

Adriane Theodoro Santos Alfaro
Daiane Garabeli Trojan
(orgs)

Descobertas das Ciências Agrárias e Ambientais 3



**Adriane Theodoro Santos Alfaro
Daiane Garabeli Trojan
(Organizadoras)**

**DESCOBERTAS DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS E
AMBIENTAIS 3**

Atena Editora
2017

2017 by Adriane Theodoro Santos Alfaro e Daiane Garabeli Trojan

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Prof^a Dr^a Antonella Carvalho de Oliveira

Edição de Arte e Capa: Geraldo Alves

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto (UFPEL)

Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho (UnB)

Prof. Dr. Carlos Javier Mosquera Suárez (UDISTRITAL/Bogotá-Colombia)

Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior (UEPG)

Prof. Dr. Gilmei Francisco Fleck (UNIOESTE)

Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza (UEPA)

Prof. Dr. Takeshy Tachizawa (FACCAMP)

Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior (UFAL)

Prof^a Dr^a Adriana Regina Redivo (UNEMAT)

Prof^a Dr^a Deusilene Souza Vieira Dall'Acqua (UNIR)

Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson (UTFPR)

Prof^a Dr^a Ivone Goulart Lopes (Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatric)

Prof^a Dr^a Lina Maria Gonçalves (UFT)

Prof^a Dr^a Vanessa Bordin Viera (IFAP)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)
D448 Descobertas das ciências agrárias e ambientais 3 / Organizadoras Adriane Theodoro Santos Alfaro, Daiane Garabeli Trojan. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2017. 356 p. : il. ; 11.567 kbytes Formato: PDF ISBN 978-85-93243-36-3 DOI 10.22533/at.ed.3632508 Inclui bibliografia 1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária - Brasil. I. Alfaro, Adriane Theodoro Santos. II. Trojan, Daiane Garabeli. III. Título. CDD-630

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

2017

Proibida a reprodução parcial ou total desta obra sem autorização da Atena Editora

www.atenaeditora.com.br

E-mail: contato@atenaeditora.com.br

Apresentação

Descobertas das Ciências Agrárias e Ambientais – Vol. 3 aborda os desafios para a sociedade em relação aos problemas ambientais que se inter relacionam com a questão econômica.

Nas últimas décadas, as comunidades tem se preocupado com o meio ambiente, seja pelas mudanças provocadas pela ação do homem na natureza, seja pela resposta que a natureza dá a essas ações. Fato que despertou o interesse em conhecer melhor esse ambiente, afinal, trabalhar com o meio ambiente é arte. E toda forma de arte demanda de conhecimento, paixão, dedicação e de excelência para ser útil e só então ser reconhecida. Entendemos que existem lacunas na geração de informação sobre ao uso de recursos naturais seja pelo uso de ferramentas de última geração como a biotecnologia assim como vemos problemas voltados ao controle de doenças, resíduos em alimentos, contaminação, que são problemas que se arrastam pela história. Mas acreditamos que não é o bastante falar sobre isso e buscar ferramental teórico que expliquem essas ocasiões ou fenômenos. É preciso resolver problemas. É preciso encontrar, inventar soluções. É preciso INOVAR.

No século XXI a inércia e o amadorismo não são mais admissíveis. Precisamos de informação para alimentar os profissionais dinâmicos, com inteligências múltiplas, que gere resultados, profissionais *high stakes* (de alta performance) para geração de soluções e negócios exponenciais, entendendo o meio ambiente como arte.

Nesta edição, pesquisadores demonstram a importância de respeitar e conhecer a história de quem fez até aqui, mas que está em nossas mãos continuar criando soluções e escrevendo os novos capítulos.

A competição brasileira por novos mercados somada a necessidade de melhorar a imagem do país em relação à preservação da biodiversidade tornam necessário e urgente pesquisas que atendam com eficiência à resolução dos problemas ambientais e que evidenciem esforços no sentido de promover o desenvolvimento sustentável.

Para alcançar a sustentabilidade em um cenário de aumento da produção de alimentos, trilhamos rumo ao progresso e passamos obrigatoriamente pelo desenvolvimento sustentável. Neste contexto, esta obra reúne o trabalho árduo de pesquisadores que buscam a transformação do século XXI, através de alternativas analíticas e estratégicas para um novo cenário sócio econômico ambiental.

Esperamos que esta obra possa colaborar e estimular mais pesquisadores a transformar o século XXI através de um aparato científico-tecnológico que possa dar suporte ao nosso estilo de vida, com alto nível de conforto e com comprometimento da qualidade ambiental do nosso planeta.

