



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



**DISSERTAÇÃO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO  
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM  
CONVECTIVA DE FATIAS DE KIWÍ PRÉ-TRATADAS OSMOTICAMENTE  
UTILIZANDO GEOMETRIA DE PAREDE INFINITA**

**SÂMELA LEAL BARROS**

**CAMPINA GRANDE- PARAÍBA  
JANEIRO- 2020**

MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM CONVECTIVA  
DE FATIAS DE KIWI PRÉ-TRATADAS OSMOTICAMENTE UTILIZANDO  
GEOMETRIA DE PAREDE INFINITA

SMMELA LEAL BARROS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas.

ORIENTADORES:

Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva

Prof.ª Dr.ª Josivanda Palmeira Gomes

Campina Grande - PB  
JANEIRO- 2020

B277a

Barros, Sâmela Leal.

Modelagem e simulação do processo de secagem convectiva de fatias de kiwi pré-tratadas osmoticamente utilizando geometria de parede infinita / Sâmela Leal Barros. – Campina Grande, 2020. 92 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2020.

"Orientação: Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva, Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Josivanda Palmeira Gomes".

Referências.

1. *Actinidia Deliciosa*. 2. Modelagem Matemática. 3. Kiwi-passa. I. Silva, Wilton Pereira da. II. Gomes, Josivanda Palmeira III. Título.

CDU 582.688.4(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

**SÂMELA LEAL BARROS**

**“MODELAGEM E SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE SECAGEM  
CONVECTIVA DE FATIAS DE KIVI COM GEOMETRIA DE PAREDE  
INFINITA E PRÉ-TRATADAS OSMOTICAMENTE”**

**APROVADO (A): 23 de janeiro de 2020**

**BANCA EXAMINADORA**

**Dr. Wilton Pereira da Silva**  
Orientador – UAEA/CTRN/UFCG

**Dra. Josivanda Palmeira Gomes**  
Orientadora - UAEA/CTRN/UFCG

**Dr. Jossyl Amorim Ribeiro de Souza**  
Examinador - UAF/CCT/UFCG

**Dra. Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva**  
Examinadora - UAF/CCT/UFCG

**Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**  
Examinador – UAEA/CTRN/UFCG

Dedicatória  
Aos meus pais, V<sup>o</sup>nia Maria e José Ivanildo,  
Por serem os meus maiores incentivadores.

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e a Jesus pelo seu amor infinito, expresso em cada detalhe.

Aos meus pais, V<sup>o</sup>nia Maria e Jos<sup>o</sup> Ivanildo pelos princ<sup>o</sup>pios a mim ensinados e por sempre apoiarem as minhas escolhas.

A minha fam<sup>o</sup>lia, em especial a av<sup>o</sup> Nina por todos os conselhos e amor. Ao meu irm<sup>o</sup> do cora<sup>o</sup> Ludwig Leal por toda a amizade e amor.

A todos (as) os (as) professores (as) que fazem parte do programa de p<sup>o</sup>gradua<sup>o</sup> em Engenharia Agr<sup>o</sup>cola, por toda dedica<sup>o</sup> e conhecimentos fornecidos.

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Wilton Pereira da Silva e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josivanda Palmeira Gomes por me proporcionarem n<sup>o</sup> s<sup>o</sup> crescimento profissional, como tamb<sup>o</sup> m pessoal. Sou grata pela orienta<sup>o</sup> durante a realiza<sup>o</sup> do trabalho, ensino, paci<sup>o</sup>ncia e disposi<sup>o</sup> em ajudar durante todo o mestrado.

Aos professores Dr. Alexandre Jos<sup>o</sup> de Melo Queiroz, Dr. Jossyl Amorim Ribeiro de Souza e Dr<sup>a</sup> Cleide Maria Diniz Pereira da Silva e Silva, pelas sugest<sup>o</sup>es realizadas durante a aprecia<sup>o</sup> deste trabalho.

A todos que fazem parte do Laborat<sup>o</sup>rio de Armazenamento e Processamento de Produtos Agr<sup>o</sup>colas (LAPPA), Laborat<sup>o</sup>rio de Engenharia Qu<sup>o</sup>mica (LQB) e Laborat<sup>o</sup>rio de Engenharia de Alimentos (LEA), em especial aos amigos Raphael Almeida, Tamires Santos e Renata Duarte por todas as contribui<sup>o</sup>es e parceria.

