

Ciências Agrárias: Campo Promissor em Pesquisa 4

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)



Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo
(Organizadores)

**Ciências Agrárias: Campo Promissor
em Pesquisa**
4

Atena Editora
2019

2019 by Atena Editora
Copyright © Atena Editora
Copyright do Texto © 2019 Os Autores
Copyright da Edição © 2019 Atena Editora
Editora Executiva: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Diagramação: Geraldo Alves
Edição de Arte: Lorena Prestes
Revisão: Os Autores

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores. Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Conselho Editorial

Ciências Humanas e Sociais Aplicadas

Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Deyvison de Lima Oliveira – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionele delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Ciências Agrárias e Multidisciplinar

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Prof. Dr. Darllan Collins da Cunha e Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

Ciências Biológicas e da Saúde

Prof. Dr. Benedito Rodrigues da Silva Neto – Universidade Federal de Goiás
Prof.ª Dr.ª Elane Schwinden Prudêncio – Universidade Federal de Santa Catarina
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. José Max Barbosa de Oliveira Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará

Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Profª Drª Vanessa Lima Gonçalves – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Conselho Técnico Científico

Prof. Msc. Abrãao Carvalho Nogueira – Universidade Federal do Espírito Santo
Prof. Dr. Adaylson Wagner Sousa de Vasconcelos – Ordem dos Advogados do Brasil/Seccional Paraíba
Prof. Msc. André Flávio Gonçalves Silva – Universidade Federal do Maranhão
Prof.ª Drª Andreza Lopes – Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento Acadêmico
Prof. Msc. Carlos Antônio dos Santos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Prof. Msc. Daniel da Silva Miranda – Universidade Federal do Pará
Prof. Msc. Eliel Constantino da Silva – Universidade Estadual Paulista
Prof.ª Msc. Jaqueline Oliveira Rezende – Universidade Federal de Uberlândia
Prof. Msc. Leonardo Tullio – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Prof.ª Msc. Renata Luciane Polsaque Young Blood – UniSecal
Prof. Dr. Welleson Feitosa Gazel – Universidade Paulista

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)	
C569	Ciências agrárias [recurso eletrônico] : campo promissor em pesquisa 4 / Organizadores Jorge González Aguilera, Alan Mario Zuffo. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2019. – (Ciências Agrárias. Campo Promissor em Pesquisa; v. 4) Formato: PDF Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader. Modo de acesso: World Wide Web. Inclui bibliografia ISBN 978-85-7247-418-4 DOI 10.22533/at.ed.184192006 1. Agricultura. 2. Ciências ambientais. 3. Pesquisa agrária – Brasil. I. Aguilera, Jorge González. II. Zuffo, Alan Mario. III. Série. CDD 630
Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422	

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná - Brasil
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

A obra “*Ciências Agrárias Campo Promissor em Pesquisa*” aborda uma publicação da Atena Editora, apresenta seu volume 4, em seus 23 capítulos, conhecimentos aplicados as Ciências Agrárias.

A produção de alimentos nos dias de hoje enfrenta vários desafios e a quebra de paradigmas é uma necessidade constante. A produção sustentável de alimentos vem a ser um apelo da sociedade e do meio acadêmico, na procura de métodos, protocolos e pesquisas que contribuam no uso eficiente dos recursos naturais disponíveis e a diminuição de produtos químicos que podem gerar danos ao homem e animais.

Este volume traz uma variedade de artigos alinhados com a produção de conhecimento na área das Ciências Agrárias, ao tratar de temas como bioatividade de extratos vegetais, produção e qualidade de adubos verdes, silagem, fortalecimento de cadeias produtivas, resistência a doenças, entre outros. São abordados temas inovadores relacionados com o uso de energia solar. Os trabalhos abordam temas relacionados com as culturas do abacaxi, cana-de-açúcar, canola, feijão, goiaba, mamona, orégano, trigo, soja, entre outros cultivos. Os resultados destas pesquisas vêm a contribuir no aumento da disponibilidade de conhecimentos úteis a sociedade.

Aos autores dos diversos capítulos, pela dedicação e esforços, que viabilizaram esta obra que retrata os recentes avanços científicos e tecnológicos nas Ciências Agrárias, os agradecimentos dos Organizadores e da Atena Editora.

Por fim, esperamos que este livro possa colaborar e instigar mais estudantes e pesquisadores na constante busca de novas tecnologias para a área da Agronomia e, assim, contribuir na procura de novas pesquisas e tecnologias que possam solucionar os problemas que enfrentamos no dia a dia.

Jorge González Aguilera
Alan Mario Zuffo

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
AVALIAÇÃO DA BIOATIVIDADE DE EXTRATOS VEGETAIS EM RELAÇÃO A SITOPHILUS SP. E RHYZOPERTHA DOMINICA EM GRÃOS DE TRIGO ARMAZENADO	
Chawana dos Santos Lima Soares Anna Maria Deobald Sandro Borba Possebon	
DOI 10.22533/at.ed.1841920061	
CAPÍTULO 2	6
AVALIAÇÃO DA BIOSSORÇÃO EM ÁGUA PRODUZIDA A PARTIR DA FIBRA DE CANA-DE-AÇÚCAR	
Luiz Antonio Barbalho Bisneto Ana Júlia Miranda de Souza Tatiane Pinheiro da Silva Bernardino Fabiola Gomes de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.1841920062	
CAPÍTULO 3	20
AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DE SECAGEM DE <i>Malus domestica</i> EM ESTUFA	
Kátia Cristina Barbosa da Silva Maria Suenia Nunes de Moraes Camila Joyce Ferreira de Locio Luana Maria de Queiroz Silva Bruno Rafael Pereira Nunes	
DOI 10.22533/at.ed.1841920063	
CAPÍTULO 4	31
AVALIAÇÃO DA VIDA DE PRATELEIRA DE NÉCTAR DE GOIABA (<i>Psidium guajava</i> , L.) ADICIONADO DE SORO DE LEITE	
Maiara Magna Almeida da Silva Auriana de Assis Regis Ravena Kilvia Oliveira Aguiar Pahlevi Augusto de Souza Ariosvana Fernandes Lima Zulene Lima de Oliveira Elisabeth Mariano Batista	
DOI 10.22533/at.ed.1841920064	
CAPÍTULO 5	42
AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DA BIOMASSA FRESCA PRODUZIDA PELAS LEGUMINOSAS COMO ADUBOS VERDES	
Gabriel Menezes Ferreira Antonio Tassio Oliveira de Souza; Alisson Silva de Souza Daniel Sávio Fernandes Tavares Domingos Sávio Moraes Tavares Patricia Taila Trindade de Oliveira Jorge Antônio dos Reis Barros Junior	