Adriane Theodoro Santos Alfaro

Daiane Garabeli Trojan

SUMÁRIO

Apresentação.....03

CAPÍTULO I

ANÁLISE DOS RISCOS OCUPACIONAIS PRESENTES NA AGROPECUÁRIA FAMILIAR:
UM ESTUDO DE CASO EM RAFAEL FERNANDES/RN

Carla Caroline Alves Carvalho, Manoel Mariano Neto da Silva, Daniela de Freitas Lima e Almir Mariano Sousa Junior.....08

CAPÍTULO II

ANATOMIA FOLIAR DE *BAUHINIA PURPUREA* LINN. (LEGUMINOSAE –
CERCIDOIDEAE)

Suzane Silva de Santa Brígida, Gleyce Marina Moraes dos Santos, Breno Ricardo Serrão da Silva, Sebastião Ribeiro Xavier Júnior, Jorgeane Valéria Casique Tavares e Edilson Freitas da-Silva.....17

CAPÍTULO III

ATRIBUTOS BIOMÉTRICOS E SEVERIDADE DE DOENÇAS EM VARIEDADES DE
MANGAS DE OCORRÊNCIA NO BREJO PARAIBANO

Alex Sandro Bezerra de Sousa, Renato Pereira Lima, Renato Lima Dantas, Raylson de Sá Melo, Expedito Cavalcante do Nascimento Neto, Ricardo de Sousa Nascimento, Antonio Fernando da Silva e Silvanda de Melo Silva.....28

CAPÍTULO IV

AVALIAÇÃO E GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS EM UMA MARCENARIA DE
PEQUENO PORTE

Edward Seabra Júnior, Edson Hermenegildo Pereira Junior, Carla Adriana Pizarro Schmidt, Camila Ciello, Neron Alipio Cortes Berghauser e Carlos Laercio Wrasse.....45

CAPÍTULO V

BIOFERTILIZANTE DE ORIGEM BOVINA NO DESENVOLVIMENTO DAS PLANTAS DE
ALFACE EM SISTEMA HIDROPONICO

Fabio Olivieri de Nobile, Leticia Ane Sizuki Nociti Dezem, Thais Botamede Spadoni e Joao Antonio Galbiatti.....58

CAPÍTULO VI

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO OBSTRUIDOR DE GOTEJADORES POR MICROSCOPIA
ELETRONICA DE VARREDURA – MEV

Maycon Diego Ribeiro, Carlos Alberto Vieira de Azevedo, Delfran Batista dos Santos, Flavio Daniel Szekut e Marcio Roberto Klein.....74

CAPÍTULO VII

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS E DE EXTRATIVISMO NA AMAZÔNIA

Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto e Luiz Dias Júnior.....83

CAPÍTULO VIII

COLEÇÃO DE SEMENTES DE ESPÉCIES AMAZÔNICAS DO HERBÁRIO IAN COMO SUBSÍDIOS PARA ESTUDOS AMBIENTAIS.

Daniely Alves de Almada, Raquel Leão Santos e Sebastião Ribeiro Xavier Júnior.....91

CAPÍTULO IX

COMPOSIÇÃO FLORÍSTICA E ESTRUTURA FITOSSOCIOLÓGICA DE TRÊS ÁREAS DE RESTAURAÇÃO FLORESTAL LOCALIZADAS NO ESTADO DO MATO GROSSO DO SUL, MS

Poliana Ferreira da Costa, Zefa Valdivina Pereira, Shaline Séfara Lopes Fernandes, Caroline Quinhones Fróes e Carla Adriana Pizarro Schmidt.....107

CAPÍTULO X

CRESCIMENTO INICIAL DE MAMOEIRO CULTIVADO EM DIFERENTES SUBSTRATOS E SOB TELAS TERMOREFLETORAS

Girlene Santos de Souza, Gisele Chagas Moreira, Anacleto Ranulfo dos Santos e Uasley Caldas de Oliveira.....146

CAPÍTULO XI

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE LIMOEIRO SICILIANO SOBRE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS EM ESPAÇAMENTO ADENSADO NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ

Kassio Ewerton Santos Sombra, Francisco Leandro Costa Loureiro, Alexandre Caique Costa e Silva, Carlos Antônio Sombra Júnior, Orlando Sampaio Passos e Débora Costa Bastos.....163

CAPÍTULO XII

DESENVOLVIMENTO INICIAL DE TANGERINEIRA-TANGOR 'PIEMONTE' SOBRE DIFERENTES PORTA-ENXERTOS NO SEMIÁRIDO DO CEARÁ

Kassio Ewerton Santos Sombra, Francisco Leandro Costa Loureiro, Alexandre Caique Costa e Silva, Carlos Antônio Sombra Júnior, Orlando Sampaio Passos e Débora Costa Bastos.....172

CAPÍTULO XIII

HOMEOPATIA E SEU USO EM PLANTAS

Eloisa Lorenzetti, Elizana Lorenzetti Treib, José Renato Stangarlin e Odair José Kuhn.....181

CAPÍTULO XIV

IMPACTOS AMBIENTAIS E DESENVOLVIMENTO EM ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL URBANAS: ESTUDO DE CASO NA APA BOM JARDIM/PASSA TUDO, ITAITUBA/PA, AMAZÔNIA BRASILEIRA.