As minhas amigas Mylena Olga e Amanda Priscila, que fazem parte da minha vida desde a gradua<sup>o</sup>, obrigada por todo companheirismo, carinho e apoio. Aos amigos Newton Santos, Ana Julia e Shenia Monteiro, que compartilharam muitos conhecimentos e momentos de descontra<sup>o</sup>, fazendo com que a caminhada na p<sup>o</sup>gradua<sup>o</sup> fosse mais leve.

## SUMÉRIO

LISTA DE FIGURAS .....	iii
LISTA DE TABELAS .....	vii
RESUMO .....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	2
1.1.1. Objetivo Geral .....	2
1.1.2. Objetivos Específicos .....	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Fruticultura .....	4
2.2 O kiwi .....	4
2.2.1 Composição nutricional do kiwi .....	5
2.2.2 Armazenamento do kiwi .....	6
2.3 Fatores que afetam a estabilidade dos alimentos .....	7
2.4 Desidratação osmótica .....	8
2.5 Secagem convectiva .....	11
2.6 Cinética de secagem .....	11
2.7 Fruta-passa .....	12
2.8 Estado da arte .....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Matéria-prima .....	15
3.2 Seleção e processamento dos kiwis .....	15
3.3 Corte e descascamento .....	16
3.4 Desidratação osmótica .....	17
3.5 Secagem .....	18
3.5.1 Cinética de secagem .....	19
3.5.2 Solução numérica para a equação de difusão de parede infinita .....	20
3.5.3 Solução analítica da equação de difusão para a parede infinita .....	24
3.6 Análises químicas, físicas e físico-químicas .....	25
3.7 Análise estatística dos dados experimentais .....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	27
4.1 Caracterização química, física e físico-química da polpa de kiwi in natura .....	27
4.2 Desidratação osmótica .....	29
4.3 Cinética de secagem .....	30

4.3.2	Taxas de secagem.....	39
4.3.3	Condições de contorno para a secagem convectiva .....	40
4.3.4	Distribuição de umidade no produto .....	44
4.4	Caracterização química, física e físico-química dos kiwis-passa.....	45
5.	CONCLUSÕES .....	58
6.	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	59
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
	APNDICE A .....	76
	APNDICE B .....	82
	APNDICE C .....	85

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 -	kiwi ( <i>Actinidia deliciosa</i> ) cv. `Hayward_ .....	5
Figura 2.2-	Fluxo de água nas células através da membrana celular durante a desidratação.....	9
Figura 3.1-	Fluxograma para obtenção e caracterização da polpa de kiwi in natura e do kiwi passa.....	16
Figura 3.2-	Corte do Kiwi.....	17
Figura 3.3-	Balanço nos volumes de controle.....	21
Figura 4.1-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi in natura determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	37
Figura 4.2-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 6 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	38
Figura 4.3-	Taxas de secagem obtida através da derivada do modelo Page para a secagem utilizando as temperaturas do ar de secagem de 40, 50 e 60 °C: a) A mostra padrão b) experimento 6 da DO.....	39
Figura 4.4-	Distribuição espacial do teor de água do experimento padrão na temperatura de 40 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min...	44
Figura 4.5-	Distribuição espacial do teor de água no experimento 6 da desidratação osmótica, temperatura de secagem de 40°C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	44
Figura A.1-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 1 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	77
Figura A.2-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 2 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	77

Figura A.3-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 3 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	79
Figura A.4-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 4 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	80
Figura A.5-	Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 5 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.....	81
Figura B.1 -	Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 1 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.....	83
Figura B.2 -	Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 2 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.....	83
Figura B.3 -	Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 3 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.....	83
Figura B.4 -	Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 4 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.....	83
Figura B.5 -	Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 5 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.....	85
Figura C.1-	Distribuição espacial do teor de água do experimento padrão na temperatura de 50 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min....	87
Figura C.2-	Distribuição espacial do teor de água do experimento padrão na temperatura de 60 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min....	87

Figura C.3-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 1 da DO na temperatura de 40 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	87
Figura C.4-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 1 da DO na temperatura de 50 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	87
Figura C.5-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 1 da DO na temperatura de 60 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	88
Figura C.6-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 2 da DO na temperatura de 40 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	88
Figura C.7-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 2 da DO na temperatura de 50 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	88
Figura C.8-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 2 da DO na temperatura de 60 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	89
Figura C.9-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 3 da DO na temperatura de 40 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	89
Figura C.10-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 3 da DO na temperatura de 50 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	89
Figura C.11-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 3 da DO na temperatura de 60 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	90
Figura C.12-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 4 da DO na temperatura de 40 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	90