Thaynara Luany Nunes Monteiro
Igor Thiago dos Santos Gomes
Manoel Júlio Albuquerque Filho
Jhemyson Jhonathan da Silveira Reis
João Henrique Trindade e Matos

DOI 10.22533/at.ed.1841920065

CAPÍTULO 6 52

BEBIDA FERMENTADA FUNCIONAL UTILIZANDO EXTRATO AQUOSO DE COCO

Ilsa Cunha Barbosa Vieira
Geiseanny Fernandes do Amarante Melo
Renata Kelly Gomes de Oliveira
Mirleny Barbosa da Silva
Valéria Lopes Cruz

DOI 10.22533/at.ed.1841920066

CAPÍTULO 7 62

**CARACTERIZAÇÃO DE COBERTURA VEGETAL DO MUNICÍPIO DE MOSSORÓ/
RN POR MEIO DE ÍNDICES DE VEGETAÇÃO ESTIMADOS POR SENSORIAMENTO
REMOTO**

Ana Beatriz Alves de Araújo
Isaac Alves da Silva Freitas
Antônio Aldísio Carlos Júnior
Daniela da Costa Leite Coelho
Suedêmio de Lima Silva
Paulo Cesar Moura da Silva
João Paulo Nunes da Costa
Lizandra Evelylyn Freitas Lucas
Poliana Maria da Costa Bandeira
Priscila Pascali da Costa Bandeira
Erllan Tavares Costa Leitão
Marineide Jussara Diniz

DOI 10.22533/at.ed.1841920067

CAPÍTULO 8 75

**CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA E SENSORIAL DE PÃO DE QUEIJO
ELABORADO COM FOLHAS DESIDRATADAS E ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO
(*Origanum vulgare* L.)**

Tatiane Regina Alves da Cunha
Tatiane Rodrigues Silva
Carla Luciane Kreutz Braun
Krishna Rodrigues de Rosa
José Masson

DOI 10.22533/at.ed.1841920068

CAPÍTULO 9 80

**COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA SILAGEM DE SORGO COM ADIÇÃO DE BAGAÇO DE
CAJU DESIDRATADO: MATÉRIA SECA, PROTEÍNA BRUTA, FDN E FDA**

Jesane Alves de Lucena
Vitor Lucas de Lima Melo
Raisa Raquel da Cunha Menezes
Cicília Maria Silva de Souza
Hilton Felipe Marinho Barreto

DOI 10.22533/at.ed.1841920069

CAPÍTULO 10 90

CONJUNTURA DO MERCADO DA BANANA NO BRASIL E NO ESTADO DO PARÁ

Erika da Silva Chagas
Ricardo Falesi Palha de Moraes Bittencourt
Italo Marlone Gomes Sampaio
Letícia Cunha da Hungria
Camila Gurjão da Costa
Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt

DOI 10.22533/at.ed.18419200610

CAPÍTULO 11 97

CONJUNTURA DO MERCADO DO CACAU NO ESTADO DO PARÁ: ASPECTOS NACIONAIS E REGIONAIS

Ricardo Falesi Palha de Moraes Bittencourt
Erika da Silva Chagas
Italo Marlone Gomes Sampaio
Camila Gurjão da Costa
Letícia Cunha da Hungria
Italo Claudio Falesi Palha de Moraes Bittencourt

DOI 10.22533/at.ed.18419200611

CAPÍTULO 12 104

CUSTOS DE PRODUÇÃO DE SOJA NO PLANEJAMENTO DA COMERCIALIZAÇÃO DE UMA PROPRIEDADE RURAL DO MUNICÍPIO DE OURINHOS

Edson Ruiz
Andressa Maria Soares Bezerra
Claudinei de Lima
Roger de Oliveira
Adriano Pontara

DOI 10.22533/at.ed.18419200612

CAPÍTULO 13 112

DESEMPENHO DA CANOLA EM JATAÍ - GO

Raissa Macedo Assis
Simério Carlos Silva Cruz
Flavia Andrea Nery Silva
Givanildo Zildo da Silva
Gabriela Fernandes Gama
Ingrid Maressa Hungria de Lima e Silva
Carla Gomes Machado

DOI 10.22533/at.ed.18419200613

CAPÍTULO 14 118

DIVERSIDADE DE INSETOS EM DIFERENTES AMBIENTES NO IFNMG - CAMPUS ARINOS

Thays Morato Lino
Elisabeth Gomes Uchôas
Manoel Xavier de Oliveira Júnior
Chirles Rosa Ramos
Matheus dos Santos Pereira
Luciana Rodrigues da Conceição