Ana Caroline de Sousa Ferreira, Josicláudio Pereira de Freitas, Júlio Nonato Silva Nascimento e Liz Carmem Silva-Pereira.....189

CAPÍTULO XV

INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NATIVA RASTEIRA DA CAATINGA SOBRE A LÂMINA ESCOADA E A PRODUÇÃO DE SEDIMENTOS NO SEMIÁRIDO PARAIBANO

Jailton Garcia Ramos, Mariana de Oliveira Pereira, Vitória Ediclécia Borges, Vera Lúcia Antunes de Lima e Carlos Alberto Vieira de Azevedo.....205

CAPÍTULO XVI

LEGUMINOSAE JUSS. NA AMAZÔNIA: POTENCIAL PARA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Ana Caroline Miron Pereira, Bianca Fonseca Torres, Sebastião Ribeiro Xavier Júnior e Ana Catarina Siqueira Furtado.....217

CAPÍTULO XVII

LEVANTAMENTO E INFORMATIZAÇÃO DE *Calliandra* BENTH., *Cedrelinga* DUCKE. e *Prosopis* L. (LEGUMINOSAE- CAESALPINIOIDEAE) NO HERBÁRIO IAN DA EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, BELÉM, PA, BRASIL

Larissa da Silva Pereira, Jéfyne Campos Carréra, Elienara de Almeida Rodrigues, Helena Joseane Raiol Souza, Sebastião Ribeiro Xavier Júnior e Marta Cesar Freire Silva.....229

CAPÍTULO XVIII

LINHA INTERCEPTADORA NA QUANTIFICAÇÃO DE NECROMASSA EM FRAGMENTO DE FLORESTA OMBRÓFILA MISTA

Karina Henkel Proceke de Deus, Izabel Passos Bonete, Alexandre Techy de Almeida Garrett, Julio Eduardo Arce e Andrea Nogueira Dias.....240

CAPÍTULO XIX

MODELAGEM DA SECAGEM DE CASCAS DE ABACAXI PARA A PRODUÇÃO DE FARINHA

Carolina Castilho Garcia, Márcia Alves Chaves e Nívia Barreiro.....255

CAPÍTULO XX

MODELAGEM PARAMÉTRICA APLICADA NA ESTIMAÇÃO DO DESEMPENHO PRODUTIVO E PARÂMETROS FISIOLÓGICOS DE OVINOS MORADA NOVA

Patrício Gomes Leite, Jordânio Inácio Marques e Gerônimo Barbosa Alexandre.....266

CAPÍTULO XXI

PRODUÇÃO DE BIOGÁS POR MEIO DA CODIGESTÃO DO MEXILHÃO DOURADO ASSOCIADO A DEJETO SUÍNO

Adeliane Hosana de Freitas, Fernanda Rubio, Rosane dos Santos Grignet e Francielly Torres dos Santos.....282

CAPÍTULO XXII

PRODUÇÃO DE MUDAS DE MARACUJAZEIRO-AMARELO EM DIFERENTES SUBSTRATOS E RECIPIENTES

Girlene Santos de Souza, Railda Santos de Jesus, Raísa da Silveira da Silva, Laina de Andrade Queiroz, Janderson do Carmo Lima e Uasley Caldas de Oliveira.....299

CAPÍTULO XXIII

RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS: RECOMPOSIÇÃO FLORESTAL DE NASCENTES SOB INFLUÊNCIA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANO

Júlio Nonato Silva Nascimento, Luisa Helena Silva de Sousa, Cícero Paulo Ferreira, Corina Fernandes de Souza e Liz Carmem Silva-Pereira.....309

CAPÍTULO XXIV

PROCESSO DE SEPARAÇÃO POR MEMBRANA E PROCESSOS OXIDATIVOS AVANÇADOS: TECNOLOGIAS AVANÇADAS PARA O PÓS-TRATAMENTO DE EFLUENTE DE FÁBRICA DE PAPEL

Ludmila Carvalho Neves, Jeanette Beber de Souza, Carlos Magno de Sousa Vidal, Kely Viviane de Souza e Theoana Horst Saldanha.....319

Sobre as organizadoras.....340

Sobre os autores.....341

CAPÍTULO XIX

MODELAGEM DA SECAGEM DE CASCAS DE ABACAXI PARA A PRODUÇÃO DE FARINHA

**Carolina Castilho Garcia
Márcia Alves Chaves
Nívia Barreiro**

MODELAGEM DA SECAGEM DE CASCAS DE ABACAXI PARA A PRODUÇÃO DE FARINHA

Carolina Castilho Garcia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira, Departamento Acadêmico de Alimentos
Medianeira, Paraná

Márcia Alves Chaves

UDC Centro Universitário, Faculdade Educacional de Medianeira, Departamento de Agronomia
Medianeira, Paraná

Nívia Barreiro

Instituto GraduarTE Unidade São Paulo
Santos, São Paulo

RESUMO: Atualmente é grande a preocupação com a minimização dos resíduos agroindustriais gerados durante o processamento de alimentos. A casca do abacaxi é um resíduo industrial com potencial aplicação como enriquecedor da dieta alimentar, por apresentar níveis consideráveis de proteínas, lipídios e fibras. Assim, no presente trabalho objetivou-se modelar a cinética de secagem das cascas de abacaxi, visando seu aproveitamento na produção de farinha. Fatias de casca de abacaxi (6 x 2 x 0,1 cm) foram, secadas a 70 °C por 340 min, sendo a secagem acompanhada através de pesagens sucessivas das amostras. Para a modelagem da secagem da casca de abacaxi, os dados experimentais foram ajustados à lei de Fick, permitindo o cálculo do coeficiente de difusão da água durante a secagem, e aos modelos empíricos de Page e Henderson & Pabis. Após a secagem, as cascas foram trituradas em moinho de facas e a farinha obtida submetida à análise granulométrica e determinação instrumental da cor, fatores relevantes na aplicação tecnológica da mesma. Verificou-se que dentre os modelos propostos, o de Fick foi o que melhor representou a secagem de cascas de abacaxi, sendo o coeficiente de difusão efetivo da água durante a secagem das cascas de abacaxi de $3,76 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. A farinha obtida apresentou grânulos de pequena dimensão e coloração marrom.