Figura C.13-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 4 da DO na temperatura de 50 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	90
Figura C.14-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 4 da DO na temperatura de 60 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	90
Figura C.15-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 5 da DO na temperatura de 40 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	91
Figura C.16-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 5 da DO na temperatura de 50 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	91
Figura C.17-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 5 da DO na temperatura de 60 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	91
Figura C.18-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 6 da DO na temperatura de 50 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	92
Figura C.19-	Distribui�o espacial do teor de �gua do experimento 6 da DO na temperatura de 60 �C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.....	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1-	Composi <sup>ç</sup> o do kiwi .....	6
Tabela 2.2-	Estudos realizados com rela <sup>ç</sup> o a desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica como pr <sup>o</sup> -tratamento de secagem convencional de produtos agr <sup>o</sup> colas.....	9
Tabela 3.1 -	Experimentos de desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica .....	17
Tabela 3.2 -	Modelos de secagem utilizados na cin <sup>o</sup> tica dos kiwis passa.....	19
Tabela 3.3-	Express <sup>o</sup> es da taxa de secagem obtidas pelos modelos emp <sup>o</sup> ricos.	
Tabela 4.1 -	Caracteriza <sup>ç</sup> o da polpa de kiwi in natura.....	27
Tabela 4.2-	Valores m <sup>e</sup> dios das vari <sup>o</sup> veis: perda de <sup>o</sup> gua (PA), perda de massa (PM) e ganho de s <sup>o</sup> l <sup>u</sup> veis (GS) .....	29
Tabela 4.3 -	Par <sup>o</sup> metros de ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem fatias de kiwi padr <sup>o</sup> e pr <sup>o</sup> -tratadas atrav <sup>o</sup> s de desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 <sup>o</sup> C.....	31
Tabela 4.4 -	Par <sup>o</sup> metros de ajuste do modelo de Henderson e Pabis aos dados experimentais da secagem fatias de kiwi padr <sup>o</sup> e pr <sup>o</sup> -tratadas atrav <sup>o</sup> s de desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 <sup>o</sup> C.....	32
Tabela 4.5 -	Par <sup>o</sup> metros de ajuste do modelo de Wang e Singh aos dados experimentais da secagem fatias de kiwi padr <sup>o</sup> e pr <sup>o</sup> -tratadas atrav <sup>o</sup> s de desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 <sup>o</sup> C.....	33
Tabela 4.6-	Par <sup>o</sup> metros de ajuste do modelo de Peleg aos dados experimentais da secagem fatias de kiwi padr <sup>o</sup> e pr <sup>o</sup> -tratadas atrav <sup>o</sup> s de desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 <sup>o</sup> C.....	34
Tabela 4.7 -	Par <sup>o</sup> metros de ajuste do modelo de Silva et alii, aos dados experimentais da secagem fatias de kiwi padr <sup>o</sup> e pr <sup>o</sup> -tratadas atrav <sup>o</sup> s de desidrata <sup>ç</sup> o osm <sup>o</sup> tica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 <sup>o</sup> C.....	35

Tabela 4.8-	Parâmetros obtidos através das simulações utilizando solução analítica e condição de contorno do terceiro tipo.....	41
Tabela 4.9-	Parâmetros obtidos através das simulações utilizando solução analítica e condição de contorno do primeiro tipo.....	43
Tabela 4.10 -	Médias de teor de água e atividade de água das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar .....	46
Tabela 4.11 -	Médias de pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e ratio das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.....	48
Tabela 4.12-	Médias do teor de cinzas, lipídios, proteínas e ácido ascórbico das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.....	50
Tabela 4.13 -	Médias do teor de açúcares redutores, totais, clorofilas e carotenoides das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.....	52
Tabela 4.14-	Médias dos parâmetros de cor dos kiwis-passa (L, +a* e +b*).....	54
Tabela 4.15 -	Médias dos parâmetros do perfil de textura instrumental dos kiwis-passa.....	56