DOI 10.22533/at.ed.18419200614

CAPÍTULO 15	130
EFEITO DA UMIDADE E DA ACÚSTICA NA TORREFAÇÃO DE PINUS ELLIOTTII	
Myla Medeiros Fortes	
Eder Pereira Miguel	
Bruno Sant' Ana Chaves	
Ícaro Renã Alves Moureira Nery	
Ailton Teixeira do Vale	
DOI 10.22533/at.ed.18419200615	
CAPÍTULO 16	138
FENAÇÃO DE RESÍDUOS CULTURAIS DE ABACAXI (<i>Ananas comosus</i>)	
Fernando José de Sousa Borges	
Karla Agda Botelho Mota	
Danielly Pereira dos Santos	
Ana Cristina Gomes Figueiredo	
Izabel Pereira de Araújo	
João Carlos Santos de Andrade	
Poliana Mendes Avelino de Carvalho	
DOI 10.22533/at.ed.18419200616	
CAPÍTULO 17	145
FORTALECIMENTO DAS CADEIAS PRODUTIVAS DAS ESPÉCIES MAIS PROMISSORAS PARA A REGIÃO AMAZÔNICA	
Luiz Antonio de Oliveira	
Maricleide Maia Said	
DOI 10.22533/at.ed.18419200617	
CAPÍTULO 18	159
PRODUÇÃO DE LINGUIÇA DE ATUM COM SUBSTITUIÇÃO DE GORDURA POR INULINA: ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS	
Andréia Amanda Bezerra Jácome	
Lucas de Oliveira Soares Rebouças	
Patrícia de Oliveira Lima	
Jean Berg Alves da Silva	
DOI 10.22533/at.ed.18419200618	
CAPÍTULO 19	166
RELAÇÃO HIPSOMÉTRICA PARA UM PLANTIO CLONAL DE <i>Tectona grandis</i> LINN F. NO MUNICÍPIO DE CAPITÃO POÇO, PARÁ	
Mario Lima dos Santos	
Patrícia Mie Suzuki	
Richard Pinheiro Rodrigues	
Beatriz Cordeiro Costa	
Walmer Bruno Rocha Martins	
DOI 10.22533/at.ed.18419200619	
CAPÍTULO 20	172
RESISTÊNCIA BACTERIANA DOS GRAM-NEGATIVOS	
Tiago Zaquia Pereira	
DOI 10.22533/at.ed.18419200620	

CAPÍTULO 21	185
RESISTÊNCIA DE CULTIVARES DE MAMONA À <i>Fusarium oxysporum f.sp. ricini</i>	
Zilda Cristina Malheiros Lima	
Suane Coutinho Cardoso	
Leandro Santos Peixoto	
Lucas Barbosa de Oliveira	
Wesley Santana Fernandes	
Marineide Ferreira de Almeida	
DOI 10.22533/at.ed.18419200621	
CAPÍTULO 22	195
RIZÓBIOS DE LEGUMINOSAS DA CAATINGA NODULAM E PROMOVEM O CRESCIMENTO DE FEIJÃO-CAUPI	
Jéssica Moreira da Silva Souza	
Ana Jéssica Gomes Guabiraba	
José Wilisson Ferreira dos Santos	
José Vieira Silva	
Flávia Barros Prado Moura	
Jakson Leite	
DOI 10.22533/at.ed.18419200622	
CAPÍTULO 23	204
USO DE ENERGIA SOLAR NA PRODUÇÃO DE MUDAS NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA DE SANTO ANTÃO – PE	
Geoge Carlos Vieira Da Silva	
Lucas Nascimento de Melo Silva	
Charles Teruhiko Turuda	
DOI 10.22533/at.ed.18419200623	
SOBRE OS ORGANIZADORES.....	208

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA NA CINÉTICA DE SECAGEM DE *Malus domestica* EM ESTUFA

Kátia Cristina Barbosa da Silva

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Maria Suenia Nunes de Moraes

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Camila Joyce Ferreira de Locio

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Luana Maria de Queiroz Silva

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

Bruno Rafael Pereira Nunes

Universidade Federal de Campina Grande
Sumé – PB

RESUMO: O processo de secagem é uma técnica utilizada na conservação de produtos objetivando a manutenção de sua qualidade, aumentando assim sua vida útil. Dessa forma, a modelagem matemática vem sendo utilizada e despertando o interesse de inúmeros pesquisadores para os mais diversos produtos. Nesse sentido, objetivou-se analisar em diferentes temperaturas a cinética de secagem de maçã (*Malus domestica*), acondicionada em estufa durante um período de 10 horas. As temperaturas utilizadas foram de 40°C, 50°C e 60°C, da qual foram analisados parâmetros de umidade, sendo estes ajustados aos modelos

de Newton, Page, Henderson e Pabis e Logarítmico pelo coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado reduzido (χ^2). O experimento foi realizado em triplicata a fim de minimizar a margem de erro, utilizando maçãs cortadas em rodela com 0,76 cm de espessura média e diâmetro médio de 5,2 cm. Os modelos propostos se ajustaram bem aos dados experimentais, porém o modelo Logarítmico apresentou um melhor resultado por apresentar maior valor de R^2 e menor valor de χ^2 , indicando que este modelo representa satisfatoriamente o fenômeno de secagem de maçã em estufa, para as condições estudadas. A secagem de maçã feito em estufa mostrou boa reprodução dos dados experimentais, sendo possível identificar que a aplicação de maiores temperaturas, para o mesmo tempo de processamento, pode gerar maior redução no teor de umidade das amostras. Para as temperaturas de 50 e 60°C, a umidade final foi de aproximadamente 4%, valor abaixo do limite máximo exigido pela ANVISA para armazenamento de produtos vegetais secos ou desidratados.

PALAVRAS-CHAVE: Conservação de alimentos, Modelos matemáticos, Secagem.