PALAVRAS-CHAVE: Ananas comosus (L.) Merrill; aproveitamento de resíduo agroindustrial; cinética de secagem, análise granulométrica.

1. INTRODUÇÃO

O abacaxi é uma fruta tropical bastante apreciada no Brasil e que apresenta disponibilidade o ano todo. Pertence à família Bromeliaceae e gênero Ananas. Esse gênero é vastamente distribuído nas regiões tropicais, sendo a principal espécie cultivada a *Ananas comosus* (L.) Merr. (GRANADA, ZAMBIAZI; MENDONÇA, 2004). Segundo dados da FAO (FAO, 2017), em 2014, a produção mundial de abacaxis foi de mais de 25 milhões de toneladas, sendo o Brasil o segundo maior produtor

mundial da fruta, com produção de aproximadamente 3 milhões de toneladas. Dentre os principais Estados produtores, estão o Pará (produção de mais de 320 milhões de frutos em 2013), a Paraíba (produção de mais de 285 milhões de frutos em 2013) e Minas Gerais (produção de mais de 239 milhões de frutos em 2013) (IBGE, 2013).

Na atualidade, além do consumo de frutas in natura, é grande seu consumo na forma processada, tais como sucos, compotas, doces, conservas e geleias. Segundo Lousada Júnior et al. (2006), o processamento de frutas como manga, acerola, maracujá e caju, visando a produção de sucos e polpas, pode alcançar 40% de resíduos agroindustriais, compostos de restos de polpas, sementes, caroços, cascas, etc. Sarzi, Durigan e Rossi Júnior (2002) calcularam em 38%, o percentual de resíduos gerados com o processamento do abacaxi.

Por outro lado, Gondim et al. (2005) apontam que as cascas das frutas apresentam elevados teores de nutrientes e, portanto, deveriam ser utilizadas na manufatura de alimentos, aumentando a qualidade nutricional do cardápio e reduzindo o desperdício. Dessa forma, é possível transformar os resíduos de alimentos em benefícios financeiros e minimizar impactos ambientais. Segundo Carvalho (2008) a casca do abacaxi apresenta, em média, 4,5% de proteína, 0,5% de lipídios, 3,1% de fibra bruta e 4,8% de cinzas.

Abud e Narain (2009) estudaram a incorporação de farinhas obtidas de resíduos de frutas na produção de biscoitos, tendo obtido resultados sensoriais promissores. Logo, pode-se considerar que farinhas obtidas de resíduos agroindustriais poderiam ser utilizadas como ingrediente alimentar para incorporação em alimentos. Assim, considerando a composição da casca de abacaxi, percebeu-se potencial de aplicação como ingrediente alimentar na forma de farinha.

No entanto, para a obtenção de farinhas de resíduos agroindustriais, é necessário um processamento prévio, sendo que a secagem destaca-se dentre as opções tecnológicas. A secagem é uma operação unitária largamente utilizada na indústria de alimentos por reduzir o teor de água livre do alimento, minimizando o desenvolvimento de micro-organismos e a ocorrência de reações químicas e bioquímicas, que resultam em perda de sua qualidade (GARCIA et al., 2014). Além disso, o custo de transporte dos produtos secos é reduzido, em função da redução do seu volume, resultado da remoção da água.

O estudo da cinética de secagem e sua modelagem matemática são de fundamental importância para o desenvolvimento e aperfeiçoamento de equipamentos e para a otimização e determinação da viabilidade de aplicação da operação (SOUSA et al., 2011; CORRÊA et al., 2010).

Neste sentido, o presente trabalho objetivou modelar a cinética de secagem das cascas de abacaxi para a obtenção da farinha, de maneira a minimizar o descarte deste resíduo e aproveitá-lo como ingrediente no desenvolvimento de formulações alimentícias.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Em setembro de 2015, foram adquiridos no comércio local da cidade de Medianeira, PR abacaxis da cultivar Smooth Cayenne (*Ananas comosus* L. Merrill). As frutas foram lavadas em água corrente e detergente neutro e, a seguir, imersos em solução aquosa de 0,2% p/p de hipoclorito de sódio durante 1 minuto. Após o enxágue em água corrente, os frutos foram descascados cuidadosamente, deixando as cascas com uma espessura de aproximadamente 1 mm. A seguir, as cascas foram cortadas manualmente em fatias de 6 x 2 cm e armazenadas em câmara de refrigeração a $7\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, por no máximo 48 h, até o momento da secagem.

A secagem foi realizada em estufa com circulação natural de ar (Q314M, Quimis, Diadema, SP) à $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 340 minutos. A temperatura de operação foi selecionada com base em temperaturas usualmente utilizadas na secagem de frutas e/ou cascas de frutas. O tempo de secagem foi definido com base em experimentos laboratoriais (conduzidos previamente), de forma que, após essa operação unitária, fosse possível realizar a moagem do produto obtido.