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a influência das variáveis do processo de desidratação osmótica, utilizando diferentes temperaturas (40, 50 e 60 °C) e diferentes concentrações de sacarose nas soluções (40, 50 e 60 °Brix) e secagem convectiva das fatias de kiwi cv. Hayward (40, 50 e 60 °C) nas características químicas, físicas e físico-químicas do produto final, além de avaliar a adequação de modelos matemáticos empíricos e difusivos para a descrição do processo de secagem utilizando geometria de parede infinita e condições de contorno de primeiro e terceiro tipos. Os modelos matemáticos de Lewis, Wang e Singh, Henderson e Pabis, Page, Peleg e Silva et alii, foram ajustados aos dados experimentais obtidos utilizando o software de ajuste de curvas LAB Fit. Para a solução analítica da equação de difusão, foram utilizados os softwares `Prescribed Adsorption-Desorption 2.2\_ e `Convective Adsorption-Desorption 2.5 que utilizam as condições de contorno do primeiro e terceiro tipo, possibilitando a determinação do número de Biot, difusividade efetiva e coeficiente de transferência convectiva de massa. As fatias de kiwi desidratadas foram avaliadas com relação aos parâmetros de teor de água, atividade de água, carboidratos, lipídeos, sólidos solúveis totais, pH, acidez, ácido ascórbico, açúcares redutores e totais, ratio, carotenoides, clorofila e cor. Realizou-se análise instrumental de textura das amostras com relação aos parâmetros de firmeza, mastigabilidade e coesividade. O aumento da temperatura e concentração de sacarose no processo de desidratação osmótica proporcionaram maior perda de água e ganho de sólidos, porém durante a secagem verificou-se que a sacarose provocou maior resistência a transferência de massa no produto. O modelo de Page apresentou maior confiabilidade na descrição do processo de secagem das fatias de kiwi desidratadas, contudo o modelo de Silva et alii também apresentou bons ajustes aos dados experimentais. Os modelos difusivos são adequados para a descrição do processo de fatias de kiwi osmodesidratadas, a condição de contorno de terceiro tipo é mais eficiente quando comparada com a condição de contorno de primeiro tipo. O aumento da temperatura no processo de secagem proporcionou o aumento da difusividade efetiva do kiwi e as maiores taxas de secagem, com relação aos parâmetros físico-químicos foram observadas reduções no teor de água, atividade de água, pH, ratio, proteínas, ácido ascórbico, clorofila e carotenoides, luminosidade,  $a^*$  e  $b^*$  e o aumento no teor de cinzas, lipídeos, sólidos solúveis totais, açúcares redutores e totais. Os parâmetros de firmeza, coesividade e mastigabilidade foram diretamente proporcionais a temperatura de secagem e a concentração de sacarose do agente osmótico.

Palavras-chave: Actinidia deliciosa, modelagem matemática, kiwi-passa.

## ABSTRACT

The present work aimed to evaluate the influence of osmotic dehydration process variables, using different temperatures (40, 50 and 60 °C) and different types of sucrose in solutions (40, 50 and 60 °Brix) and convective drying of kiwi slices cv. Hayward (40, 50 and 60 °C) in the chemical, physical and chemical characteristics of the final product. In addition to evaluating the suitability of empirical and diffusive mathematical models to obtain a description of the process of applying wall geometry, the use of infinity and boundary conditions of first and third types. The mathematical models of Lewis, Wang and Singh, Henderson and Pabis, Page, Peleg and Silva, and others were fitted to the experimental data used by the LAB Fit adjustment software. For an analytical solution of the diffusion equation, the software "Adsorption-desorption prescription 2.2" and "Adsorption-desorption convection 2.5" were used, making it possible to determine the number of Biot, effective diffusivity and convective mass transfer coefficient. How dehydrated kiwi slices were evaluated in relation to the theoretical parameters of production, water activity, carbohydrates, lipids, maximum amounts of water, pH, acidity, ascorbic acid, reducing and total sugars, proportion, carotenoids, chlorophyll and color. An instrumental analysis of the texture of the colors was carried out in relation to the parameters of firmness, chewability and cohesiveness. The increase in temperature and the concentration of sucrose in the osmotic dehydration process provide greater water loss and strength gain, however during drying, if sucrose causes greater resistance to mass transfer in the product. The page model has greater specifications in the description of the drying process for dehydrated kiwi slices, including the Silva model and also shows good adjustments in the experimental data. The diffusive models are capable of describing the hydrated osmodia slicing process, a contour condition of the third type more efficient when compared to the contour condition of the first type. The increase in temperature in the drying process provides an increase in the effective diffusivity of the kiwi and the higher drying rates, with respect to physical-chemical methods, reductions in water content, water activity, pH, ratio, proteins, acid were observed ascorbic, chlorophyll and carotenoids, luminosity,  $a^*$  and  $b^*$  and the increase in the content of ash, lipids, complete soluble solids, reducing and total sugars. The firmness, cohesiveness and chewability parameters were provided directly at the drying temperature and the sucrose concentration of the osmotic agent.

Keywords: Actinidia deliciosa, Mathematical modeling, Dried kiwi.