ABSTRACT: The drying process is a technique used in the conservation of products aimed at maintaining its quality, thus increasing its useful life. Thus, the mathematical modeling has been

used and arousing the interest of countless researchers for the most diverse products. In this sense, the objective was to analyze at different temperatures the drying kinetics of Apple (*Malus domestica*), packaged in a greenhouse for a period of 10 hours. The temperatures used were 40 ° C, 50 ° C and 60 ° C, from which moisture parameters were analyzed, which were adjusted to Newton, Page, Henderson and Pabis and logarithmic models by the coefficient of determination (R^2) and reduced Chi square (χ^2). The experiment was carried out in triplicate in order to minimize the margin of error, using apples cut in slices with 0.76 cm of medium thickness and average diameter of 5.2 cm. The proposed models adjusted well to the experimental data, but the logarithmic model presented a better result for presenting higher value of R^2 and lower value of χ^2 , indicating that this model satisfactorily represents the phenomenon of drying apple in Greenhouse, for the conditions studied. The drying of Apple made in greenhouse showed good reproduction of the experimental data, being possible to identify that the application of higher temperatures, for the same processing time, can generate a greater reduction in the moisture content of the samples. For temperatures of 50 and 60 ° C, the final moisture was approximately 4%, value below the maximum limit required by ANVISA for storage of dry or dehydrated plant products.

KEYWORDS: Food conservation, Mathematical models, drying.

1 | INTRODUÇÃO

A maçã é um fruto que apresenta altos teores de carboidratos, potássio, vitamina A, B e C, podendo ser consumida *in natura* ou processada (SILVA et al. 2009). O Brasil ocupa o posto de 11º produtor de maçãs (*Malus domestica Borkh*), com uma produção anual, para safra de 2014, estimada em 1.378.617 toneladas do fruto. Sua produção concentra-se principalmente na região Sul do país, destacando os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (DE MARTIN et al. 2017).

Um dos componentes em maior abundância nas frutas é a água, tornando-as assim altamente perecíveis. De acordo com Alves et al. (2011) há uma estimativa de que 40% da produção seja inutilizada entre a colheita no campo até a chegada ao consumidor, devido a forma de armazenamento. Em todas as fases de seu processamento, os alimentos estão suscetíveis a processos deteriorantes e de contaminação, ocasionadas principalmente por microrganismos, enzimas e reações do oxigênio com o ar, modificando suas estruturas primárias (NESPOLO, 2015)

A secagem vem nos proporcionar uma mudança nesse cenário. Segundo Oliveira (2014), a secagem tem capacidade de aumentar o tempo de consumo da fruta como produto acabado, além de poder contribuir com a redução das perdas em decorrência da deterioração permitindo o transporte e armazenamento a um custo relativamente mais baixo.

Nos últimos anos, as frutas desidratadas vêm ganhando uma maior visibilidade no mercado, gerando uma vasta expansão de sua comercialização, principalmente em

lojas de produtos naturais, além da sua utilização em barras nutritivas (COSMO et al. 2017).

A qualidade desses produtos sofre influência de variáveis como tempo, temperatura, velocidade do ar e os teores de umidade do produto e do ar utilizado na secagem. Uma forma de prever o nível de umidade no produto é relacioná-la ao tempo de desidratação, criando as curvas de cinética e em seguida realizar o ajuste dos dados a modelos matemáticos, que se tornam ferramentas indispensáveis para as tomadas de decisão visando à melhoria da eficiência do processo. As informações geradas durante o ajuste também podem ser utilizadas no desenvolvimento de equipamentos e para predição de tempos de secagem. Os modelos matemáticos de Newton, Page, Henderson e Pabis e Logarítmico são largamente adotados em processos de secagem (SANTOS JR. et al. 2018).

1.1 Fundamentação Teórica

Por ser uma grande fonte de nutrientes, vitaminas e sais minerais essenciais na dieta dos seres humanos, as frutas apresentam grande importância alimentar. Segundo Negri (2016), elas fornecem além dos nutrientes, sabores acentuados, elevados teores de fibra, água e compostos antioxidantes, contribuindo de maneira benéfica para saúde da população.

De acordo com Lima (2017), a maçã (*Malus domestica*) é uma fruta originária da árvore *Pyrusmalus*, gerada na região do Cáucaso, encontra-se entre os quatro frutos mais consumidos no mundo, sua estrutura sofre transformações bioquímicas durante seu amadurecimento, além de ser uma fruta possível de ser desidratada, pois possui boa textura, alto teor de açúcares e de acidez. É uma fruta rica em fenóis, substâncias pécnicas e celulose, que juntamente com a lignina constituem a fibra (PETRI E LEITE, 2008).

Com o decorrer dos anos, para melhorar a qualidade e o rendimento dos produtos alimentares tem sido ampliado o desenvolvimento de técnicas e estudos relativos aos processos armazenamento e conservação de alimentos. A associação de operações e processos adequados durante o processamento pode garantir a manutenção de suas qualidades no produto (DIONELLO et al. 2009).

Um dos métodos amplamente aplicados é o de secagem ou desidratação, que é uma técnica na qual parte da água que compõe a fruta é removida por mecanismos de transferência de massa e de calor, simultaneamente. A redução do teor de água inibe, entre outros, a contaminação microbológica e reações de escurecimento no produto final (SANTOS Jr. et al. 2018).

Nespolo (2015) define secagem como um processo que proporciona à retirada da água, com a concentração de teor de açúcar presente e à acentuação do sabor e da cor. Podem-se ressaltar alguns benefícios da produção de frutas desidratadas, como o controle do crescimento de microrganismos indesejáveis, a facilidade de transporte, manuseio e o grande tempo de prateleira, tornando essa técnica uma alternativa para

a solução dos problemas de perda e contaminação.

Uma forma de prever o nível de umidade do produto é realizar o ajuste dos dados cinéticos a modelos matemáticos, podendo ser teóricos, semi-teóricos ou empíricos, e que se tornam ferramentas úteis para as tomadas de decisão e para a melhoria da eficiência do processo, (FERNANDES et al. 2018).