Durante a operação de secagem foram efetuadas pesagens sucessivas das amostras (a cada 20 minutos nos primeiros 100 minutos de processo, a cada 30 minutos até completar 210 minutos de secagem e a cada 40 minutos até completar o tempo total de secagem). A umidade de equilíbrio das amostras foi determinada por método dinâmico, realizando a secagem das fatias de casca de abacaxi por 465 minutos (tempo também definido com base em estudos previamente conduzidos).

A modelagem da secagem foi realizada com base na Lei de Fick (Equação 1), utilizando o primeiro termo da solução integrada de Crank (1975) para placa infinita (Equação 2).

$$\frac{dX}{dt} = D_{ef} \frac{\partial^2 X}{\partial z^2} \quad (1)$$

$$X = \left(\frac{\bar{X}_t - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} \right) = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \left[\frac{1}{(2n-1)^2} \right] \exp \left[-(2n-1)^2 \frac{\pi^2 D_{ef} t}{z^2} \right] \quad (2)$$

Em que: X representa o adimensional de umidade; X é a umidade (kg de água/kg de sólidos secos), z é a meia espessura da placa (m), t é o tempo (s); D_{ef} é o coeficiente de difusão efetivo da água (m^2s^{-1}) sobre as condições de secagem testadas; subscrito eq indica equilíbrio e 0, condição inicial.

A Equação 2 foi linearizada e ajustada aos dados experimentais com o auxílio do software Excel (Office 2010), permitindo o cálculo do coeficiente de difusão efetivo da água (D_{ef}) das cascas de abacaxi durante o processo de secagem convectiva (VIEIRA et al., 2012).

Além da Lei de Fick, aos dados experimentais da secagem das cascas de abacaxi foram ajustados, ainda, dois modelos empíricos/semiempíricos,

frequentemente utilizados na representação da secagem (SOUSA et al., 2011; CORRÊA et al., 2010), os quais são apresentados na Tabela 1. Para esses ajustes foi utilizado o software Statistica versão 7.0.

Tabela 1. Modelos matemáticos empíricos/semiempíricos utilizados para representar a secagem das cascas de abacaxi.

Modelos	
Page	$X = \frac{\bar{X}_{(t)} - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = ae^{-kt} \quad (3)$
Henderson & Pabis	$X = \frac{\bar{X}_{(t)} - X_{eq}}{X_0 - X_{eq}} = e^{-kt^n} \quad (4)$

Em que: a e n são coeficientes dos modelos propostos; k é a constante de secagem (s⁻¹).

O ajuste de cada modelo aos dados experimentais de secagem foi avaliado através da magnitude do coeficiente de determinação (R²) e do erro médio relativo (P), o qual foi calculado através da Equação 5.

$$P(\%) = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|x^{calc} - x^{exp}|}{x^{exp}} \quad (5)$$

Em que: x^{exp} representa os dados experimentais; x^{calc} representa os dados calculados segundo os modelos propostos (Equações 2 linearizada, 3 e 4); N representa o número de observações experimentais.

Após a secagem as cascas foram trituradas em moinho de facas (SL31, SOLAB, Piracicaba, SP) para a obtenção da farinha e o diâmetro das partículas obtidas foi determinado utilizando uma série de 7 peneiras (18, 35, 60, 80, 100 e 140 mesh), com aberturas variando de 0,074 mm a 1 mm, em um Agitador de Peneiras para Análise Granulométrica Eletromagnético (BERTEL, Caieira, SP), tendo sido utilizado o grau 5 de agitação por 5 min. A massa de amostra retida em cada peneira foi registrada (CEREDA; CATÂNEO, 1986).

O teor de água ou umidade das cascas de abacaxi antes e após a operação de secagem foi determinado, em triplicata, pelo método estático gravimétrico, em estufa a 105 °C até as amostras (aproximadamente 5 g) atingirem peso constante (cerca de 24 h), de acordo com método descrito pela AOAC (1995). A atividade de água das cascas de abacaxi antes e após a operação de secagem, foi determinada em triplicata em equipamento medidor de atividade de água (Aqualab 4TEV, Decagon Devices, São José dos Campos, SP), segundo metodologia proposta por Garcia et al. (2014). A cor da farinha das cascas foi avaliada em colorímetro (Konica Minolta, Curitiba, Brasil) previamente calibrado com placa cerâmica branca (x = 0,3188; y = 0,3362 e z = 87,0). Os resultados foram expressos em valores absolutos L*, a* e b*, sendo que L* representa a luminosidade da amostra e varia de 0 (escuro) ao 100 (claro), o parâmetro de croma a* varia do verde (valor negativo) ao vermelho (valor positivo) e o parâmetro de croma b* varia do azul

(valor negativo) ao amarelo (valor positivo).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A umidade e a atividade de água anterior e após a secagem das cascas de abacaxi, bem como sua umidade e atividade de água de equilíbrio com o ar de secagem estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Teores de umidade (U, %, base úmida) e atividades de água (a_w) iniciais e após a secagem das cascas de abacaxi e umidade (% base úmida) e atividade de água de equilíbrio das amostras com o ar de secagem.