## 1. INTRODUÇÃO

O kiwi (*Actinidia deliciosa*) é uma fruta que possui grande importância econômica, principalmente na China, Itália e Nova Zelândia, que são seus principais produtores. Apresenta em sua composição alto teor de vitamina C, compostos fenólicos, fibras insolúveis, carotenóides, flavonóides e minerais. Apesar das inúmeras qualidades descritas anteriormente, o kiwi possui grande perecibilidade, devido a sua sensibilidade a danos mecânicos e elevado teor de água, fatores que favorecem o desenvolvimento de microrganismos e a ocorrência de reações bioquímicas que provocam sua rápida deterioração e consequentemente perdas durante o armazenamento (BARROS et al., 2019a).

A industrialização de frutas é uma alternativa utilizada com o objetivo de diversificar as possibilidades de comercialização e aumentar a vida de prateleira destes produtos, reduzindo assim as perdas nas etapas de pós-colheita. As técnicas de conservação como a desidratação osmótica, secagem e congelamento possibilitam que esses produtos mantenham suas características nutricionais, sensoriais, químicas, físicas e microbiológicas por um maior período de tempo (REIS et al., 2017).

A secagem convectiva é um método de conservação frequentemente utilizado em produtos biológicos, envolvendo simultaneamente processos de transferência de calor e massa, proporcionando a redução do teor de água e de atividade de água do produto, principais parâmetros responsáveis pelas deteriorações provocadas pela ação de microrganismos deteriorantes e ocorrência de reações, sejam elas enzimáticas ou oxidativas (SOUZA et al., 2019).

Além de viabilizar o aumento da vida útil dos produtos e redução das perdas relacionadas as etapas da pós-colheita, o processo de secagem possibilita o desenvolvimento de um produto com maior valor agregado e redução de peso e volume, implicando assim na diminuição de custos referentes ao transporte e armazenamento (ALVES e NICOLETI, 2016).

A desidratação osmótica é um processo de conservação comumente utilizado para aumentar a vida de prateleira das frutas e melhorar características organolépticas do produto como sabor, cor e textura. Consiste na imersão do produto em uma solução hipertônica, que gera fluxos de água e solutos, como consequência ocorre a redução da atividade de água do produto. Do ponto de vista termodinâmico, o gradiente dos potenciais químicos entre a amostra e a solução de imersão promove o fluxo de água do fruto para a solução osmótica, simultaneamente a incorporação de solutos da solução osmótica para a fruta (TRAFFANO-SCHIFFO et al., 2017).

Com rela o a este contexto, observa-se a necessidade do estudo das tecnologias aplicadas no desenvolvimento de novos produtos a partir do kiwi, abordando a transferência de calor e massa nos processos de desidrata o osmótica e cinética de secagem convectiva visando a avalia o do efeito das variáveis de processo sobre os parâmetros químicos, físicos, físico-químicos do produto final.

## 1.1. OBJETIVOS

### 1.1.1. Objetivo Geral

Realizar a desidrata o osmótica seguida de secagem convectiva complementar para elabora o de passas de kiwi quanto aos aspectos químicos, físico-químicos, de textura em fun o das variáveis do processo: temperatura e concentra o de sacarose.

### 1.1.2. Objetivos específicos

-   Realizar a desidrata o osmótica de fatias circulares do kiwi com espessura de 0,8 cm, nas temperaturas de 40, 50 e 60  C e utilizando solu es de sacarose nas concentra es de 40, 50 e 60  Brix;
-   Determinar a cinética de secagem convectiva dos kiwis osmoticamente desidratados, nas temperaturas de 40, 50 e 60  C;
-   Verificar, entre os modelos matemáticos de Page, Silva et alii, Newton, Henderson e Pabis e Wang e Sing; qual que melhor se ajusta aos dados experimentais obtidos na desidrata o osmótica e na secagem posterior;
-   Determinar a difusividade efetiva, número de Biot, coeficiente convectivo de massa e distribui o espacial de umidade durante o processo;
-   Avaliar as seguintes características físico-químicas dos kiwis `in natura\_ e após a secagem: umidade, atividade de água, acidez, cor, a scares redutores, a scares totais, pH, sólidos solúveis totais ( Brix), vitamina C, lipídeos, proteínas, carboidratos e cinzas;

é Realizar testes de avaliação instrumental de textura com relação aos parâmetros firmeza, coesividade e mastigabilidade.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Fruticultura

O crescimento da produção de frutas nos últimos anos proporcionou o aumento na disponibilidade de produtos para a comercialização. Devido a competitividade existente no mercado e a busca por uma alimentação mais saudável, o consumidor tem se tornado mais exigente com relação a composição nutricional dos produtos, crescendo o interesse por elementos biologicamente ativos, que proporcionam benefícios adicionais – saúde como os carotenoides, antocianinas, vitaminas e minerais, encontrados em abundância nas frutas (GONÇALVES et al., 2017).