De acordo com Silveira (2017), no que diz respeito à cinética de secagem, a literatura dispõe de diversas abordagens de modelos com aplicações em diversas áreas da ciência e da engenharia. Para cada modelo, as caracterizações dos parâmetros da cinética de secagem são determinadas por meio da formulação e resolução de um problema de otimização, baseado na obtenção dos melhores parâmetros que possa diminuir o somatório dos desvios quadráticos entre o modelo proposto e os pontos experimentais.

Gomes et al. (2015), afirma que muitos autores analisam o processo de cinética de secagem e demonstram que a equação de Fick: $J = -DdC/dx$, apresenta grandes limitações, tanto pela necessidade de um grande número de termos quanto por não representar os dados experimentais em trechos das curvas, sendo sugerido a utilização do modelo de Page para os processos de secagem de frutas.

Os modelos matemáticos de Lewis, de Page, de Thompson, de Midilli Modificado, de Verma, de Resíduos Sucessivos e de Henderson e Pabis modificado são utilizados para descrever o estudo da cinética de secagem (CARDOSO, 2017 apud ALVES et al. 2011) os quais são baseados na Lei de Newton para resfriamento, aplicada à transferência de massa. No entanto, “esta lei é aplicada apenas em condições isotérmicas e a resistência à transferência de umidade ocorre apenas na superfície do produto” (PANCHARIYA; POPOVIC; SHARMA, 2002). Dos modelos empíricos utilizados por meio da simplificação das séries da Segunda Lei de Fick os modelos de Henderson e Pabis são os mais utilizados e apresentam os melhores resultados tanto para produtos vegetais quanto animais (CARDOSO, 2017 apud ALVES et al. 2011).

Dentro desse contexto e conhecendo a relevância atual da comercialização de frutas desidratadas, objetivou-se descrever a cinética do processo secagem da maçã (*Malus domestica Borkh*) em estufa para as temperaturas de 40, 50 e 60°C, além de ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais.

2 | METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Biologia Celular e Molecular do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), na cidade de Sumé-PB.

Inicialmente as amostras foram adquiridas no comércio local, higienizadas em água corrente, descascadas, cortadas em rodela de aproximadamente 0,76 cm de espessura e diâmetro médio de 5,2 cm, e divididas em duas amostras, conforme a

Figura 1.



Figura 1: amostras de maçãs higienizadas, cortadas em rodelas nas devidas proporções e adicionadas em placas de petri, em triplicata, antes do processo de secagem.

Fonte: o autor.

O estudo cinético, para as três temperaturas estudadas, foi realizado em dias diferentes. As massas das amostras foram determinadas em balança analítica (AUY220), sendo que no dia em que se aplicou 40 °C a temperatura e umidade relativa ambiente média foram 26°C e 71%, respectivamente (THE WEATHERCHANNEL, 2018). No dia em que se aplicaram as temperaturas de 50 °C e 60°C foram verificadas temperatura e umidade relativa ambiente média de 22°C e 37%, respectivamente (THE WEATHERCHANNEL, 2018).

Após a determinação das massas, as amostras foram acondicionadas em estufa (MICROPROCESSADA DE CULTURA E BACTERIO, MODELO Q316M5 SEL. AUT. 110/220), permanecendo no equipamento por um período de 10 horas.

Durante este período foram realizadas dez (10) pesagens em intervalos de dez minutos, treze (13) pesagens em intervalos de vinte minutos, uma (1) pesagem em intervalo de sessenta minutos, três (3) pesagens em intervalos de trinta minutos, uma (1) pesagem em intervalo de cinquenta minutos e por fim, uma (1) pesagem em intervalo de dez minutos.

Com base nos dados obtidos por meio da pesagem das amostras nos tempos pré-estabelecidos, foi realizada a análise do comportamento cinético, os cálculos da umidade em base úmida (X_{bu}) e em base seca (X_{bs}) e do parâmetro adimensional razão de teor de água (RX), aplicando as Equações (1), (2) e (3), conforme método descrito por Menezes et al. (2013) e Martins et al. (2016), respectivamente.

$$X_{bs} = \frac{m_i - m_e}{m_e} \quad \text{Equação (1)}$$

$$X_{bu} = \frac{m_i - m_e}{m_i} \quad \text{Equação (2)}$$

$$RX = \frac{x_{bs} - x_e}{x_{bs,0} - x_e} \quad \text{Equação (3)}$$

Em que: m_i = massa no tempo i ; m_e = massa no equilíbrio; X_e = umidade de equilíbrio; $X_{bs,0}$ = umidade inicial;

O ajuste dos dados aos modelos matemáticos (Tabela 1) de Newton, Page,

Henderson e Pabis e Logarítmico pelo coeficiente de determinação (R^2) e qui-quadrado reduzido (χ^2), foi realizado com auxílio do software Origin 2017®. O parâmetro k é o coeficiente de secagem (s^{-1}), que representa o efeito das condições externas da operação sobre as amostras. Os coeficientes, a , b e n são parâmetros adimensionais. “ a ” e “ n ” nos modelos de Henderson & Pabis e Page, refletem a extensão da resistência interna do produto as condições empregadas (CABRAL FILHA et. al. 2016).

MODELO	EQUAÇÃO	REFERÊNCIA
Newton	$RX=e^{-kt}$	O'callaghan et al. (1971)
Page	$RX=e^{-kt^n}$	Page (1949)
Henderson e Pabis	$RX=a \cdot e^{-kt}$	Henderson E Pabis (1962)
Logarítmico	$RX=a \cdot e^{-kt+b}$	Yagcioglu et al. (1999)

Tabela 1: Modelos de regressão não-linear aplicados à curva de secagem de maçã (*Malus domestica Borkh*), em estufa.