	Antes da secagem	Após a secagem	No equilíbrio
U	81,16 ± 5,27	18,67 ± 0,23	7,26 ± 0,27
a_w	0,9832 ± 0,0026	0,5788 ± 0,0885	0,3530 ± 0,0363

Verificou-se na Tabela 2 que a redução na umidade das amostras, resultou na redução de sua atividade de água, que representa o conteúdo de água livre de um alimento. Esse fato era esperado, já que o objetivo da secagem é a redução do teor de água de um produto. Após a secagem das cascas de abacaxi, verificou-se que a atividade foi de 0,5788, comprovando a eficácia da secagem na redução do teor de água livre das amostras. É fato que o crescimento de microorganismos é inibido em produtos com atividades de água menores que 0,6 (BOBBIO; BOBBIO, 2001). Desta maneira, se adequadamente armazenada, a farinha obtida a partir das cascas secas pode ser considerada segura para consumo em relação ao critério microbiológico.

A Tabela 3 apresenta os parâmetros dos modelos matemáticos propostos para descrever a secagem das cascas de abacaxi (Equações 2 linearizada, 3 e 4), juntamente com os parâmetros estatísticos utilizados para avaliar seu ajuste aos dados experimentais: o coeficiente de determinação (R^2) e o erro médio relativo (P).

Tabela 3. Parâmetros dos modelos matemáticos utilizados para descrever a secagem da casca do abacaxi e parâmetros estatísticos de ajuste dos modelos.

Modelo	D_{ef}	k	a	n	R^2	P
Fick	3,60 ± 0,09	-	-	-	0,981	21,62
Page	-	0,016 ± 0,003	-	0,876 ± 0,036	0,994	91,66
Henderson & Pabis	-	0,008 ± 0,001	0,951 ± 0,02	-	0,993	92,07

D_{ef} representa o coeficiente de difusão da água durante a secagem das cascas de abacaxi multiplicado por 10^{12} , em $m^2 \cdot s^{-1}$; k é a constante de secagem, em min^{-1} ; a e n são constantes dos modelos empíricos/semiempíricos; R^2 representa o coeficiente de determinação; P é o erro relativo médio em %, calculado segundo a Equação 5.

A difusividade da água durante a secagem das cascas de abacaxi foi da ordem de 10^{-12} . Menezes et al. (2013) e Castiglioni et al. (2013) avaliaram a cinética de secagem convectiva dos resíduos agroindustriais bagaço do maracujá

amarelo e massa fibrosa de mandioca, respectivamente, e encontraram difusividades mais elevadas (da ordem de 10^{-8} – 10^{-9}) que as verificadas no presente trabalho. Porém, deve-se considerar que o equipamento utilizado no presente estudo utiliza a convecção natural para as transferências de calor e massa e não a convecção forçada. Dessa maneira, reduzem-se os valores da difusividade da água durante a secagem devido à redução nas velocidades de transporte.

É possível verificar na Tabela 3 que a Lei de Fick foi o modelo que apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais, por apresentar R^2 maior que 0,98 e o menor valor de P. Os valores de P indicam o desvio dos valores observados em relação à curva estimada pelo modelo e é desejado que seus valores sejam inferiores a 10% para que o modelo apresente um bom ajuste aos dados experimentais. Porém, valores maiores de 10% são verificados em trabalhos de secagem para valores experimentais de umidade em torno de 5%, uma vez que os desvios são aumentados quando o teor de água (valor experimental) é muito baixo (MOLINA FILHO et al., 2011), justificando os valores de P encontrados no presente trabalho.

Uma vez que a Lei de Fick apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais, a Figura 1 compara os adimensionais de umidade (X) experimentais da secagem das cascas de abacaxi e os valores preditos pelo modelo de Fick (Equação 1).

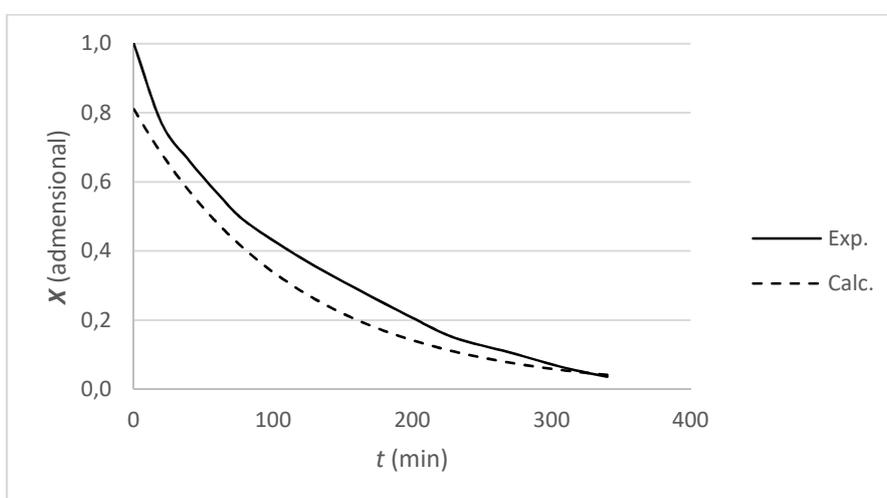


Figura 1. Comparação entre os adimensionais de umidade (X) experimentais (linha cheia) da secagem das cascas de abacaxi e os valores preditos (linha tracejada) pela Lei de Fick (Equação 1).

