,0	22,0
15	10,0	22,0	11,0	24,0
16	12,0	23,0	10,0	22,0
Média	10,47	21,75	12,64	23,48

Tabela A5 - Valores médios de massa (g) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional.

Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
		Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
70	40%	3,668	3,823	2,879	3,058
	35%	3,431	4,311	2,957	2,502
	30%	3,622	3,201	2,498	2,163
80	40%	3,177	4,147	2,757	3,283
	35%	2,542	3,220	2,574	2,350
	30%	2,923	3,350	2,755	2,948
90	40%	3,515	3,686	3,280	3,125
	35%	3,178	3,229	3,002	2,849
	30%	3,224	2,7978	3,002	2,863

Tabela A6 - Valores do volume (mm³) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional.

Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
		Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
70	40%	3,852	3,458	2,988	2,908
	35%	3,369	3,703	2,912	2,646
	30%	3,698	3,178	2,708	2,270
80	40%	2,893	3,624	2,979	3,372
	35%	2,611	2,991	2,869	2,865
	30%	2,822	3,082	2,903	2,983
90	40%	3,718	3,521	3,637	3,394
	35%	3,212	3,254	3,206	3,074
	30%	3,053	2,891	2,800	3,123

Tabela A7 - Valores médios da massa específica (g/cm³) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional.

Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
		Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
70	40%	0,978	1,129	0,970	1,058
	35%	1,040	1,176	1,017	0,956
	30%	1,012	1,050	1,017	0,964
80	40%	1,116	1,143	0,930	0,978
	35%	0,982	1,090	0,902	0,824
	30%	1,050	1,075	0,962	0,985
90	40%	0,965	1,058	0,902	0,917
	35%	0,999	1,008	0,939	0,923
	30%	1,058	0,976	0,941	0,909

Tabela A8 - Valores médios do diâmetro da esfera equivalente (mm) para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional.

Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
		Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
70	40%	19,339	18,630	17,819	17,637
	35%	18,484	19,127	1,0176	17,103
	30%	18,996	17,977	17,279	16,241
80	40%	17,640	18,998	17,796	18,527
	35%	17,033	17,809	17,580	17,541
	30%	17,443	17,969	17,651	17,807
90	40%	19,151	18,739	18,970	18,549
	35%	18,254	18,319	18,258	17,951
	30%	17,957	17,559	17,465	18,022

Tabela A9 - Valores médios da esfericidade para passa de umbu semi-maduro e maduro, secos a diferentes temperaturas e teores de umidade para secagem osmótica e convencional.

Temperatura (°C)	Teor de umidade (%)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
		Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
70	40%	77,61	74,22	71,798	66,654
	35%	70,80	73,28	68,702	69,855
	30%	75,04	73,44	71,961	62,759
80	40%	69,52	73,98	71,328	67,419
	35%	73,01	72,70	69,900	68,966
	30%	68,26	71,25	72,114	64,542
90	40%	65,77	66,69	70,117	71,476
	35%	68,06	69,39	75,287	69,727
	30%	65,75	68,55	74,696	68,839

Tabela A10 - Dados experimentais da cinética de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a 70°C ($X-X_e/X_0-X_e$).

Tempo (horas)	Secagem osmótica		Secagem convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
0	1	1	1	1
1	0,969879	0,915031	0,965928	0,950391
2	0,941354	0,861051	0,931284	0,908984
3	0,914067	0,82418	0,899548	0,873017
4	0,887137	0,793923	0,868982	0,841764
5	0,859741	0,764302	0,837892	0,810242
6	0,83263	0,733611	0,807122	0,779808
7	0,807509	0,706575	0,778509	0,752749
8	0,783614	0,68065	0,751464	0,726804
9	0,762566	0,659075	0,727502	0,703671
10	0,743989	0,640268	0,704655	0,683051
11	0,722849	0,619244	0,680087	0,659942
12	0,693273	0,590094	0,649007	0,628178
13	0,663693	0,561032	0,617704	0,596496
14	0,633824	0,526091	0,586624	0,564659
15	0,604442	0,50256	0,548731	0,531236
16	0,582902	0,479978	0,522852	0,507892
17	0,562507	0,460956	0,499295	0,490599
18	0,542675	0,441575	0,476035	0,463347
19	0,523694	0,422872	0,453535	0,442457
20	0,507648	0,405418	0,432307	0,42196
21	0,488251	0,388114	0,411575	0,401931
22	0,471703	0,372151	0,39149	0,383991
23	0,454423	0,355721	0,371627	0,364041
24	0,438291	0,340668	0,350391	0,346381
25	0,423198	0,326144	0,33096	0,328677
26	0,408299	0,311881	0,310104	0,31165
27	0,392906	0,297619	0,291869	0,294008
28	0,377254	0,284384	0,276841	0,27917
29	0,367762	0,273116	0,258731	0,263585
30	0,356071	0,261195	0,242446	0,248523
31	0,343623	0,249252	0,225571	0,23351
32	0,332989	0,240073	0,211834	0,221403
33	0,32274	0,232382	0,199061	0,209528
34	0,313054	0,222713	0,182265	0,195776
35	0,302882	0,208619	0,164219	0,182099
36	0,292998	0,20059	0,150466	0,168347
37	0,283021	0,192599	0,142152	0,154595
38	0,273043	0,18471	0,131625	0,141001
39	0,263256	0,174926	0,121471	0,127332
40	0,256029	0,168036	0,115957	0,11995
41	0,249844	0,161511	0,104145	0,111489
42	0,243568	0,155334	0,096443	0,103434
43	0,237097	0,149409	0,088839	0,095193