O Brasil é o terceiro maior centro de cultivo de frutas do mundo, dentre os estados brasileiros, o Rio Grande do Sul é o principal produtor nacional de uvas, kiwis, figos, peras e nectarinas. Além de proporcionar o desenvolvimento econômico do país através da geração de emprego e renda, a fruticultura contribui para a dieta e saúde das populações urbanas e rurais, bem como sustentabilidade ambiental (EMATER, 2018).

### 2.2 O kiwi

O kiwi (*Actinidia deliciosa*) originou-se na Ásia e tornou-se popular em todo o mundo devido às suas propriedades sensoriais e nutricionais, como um alto nível de fibras, minerais e compostos bioativos com atividade antioxidante. Esses fitoquímicos diminuem a velocidade das reações de oxidação lipídica, responsáveis pela deterioração dos alimentos e agem na captura de radicais livres (SOQUETTA et al., 2016).

O gênero *Actinidia* possui mais de 76 espécies identificadas. Porém, apenas três dessas espécies são conhecidas mundialmente e produzidas em escala comercial, que são a *Actinidia deliciosa* (kiwi verde), *Actinidia chinensis* (kiwi amarelo) e *Actinidia arguta* (kiwi bebê) (KAYAA et al., 2016; PINTO e VILELA, 2018). No Brasil, o kiwi foi introduzido em 1971, através de sementes oriundas da França, introduzidas pelo Instituto Agronômico de Campinas e, posteriormente, por sementes e estacas enraizadas provenientes da Nova Zelândia. No Rio Grande do Sul, as primeiras experiências com a cultura foram realizadas em Farroupilha, no início da década de 80. Atualmente, são produzidas em média no Brasil cinco mil toneladas por ano (SAQUET e BRACKMANN, 1995; OLIVEIRA e GOMEZ, 2014).

O kiwi é consumido em todas as regiões brasileiras, contudo o Rio Grande do Sul caracteriza-se por ser o principal produtor de kiwis no Brasil, sendo responsável por cerca de

50% da produção nacional, devido as suas condições climáticas favoráveis para o cultivo do fruto. Apesar do crescimento produtivo no país, o volume de kiwi produzido ainda é insuficiente para atender as demandas internas sendo necessário importar grandes quantidades do fruto (PEGORARO et al., 2016).

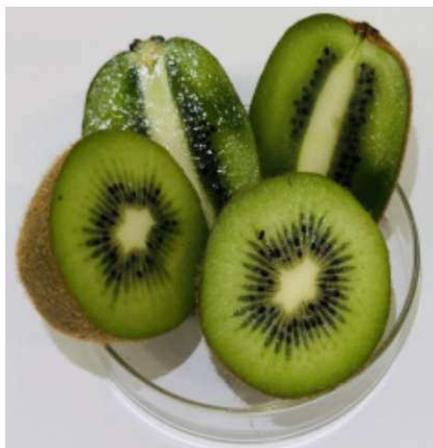


Figura 2.1 - kiwi (*Actinidia deliciosa*) cv. `Hayward`

Fonte: Dias et al. (2019)

### 2.2.1 Composição nutricional do kiwi

O kiwi é considerado como fonte de vitamina C, além de apresentar em sua composição outros componentes importantes para a manutenção do bom funcionamento do corpo como fibras, minerais, antioxidantes e outras substâncias bioativas que apresentam efeitos benéficos. É constituído por três tipos de tecidos: pericarpo externo, pericarpo interno e núcleo, que apresentam diferenças estruturais e de composição (TRAFFANO-SCHIFFO et al., 2017).

Segundo dados da Tabela brasileira de composição de alimentos- TACO (2011), o kiwi possui uma quantidade de vitamina C superior ao observado em frutas como laranja, limão e abacaxi. Pode-se observar também através da Tabela 2.1 que o fruto apresenta elevado teor de água, fator que está associado a degradação, fazendo com que ocorram rápidas reações bioquímicas e microbiológicas.