Verificou-se, como esperado, decréscimo contínuo da umidade das cascas de abacaxi no decorrer da secagem. Ainda, é possível confirmar na Figura 1 que o modelo de Fick (linha tracejada) representou adequadamente os dados experimentais (linha cheia) de secagem, como verificado na Tabela 3.

A Figura 2 apresenta a distribuição percentual das partículas obtidas após a moagem das cascas de abacaxi secas na série de peneiras avaliada.

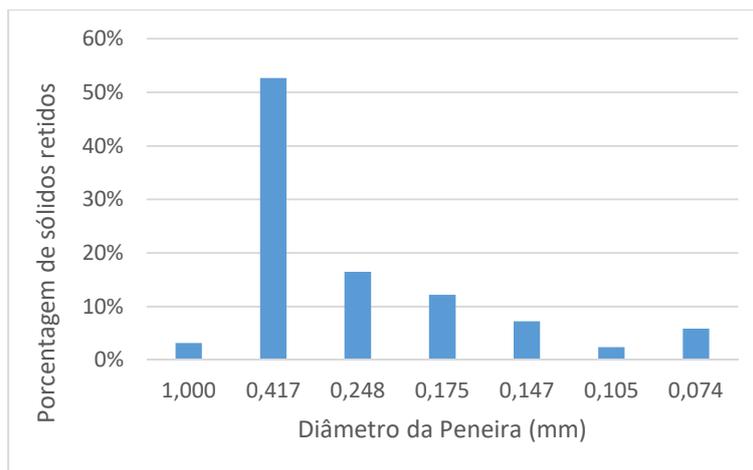


Figura 2. Distribuição do tamanho de partículas da farinha da casca de abacaxi.

É possível verificar na Figura 2 que mais de 50% das partículas da farinha obtida apresentaram diâmetro de 0,417 mm. Os dados demonstram que 96,84% da farinha apresentou granulometria pequena, menor que 60 mesh, o que é satisfatório para farinhas em geral (COELHO; WOSIACKI, 2010).

A granulometria é um fator importante na aplicação tecnológica desta farinha. Por exemplo, se aplicada na produção de sorvete, a presença de grânulos de diâmetro elevado podem ocasionar a formação de grandes cristais de gelo no produto devido a capacidade de reter água, resultando em baixa aceitação pelos consumidores. Por outro lado, farinhas com grânulos de tamanho reduzido, além de aumentar a viscosidade da mistura, permitem melhor distribuição de ar durante a bateção do sorvete (SILVA, 1996; MOSQUIM, 1999).

Além da granulometria, a cor também é uma característica importante para a aplicação tecnológica da farinha obtida, uma vez que influencia diretamente na cor e aceitação do alimento produzido.

A Figura 3 apresenta o aspecto visual da farinha obtida a partir da secagem e moagem do resíduo casca de abacaxi.



Figura 3. Aspecto visual da farinha da casca de abacaxi.

A farinha da casca de abacaxi produzida apresentou baixa luminosidade ($L^* = 57,13$) e valores de chroma positivos: $a^* = 4,10$ e $b^* = 29,78$. Esses valores apontam que a farinha de casca de abacaxi apresentou tonalidade entre o

vermelho e amarelo, sendo o amarelo predominante, indicativo de coloração marrom. Tal situação pode ser explicada pela caramelização dos açúcares presentes na casca, devido ao aquecimento durante a secagem. Além disso, não deve ser descartada a ocorrência da Reação de Maillard entre proteínas e açúcares redutores. Ambas reações bioquímicas resultam em pigmentos escuros.

Caso a farinha seja utilizada na formulação de sorvete, deve ser avaliado o percentual de adição nesse alimento, uma vez que sua cor pode interferir na aceitação sensorial pelos consumidores.

4. CONCLUSÃO

A secagem das cascas de abacaxi por 340 min a 70 °C foi suficiente para garantir a segurança microbiológica do produto seco obtido, o qual apresenta potencialidade de aplicação em formulações de alimentos.

A modelagem da cinética de secagem mostrou que a Lei de Fick ajustou-se satisfatoriamente aos dados experimentais, sendo que, devido ao equipamento utilizado para a operação, o coeficiente de difusão determinado foi menor do que o verificado em outros estudos.

A farinha obtida após a moagem da casca seca apresentou granulometria pequena (aproximadamente 95 % da farinha menor que 60 mesh) e indicativo de coloração marrom, fatores importantes a serem considerados na aplicação tecnológica da mesma.

REFERÊNCIAS

A.O.A.C.: ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 16. ed. v. I e II. Washington, 1995.

ABUD, A.K.S., NARAIN, N. **Incorporação de farinha de resíduo do processamento de polpa de fruta em biscoitos: uma alternativa de combate ao desperdício**. Brazilian Journal of Food Technology, v.12, n.4, p.257-265, 2009.

BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Química do Processamento de Alimentos**. 3ª ed. São Paulo: Editora Varela. 2001. 143p.