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

As amostras de maçã *in natura* apresentaram um conteúdo de umidade em base úmida em torno de $73,73 \pm 0,0073\%$. Após a aplicação do processo de secagem, devido a remoção de água, houve redução das dimensões das rodela do fruto, como pode ser visto na Figura 2, em comparação com a Figura 1. Percebe-se que tanto o diâmetro, como a espessura são menores do que nas amostras *in natura*.

Como foram coletados dados durante todo o período de aplicação de secagem, foi possível avaliar o comportamento da umidade em base seca em função do tempo, para as três temperaturas em estudo. A Figura 3 apresenta o comportamento cinético do processo de secagem da maçã em estufa a 40, 50 e 60°C.



Figura 2: Amostras de maçãs após secagem em estufa

Fonte: o autor.

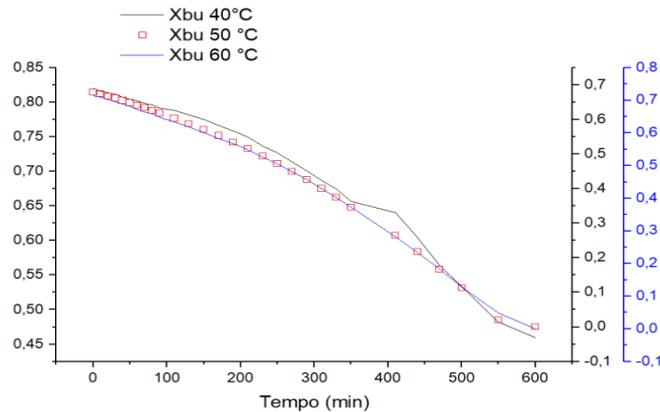


Figura 3: Comportamento da umidade (Xbu) em função do tempo (min), na secagem de maçã em estufa a 40 (a), 50 (b) e 60°C (c).

Na Figura 3 observa-se que houve a redução do teor de umidade das amostras, para todas as temperaturas, em função do tempo. A redução pode ser explicada pela remoção de água presente na maçã, sendo esta remoção causada pelas transferências de calor e de massa que ocorrem na superfície do material, por vaporização, e do interior para superfície, principalmente por difusão, devido às condições no interior da estufa. Também é possível fazer um comparativo do comportamento para as temperaturas de 40, 50 e 60°C. Nota-se que na temperatura de 40°C, obteve-se uma redução relativamente baixa em comparação as outras duas, na qual se verifica que mesmo o tempo de secagem sendo o mesmo, o teor de umidade final, encontra-se em torno de 45%. Santos Jr. et al. (2018) observaram que o período de massa constante na secagem de maçã Fuji foi alcançado em um tempo menor quando se utiliza uma temperatura maior. Amaral (2014), mostram que o uso de temperaturas altas provoca aumento na taxa de secagem da maçã, ou seja, um determinado valor de umidade pode ser alcançado em menor tempo quanto maior foi a temperatura utilizada no processo. Martins et al. (2016), analisando a influência da temperatura sobre o tempo de secagem da acerola, verificaram que a variação da temperatura de 50°C para 70°C, reduziu o tempo de secagem de 720 minutos para 540 minutos.

Ao observar as curvas relativas a 50 e 60 °C é possível constatar que o aumento da temperatura, mantendo o tempo de processamento fixo, proporciona uma maior redução da umidade, sendo alcançados, para as duas condições, valores muito próximos, em torno de 4%. A umidade de produtos vegetais secos ou desidratados para armazenagem deve ser de no máximo 12%, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005). O resultado apresentado na secagem realizada em estufa, aplicando as temperaturas de 50 e 60°C, se encontram de acordo com essa especificação.

A Figura 4 apresenta as curvas de secagem obtidas pela conversão dos dados referentes à perda de água no parâmetro adimensional razão de teor de água (RX)

ajustado aos modelos matemáticos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