Tabela 2.4- Composição do kiwi

Parâmetros	Quantidade
Umidade (g/100g)	85,9
Energia (kcal)	0,1
Proteínas (g/100g)	1,3
Lípidos (g/100g)	0,6
Carboidratos (g/100g)	11,5
Fibra alimentar	2,7
Magnésio (mg/100g)	12,4
Cinzas (g/100g)	0,7
Cálcio (mg/100g)	24
Cobre (mg/100g)	0,15
Zinco (mg/100g)	0,1
Piridoxina (mg/100g)	0,06
Vitamina C (mg/100g)	70,8

Fonte: TACO (2011)

Os frutos do gênero *Actinidia* despertam muito interesse do consumidor, devido principalmente aos seus benefícios à saúde humana. Essa fruta é normalmente consumida in natura, mas a indústria de alimentos vem tentando inovar as suas formas de comercialização para proporcionar o consumo do fruto em todas as épocas do ano, além de reduzir as perdas relacionadas ao excesso produtivo, possibilitando também maior agregação de valor ao produto final. Sendo assim, atualmente existe uma gama de produtos processados que são elaborados utilizando o kiwi como matéria prima, como sucos, polpas, iogurtes, doces, bebidas alcoólicas e sorvetes (DIAS et al., 2019).

### 2.2.2 Armazenamento do kiwi

O kiwi é caracterizado por ser um fruto climatérico, em que o amadurecimento ocorre mesmo que esteja separado da sua planta mãe. Apresenta diferentes taxas respiratórias e picos de produção de etileno associada ao processo de amadurecimento, o armazenamento do fruto em temperaturas inferiores a 10°C reduz consideravelmente as taxas respiratórias, podendo conduzir a maior vida útil do mesmo. Nestas condições, o kiwi pode ser armazenado por um período de tempo de até quatro meses, contudo ainda se observa alterações físicas e nutricionais

do produto como a redução da firmeza e aumento dos sólidos solúveis totais (PEGORARO et al., 2016).

Segundo Nanda et al. (2016), as possíveis razões que geram as perdas de frutas durante a pós-colheita, são a superprodução, danos físicos e mecânicos durante a colheita e transporte, a ação de microrganismos, insetos ou pragas, compra excessiva e consumo tardio.

Estima-se que durante a produção de kiwi, perde-se em média 25% de cada colheita, que pode ser causada por danos por impacto, abrasão, cortes e compressão ao longo das etapas de colheita, armazenagem e transporte, além de incidentes por falhas nos sistemas de refrigeração. Os resíduos gerados possuem um elevado teor de água e concentrações elevadas de matéria orgânica facilmente biodegradável (COELHO, 2015; FONOLL et al., 2015).

Além do custo gerado pelo desperdício das frutas, há consequentemente geração de resíduos, que se não receberem uma gestão adequada, resultam em odores, pragas e geração de efluentes que podem contaminar os solos. Este torna-se, portanto, não só um problema econômico, mas também uma ameaça à saúde da população e ao ambiente de um modo geral (SANJAYA et al., 2016).

O processamento de kiwi pode proporcionar a redução de perdas durante o armazenamento, possibilitar o consumo desta fruta durante todas as épocas do ano, como também aumentar a versatilidade de produtos disponíveis fornecidos pela indústria de alimentos e maior agregação de valor.

### 2.3 Fatores que afetam a estabilidade dos alimentos

Os fatores que influenciam a multiplicação dos microrganismos são classificados em: parâmetros intrínsecos e extrínsecos. Parâmetros intrínsecos são aqueles relacionados às características do alimento, como pH, atividade de água, potencial de oxirredução, conteúdo de nutrientes, constituintes antimicrobianos, estruturas biológicas e microbiota competitiva do alimento, enquanto os parâmetros extrínsecos são relativos ao ambiente que o cerca, como temperatura, composição dos gases, umidade relativa do ar e irradiação (GAVA et al., 2008).

A água é o fator individual que mais possui influência na alteração dos alimentos. Por outro lado, está demonstrado que alimentos com o mesmo conteúdo em água alteram-se de maneira distinta, do que se deduz que a quantidade de água por si só não é um índice fiel da deterioração dos alimentos. Como consequência desse fato, surgiu o conceito de atividade de água, que é definida como sendo a relação existente entre a pressão de vapor de um alimento, com relação à pressão de vapor da água pura e é diretamente relacionado com o crescimento e

a atividade metabólica dos microrganismos e com as reações hidrolíticas. A maioria dos alimentos frescos, como carne, pescado, leite e outras bebidas, frutas e hortaliças possuem atividade de água superior a 0,98 e por este motivo, são susceptíveis ao rápido desenvolvimento de microrganismos como Salmonella, Shigella, Escherichia, C.botulinum e C.perfringes (ORDÓÑEZ, 2005; GAVA et al., 2008).