44	0,234141	0,144706	0,083461	0,090829
45	0,23214	0,140509	0,079012	0,087466
46	0,227479	0,135564	0,07298	0,081441
47	0,221959	0,130401	0,066782	0,074862
48	0,21777	0,125901	0,061263	0,070627
49	0,21301	0,121348		0,066621
50	0,208821	0,116825		
51	0,205208	0,11295		
52	0,201781	0,11025		
53	0,199866	0,107389		
54	0,195937	0,104717		
55	0,19201	0,101695		
56	0,188464	0,098144		
57	0,184837	0,095391		
58	0,180981	0,092634		
59	0,175203	0,090046		
60	0,171545			
61	0,167185			
62	0,162947			
63	0,158828			
64	0,154728			
65	0,151022			
66	0,123197			

Tabela A11 - Dados experimentais da cinética de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a 80°C ($X - X_e / X_0 - X_e$).

Tempo (horas)	Secagem osmótica		Secagem convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
0	1	1	1	1
1	0,967147	0,956743	0,961394	0,96005
2	0,931595	0,920476	0,914851	0,921491
3	0,894344	0,885803	0,867293	0,885986
4	0,85675	0,851917	0,821038	0,851151
5	0,818629	0,818501	0,774722	0,817752
6	0,783123	0,788049	0,734144	0,785596
7	0,742934	0,753918	0,682954	0,749049
8	0,708542	0,726272	0,645717	0,720872
9	0,671472	0,69294	0,601446	0,68587
10	0,634823	0,662491	0,55952	0,652381
11	0,605587	0,637434	0,524885	0,626537
12	0,569829	0,60587	0,486191	0,592361
13	0,529367	0,576466	0,450966	0,557663
14	0,509552	0,552745	0,419631	0,531894
15	0,475118	0,523444	0,385574	0,501903
16	0,450901	0,495354	0,356813	0,471868
17	0,429692	0,467265	0,328052	0,441903
18	0,393026	0,439254	0,299231	0,411728

19	0,362577	0,411164	0,27047	0,381762
20	0,33185	0,382832	0,241766	0,351727
21	0,303044	0,354986	0,213005	0,321762
22	0,270403	0,326975	0,184703	0,291587
23	0,244038	0,298885	0,155231	0,261621
24	0,214986	0,270877	0,123931	0,231586
25	0,197194	0,248248	0,111277	0,202358
26	0,183638	0,232811	0,10877	0,189478
27	0,168813	0,225767	0,098131	0,182018
28	0,160866	0,209813	0,088443	0,161826
29	0,148086	0,190504	0,079634	0,142207
30	0,136207	0,180385		0,131743
31	0,125178	0,163833		0,116051
32		0,153487		0,105935
33		0,141121		0,095676
34		0,130411		0,092985
35				0,084996
36				0,077631

Tabela A12 - Dados experimentais da cinética de secagem de frutos de umbu semi-maduro e maduro, para secagem osmótica e convencional a 90°C ($X_c/X_0 - X_c$).

Tempo (horas)	Secagem osmótica		Secagem convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
0	1	1	1	1
1	0,960226	0,944866	0,953923	0,951134
2	0,91396	0,896253	0,900024	0,897745
3	0,859115	0,843047	0,841185	0,841039
4	0,82572	0,810895	0,807771	0,808697
5	0,767553	0,753861	0,741942	0,748997
6	0,736999	0,733852	0,711372	0,723383
7	0,682815	0,676971	0,660068	0,671848
8	0,655473	0,653098	0,623166	0,647782
9	0,613778	0,618198	0,580909	0,610898
10	0,575751	0,580617	0,540902	0,572338
11	0,5324	0,545858	0,497826	0,531861
12	0,494795	0,511029	0,464587	0,502201
13	0,457244	0,474446	0,428686	0,468389
14	0,419897	0,443199	0,387263	0,428591
15	0,378844	0,404446	0,347232	0,39402
16	0,335424	0,359523	0,305313	0,358627
17	0,305253	0,331623	0,276466	0,328599
18	0,273407	0,304434	0,240717	0,299498
19	0,24955	0,276159	0,216661	0,271937
20	0,227321	0,252978	0,193945	0,249877
21	0,204	0,222293	0,171228	0,226769
22	0,184	0,207338	0,150911	0,20658
23	0,159	0,194088	0,133426	0,180203

24	0,149839	0,174982	0,111812	0,15801
25	0,135621	0,152602	0,092387	0,142393
26	0,122642	0,138853	0,085857	0,125316
27		0,122578	0,075759	0,10904
28		0,109628		0,094121
29				0,08075
30				0,069752
31				0,060328
32				0,051163

Tabela A13 - Teor de umidade de equilíbrio dinâmico em base seca (b.s) para frutos de umbu semi-maduro e maduro para secagem osmótica e convencional a diferentes temperaturas (70, 80 e 90°C).

Temperatura (°C)	Secagem Osmótica		Secagem Convencional	
	Semi-maduro	Maduro	Semi-maduro	Maduro
70°C	10,24	10,56	10,63	10,72
80°C	8,01	8,14	8,18	8,31
90°C	5,53	6,11	6,12	6,25

UFPA