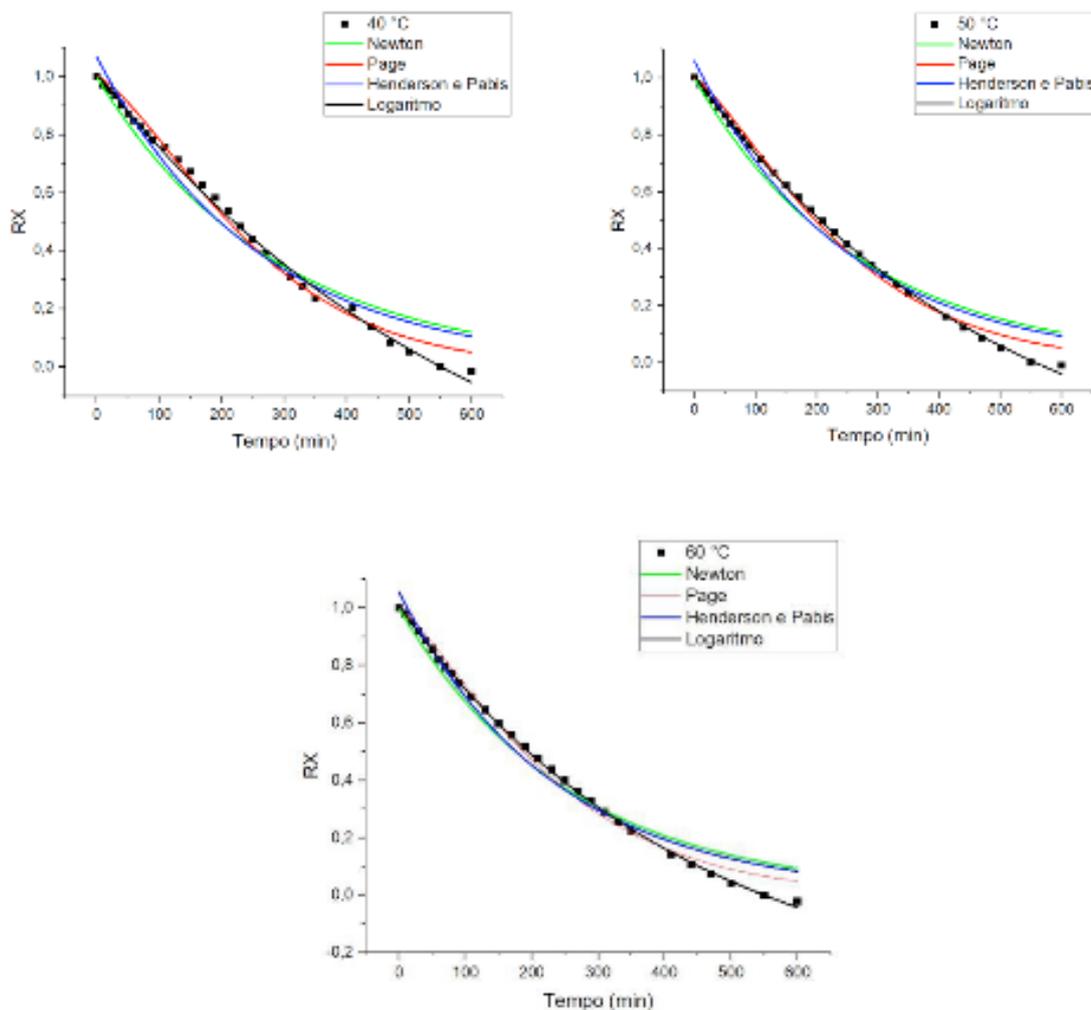


Figura 4: Comportamento da Razão de secagem (RX) de maçã em estufa, em função do tempo (min), com ajuste pelos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico para as temperaturas de 40, 50 e 60°C.

Observa-se que nas condições estudadas, os dados de razão de secagem, em função do tempo, se ajustaram bem aos modelos propostos, ou seja, apresentaram bom ajuste aos dados experimentais. Os valores dos parâmetros dos modelos de Newton, Page, Henderson & Pabis e Logarítmico, ajustados aos dados experimentais, com os correspondentes valores dos coeficientes de determinação (R^2) e qui-quadrados reduzidos (χ^2), para as três temperaturas aplicadas, estão apresentados na Tabela 2.

TEMPERATURA		40 °C				
MODELO	PARÂMETROS					
	A	K	b	n	R ²	χ ²
Newton		0,0035			0,952	0,004
Page		3,9x10 ⁻⁴		1,394	0,991	0,001
Henderson e Pabis	1,0689	0,0038			0,967	0,004
Logaritmico	-0,7115	0,0016	1,724		0,997	3,7x10 ⁻⁴
TEMPERATURA		50 °C				
MODELO	PARÂMETROS					
	A	K	b	n	R ²	χ ²
Newton		0,0037			0,971	0,003
Page		7,1x10 ⁻⁴		1,301	0,993	7,8x10 ⁻⁴
Henderson e Pabis	1,0601	0,0040			0,978	0,002
Logaritmico	-0,4724	0,0020	1,482		0,999	5,7x10 ⁻⁵
TEMPERATURA		60 °C				
MODELO	PARÂMETROS					
	A	k	b	n	R ²	χ ²
Newton		0,0039			0,974	0,003
Page		9,1x10 ⁻⁴		1,266	0,992	8,6x10 ⁻⁴
Henderson e Pabis	1,0566	0,0042			0,980	0,002
Logaritmico	-0,3883	0,0023	1,397		0,999	5,0x10 ⁻⁵

Tabela 2: Modelos de regressão não-linear aplicados à curva de secagem de maçã (*Malus domestica* Borkh), em estufa, a 40, 50 e 60°C.

Todos os modelos matemáticos se ajustaram bem aos dados experimentais, sendo que o modelo Logaritmico apresentou o melhor ajuste diante os dados obtidos, ou seja, melhor ajuste entre os quatro modelos testados por apresentar maior valor de R² e menor valor de χ², sendo assim, considerado o mais indicado para descrever a secagem de maçã em estufa, para as temperaturas apresentadas. Resultados semelhantes a esse foram encontrados por Pontes (2009), em seu trabalho, no qual foi realizada determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (*Capsicum chinense*) a diferentes temperaturas, onde foi possível observar que os modelos que mais se ajustaram foram o de Logaritmico e Page, os quais também apresentam coeficiente de determinação superior a 0,99.

Observa-se também uma tendência de aumento no valor do parâmetro “k” em resposta a elevação da temperatura para todos os modelos testados (Tabela 2). Esta constante está relacionada à difusividade térmica no processo de secagem (GUPTA et al. 2015), onde seu comportamento ganha sentido pois o aumento da temperatura fornece maior quantidade de energia na forma de calor, o que faz com que as maçãs se ajustem mais rapidamente à temperatura ao seu entorno por chegar à umidade de equilíbrio em menor tempo que no uso de temperaturas mais baixas.

4 | CONCLUSÃO

A secagem de maçã por meio de estufa mostrou boa reprodução dos dados experimentais, sendo possível concluir que a aplicação de maiores temperaturas, para o mesmo tempo de processamento, pode gerar maior redução no teor de umidade das amostras. Para as temperaturas de 50 e 60°C, a umidade final foi de aproximadamente 4%, valor abaixo do limite máximo exigido pela Agencia Nacional de Vigilância Sanitária

(ANVISA) para armazenamento de produtos vegetais secos ou desidratados. Através dos resultados obtidos, verificou-se também que todos os modelos matemáticos se ajustaram de maneira satisfatória as curvas obtidas, a partir dos dados experimentais, entretanto, o modelo Logarítmico foi o que melhor se adequou para descrever a cinética de secagem da maçã em estufa, nas condições aplicadas, por apresentar maior valor de coeficiente de determinação (99,70%) para a temperatura de 40°C e (99,99%) para as temperaturas de 50 e 60°C, e menor valor de qui-quadrado reduzido, todos menores $3,8 \times 10^{-4}$.