CARVALHO, M.G. **Barras de cereais com amêndoas de chichá, sapucaia e castanha-do-gurguéia, complementadas com casca de abacaxi**. 93f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2008.

CASTIGLIONI, G.L.; SILVA, F.A.; CALIARI, M.; JÚNIOR, M.S.S. **Modelagem matemática do processo de secagem da massa fibrosa de mandioca**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.9, p.987-994, 2013.

CEREDA, M.P.; CATÂNEO, A. **Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca.** Revista Brasileira de Mandioca, v.5, n.2, p.55-62, 1986.

COELHO, L.M.; WOSIACKI, G. **Avaliação sensorial de produtos panificados com adição de farinha de bagaço de maçã.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.30, n.3, p.582-588, jul./set., 2010.

CORRÊA, P.C.; OLIVEIRA, G.H.H.; BOTELHO, F.M.; GONELI, A.L.D.; CARVALHO, F.M. **Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (Coffea arabica L.) durante o processo de secagem.** Revista Ceres, v. 57, n.5, p. 595-601, set/out, 2010.

CRANK, J. **The Mathematics of Diffusion.** 2a ed. Trowbridge, Witshire: Redwood Books. 1975. 414p.

FAOSTAT: **Crops.** Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>
Acesso em: 13/05/2017.

GARCIA, C.C.; CAETANO, L.C.; SILVA, K.S.; MAURO, M.A. **Influence of Edible Coating on the Drying and Quality of Papaya (Carica papaya).** Food and Bioprocess Technology, v.7, p.2828–2839, 2014.

GONDIM, J.A.; MOURA, M.F.; DANTAS, A.; MEDEIROS, L.S. **Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 25, n. 4, p. 825-827, out/dez, 2005.

GRANADA, G.G.; ZAMBIAZI, R.C.; MENDONÇA, C.R.B. **Abacaxi: Produção, Mercado e Subprodutos.** Boletim do CEPPA, v. 22, n.2, p. 405-422, 2004.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal. Culturas Temporárias e Permanentes 2013.** v. 40. Rio de Janeiro, IBGE, 2013.

LOUSADA JÚNIOR, J.E.; COSTA, J.M.C.; NEIVA, J.N.M.; RODRIGUEZ, N.M.R. **Caracterização físico-química de subprodutos obtidos do processamento de frutas tropicais visando a seu aproveitamento na alimentação animal.** Revista Ciência Agronômica, v.37, n.1, p.70-76, 2006.

MENEZES, M.L.; STROHER, A.P.; PEREIRA, N.C.; BARROS, S.T.D. **Análise cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo.** Engevista, v.15, n.2, p.176-186, ago/2013.

MOLINA FILHO, L.; GONÇALVES, A.K.R.; MAURO, M.A.; FRASCARELI, E.C. **Moisture sorption isotherms of fresh and blanched pumpkin (Cucurbita moschata).** Ciência e Tecnologia de Alimentos, v.31, n.3, p.714-722, jul.-set, 2011.

MOSQUIM, M.C.A. **Fabricando Sorvete com Qualidade**. Fontes Comunicação.118f., 1999.

SARZI, B.; DURIGAN, J.F.; ROSSI JÚNIOR, O.D. **Temperatura e Tipo de Preparo na Conservação de Produto Minimamente Processado de Abacaxi 'Pérola'**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.24, n.2, p.376-380, agosto 2002.

SILVA, P.H.F. **Curso básico sobre sorvetes**. Apostila, EPAMIG/CEPE/ILCT; Juiz de Fora, MG, 25f., 1996.

SOUSA, K.A.; RESENDE, O.; CHAVES, T.H.; COSTA, L.M. **Cinética de secagem do nabo forrageiro (*Raphanussativus L.*)**. Revista Ciência Agronômica, v.42, n.4, p.883-892, out-dez, 2011.

VIEIRA, A.P.; NICOLETI, J.F.; TELIS, V.R.N. **Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto**. Brazilian Journal of Food Technology, v.5, n.1, p.50-58, 2012.

ABSTRACT: Nowadays, minimizing the agroindustrial waste resulted from food processing is a great concern. The pineapple peel is an industrial waste, which presents potential to enriching the diet because it contains proteins, lipids and fibers. So, in the present work the goal was to model the drying kinetic of pineapple peel, aiming its reutilization and producing a flour. Slices of pineapple peel (6 x 2 x 0.1 cm) were dried at 70 °C for 340 min, and the drying were followed through successive weighings of the samples. In order to model the drying of pineapple peel, the experimental data were adjusted to the Fick's Law, allowing determining the diffusion coefficient of water during the drying, and to the empirical models of Page and Henderson & Pabis. After drying, the peels were crushed in a knife mill and the flour was subjected to a particle-size analysis and instrumental color determination, important factors to its technological application. It was verified that within the purposed models, Fick was the one that better represented the drying of pineapple peels, and the diffusion coefficient of water during the drying of pineapple peels was $3.76 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$. The flour presented particles of small size and brown color.

KEYWORDS: Ananas comosus (L.) Merrill; reutilization of agroindustrial waste; drying kinetic; particle-size analysis.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-93243-36-3



9 788593 243363