REFERÊNCIAS

ALVES, F. M. S.; et al., **Alimentos produzidos a partir de farinhas de caju, obtidas por secagem**. Revista Verde de Agroecologia e desenvolvimento Sustentável. Mossoró-RV, v.6, n.3, p131-138, 2011.

AMARAL, A. P. C., (2014). **Estudo Da Secagem De Maçãs: Utilização De Pré-Tratamentos**. Trabalho de Conclusão de Curso. Instituto de Ciência E Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre.

ANVISA. **Resolução da Diretoria Colegiada - RDC** nº 272 de 22/09/2005. ANVISA. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/27633>.

CABRAL, F. M. C. S.; Araújo, S. C.; Silva, G. M. S; Canuto, M. F. C. S.; Martins, G. M. V. **Thin layer drying kinetics of guava (Psidium Guajava L.) waste**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável. Pombal-PB, v. 11, n 4, p. 99-104, 2016.

CARDOSO, Ila Raquel Mello et al. **ANÁLISE DA CINÉTICA E MODELAGEM MATEMÁTICA DA SECAGEM DA POLPA DE BURITI (MAURITIA FLEXUOSA L) (ANALYSIS KINETICS AND MATHEMATICAL MODELS OF THE BURITI'S PULP DRYING)**. Engevista, v. 19, n. 5, p. 1188-1197, 2017.

COSMO, B.M.N. et al. **PRODUÇÃO DE FRUTAS DESIDRATADAS: ESTADO ATUAL, PROCEDIMENTOS E PERSPECTIVAS FUTURAS**. Fortaleza, p.1-26, 2017.

DE MARTIN, Mariuccia Schlichting et al. **BALANÇO NUTRICIONAL DE FRUTOS DE MACIEIRA AO LONGO DO DESENVOLVIMENTO**. 14ª Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa-congrega urcamp-2017, p. 836-847, 2017.

FERNANDES, A. I.; DE LÓCIO, C. J. F.; DE MORAIS, M. S. N.; NUNES, B. R. P. **ANÁLISE DA CINÉTICA DE SECAGEM DE *Mallus domestica* EM ESTUFA**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia CONTECC. Maceió – Alagoas, 2018.

GOMES, I.A.; MEDEIROS, P.G.P.; GRILLO, M.B.; **Secador Solar de Frutas: Análise de Dois Sistemas**. Campina Grande-PB, 2015. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Mecânica.

GUPTA, Shilpi; COX, Sabrina; ABU-GHANNAM, Nissreen. **Effect of different drying temperatures on the moisture and phytochemical constituents of edible brown seaweed**. LWT-Food Science and Technology, v. 44, n. 5, p. 1266-1272, 2011.

LIMA, Maria Gabriela. **Estudo de um pré-tratamento ao processo de secagem convencional por desidratação osmótica, no âmbito da valorização de maçã de baixo calibre**. 2017. Tese de Doutorado.

LUCAS, R.F. **PRODUÇÃO NACIONAL DE MAÇÃS**. Disponível em :<<http://www.revistacampoenegocios.com.br/producao-nacional-de-macas/>> Acesso em: 25 Set. 2018.

MARTINS, G.M.V.; Alves, F.M.S.; Sousa, S. de.; Canuto, M.F.S.C.; Cartaxo Neta, A. M.A. **Cinética de Secagem da Acerola (Malpighia Emarginata D.C.) pelo Método Foam** – Mat. Congresso Brasileiro de Engenharia Química. Fortaleza, CE. 2016.

NEGRI, T. C. **Valor nutricional de frutas nativas e exóticas do Brasil**. 2016. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/biosaude/article/view/27615/20445>> Acessado em 08 de outubro de 2018.

NESPOLO, C. R.; OLIVEIRA, F.A.; PINTO, F. S.T.; OLIVEIRA, F.C. 2015. **Práticas em tecnologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed.

OLIVEIRA, F. I. P. **Influência do pré-tratamento ultrassom e desidratação osmótica na secagem, cor, textura e enzimas do mamão formosa**. 2014. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/11031/1/2015_tese_fipoliveira.pdf> Acesso em 08 de outubro.

PANCHARIYA, P. C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A. L. **Thin-layer modeling of black teadry in process**. *Journal of Food Engineering*, 2002.

PETRI, J. L.; LEITE, G. B. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 30, n. 4 p. 857- 1166. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/rbf/v30n4/en_a02v30n4.pdf, acessado em Junho de 2016. Jaboticabal, Brasil, 2008.

PONTES, Sylvania Farias Oliveira et al. **Determinação das curvas de secagem em camada delgada de pimenta de cheiro (Capsicum chinense) a diferentes temperaturas**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, v. 11, n. 2, p. 143-148, 2009.

SANTOS JR, H. C. M.; Rocha, A. A.; Neto, M. A. B.; Reis, L. C. C.; Chaves, M. A. **Influence of Temperature on Fuji Apple Drying Kinetics**. IV Congresso Mineiro de Engenharia de Alimentos. 2018.

SILVA, A. S., MELO, K. S., ALVES, N. M. C., FERNANDES, T. K. S., & FARIAS, P. A. (2009). **Cinética de secagem em camada fina da banana maçã em secador de leito fixo**. *Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais*, 11 (2), 129-136.

SILVEIRA, Gustavo Saraiva; LOBATO, Fran Sérgio. **Estimação de parâmetros em Equações Constitutivas para a determinação da cinética de secagem da maçã usando Otimização Robusta e o Algoritmo de Evolução Diferencial (2017)**.

The Weather Channel. Disponível em: <<https://weather.com/pt-BR/clima/hoje//BRXX3637:1:BR>>. Acesso em 18 de setembro de 2018.

Agência Brasileira do ISBN
ISBN 978-85-7247-418-4