Os métodos de conservação dos alimentos possuem como objetivo principal proporcionar o aumento da vida útil dos produtos através da redução das alterações microbianas, enzimáticas, químicas e físicas. Dentre os métodos existentes, apenas o congelamento e a secagem proporcionam a redução da atividade de água ( $a_w$ ) a valores inferiores a 0,6, detendo totalmente o crescimento microbiano (ORDÓÑEZ, 2005).

#### 2.4 Desidratação osmótica

Os métodos convencionais de desidratação têm sido amplamente utilizados por possibilitarem o aumento da vida útil de produtos alimentícios. Contudo, geralmente eles provocam a redução da qualidade nutricional, sensorial e funcional destes produtos. Em contrapartida, a desidratação osmótica, que remove parcialmente a umidade, minimiza substancialmente este efeito negativo e, portanto, pode ser considerada como uma alternativa viável no processamento de alimentos (YADAV e SING, 2012; CHANDRA e KUMARI, 2015).

A desidratação osmótica é um pré-tratamento amplamente utilizado em frutas e vegetais, e tem como objetivo minimizar ou prevenir as perdas das características referentes à sua qualidade, através da redução no teor de água e adição de solutos. Promove assim, a inativação de enzimas que favorecem o escurecimento e retarda o desenvolvimento de microrganismos, assegurando ao produto maior estabilidade durante o armazenamento. Além dos fatores relacionados à preservação, a desidratação osmótica proporciona ao produto características sensoriais mais agradáveis para o consumo, como melhoria no sabor e textura (PESSOA et al., 2017).

A desidratação osmótica tem sido objeto de estudo de diversos autores e em uma grande variedade de matérias-primas, que utilizaram esta técnica, como pré-tratamento para a secagem convectiva, como descrito na Tabela 2.2.

Tabela 5.2- Estudos realizados com relação a desidratação osmótica como parte do tratamento de secagem convencional de produtos agrícolas.

Fruto	Referências
Abacaxi	Correa et al. (2017)
Banana	Silva et al. (2019a)
Berinjela	Gurjão (2015)
Cagaita	Silva et al. (2015a)
Champignon	Mimura et al. (2014)
Coco	Silva et al. (2013)
Mamão	Aires (2016)
Goiaba	Castro et al. (2018)
Melão	Silva et al. (2016a)
Pêssego	Ribeiro et al. (2016)
Pimentão verde	Alves e Nicoletti (2016)
Tomates	Derossi et al. (2015)

Podemos afirmar também que a desidratação osmótica é uma técnica de remoção de água aplicada em frutas e legumes, consistindo na imersão do alimento em uma solução hipertônica de sais ou açúcares. A diferença no potencial químico da água entre a fase líquida interna e a solução externa promove a liberação de água dos alimentos para o meio osmótico com uma impregnação simultânea do produto com o soluto, provocando o aumento no teor de sólidos solúveis (TYLWICZ et al., 2011; CHANDRA e KUMARI, 2015).

A força motriz que conduz a desidratação osmótica é o gradiente do potencial químico da água entre o alimento e o meio osmótico. Se comparada com outros métodos convencionais, esta é uma operação unitária simples, que não requer ajuda mecânica de equipamentos sofisticados e proporciona diminuição do custo de energia, pois pode ser executada à temperatura ambiente. Garante a diminuição na atividade de água, retenção da cor, textura e nutrientes com perda limitada de compostos voláteis e menos alterações oxidativas (HASANUZZAMAN et al., 2014).

Através da desidratação por osmose, é também possível introduzir-se uma quantidade desejada de um princípio ativo de interesse nutricional, agente conservante ou qualquer outro soluto que possua capacidade de conferir, ao produto, uma qualidade sensorial melhor. O uso de soluções muito concentradas permite reduzir de 40 a 70 % de água do produto inicial, com

incorpora 2o m3nima de solutos de 5 a 25 % em tempo relativamente curto, a maior parte da transfer, ncia de massa ocorre nas primeiras duas horas. A composi 2o final do produto 3 influenciada, ainda, pela sa3da de alguns solutos que estavam presentes na pr3pria mat3ria prima inicialmente, como a 3scares, 3cidos org3nicos, sais minerais e vitaminas (ORDO 3 EZ, 2005; ALMEIDA, 2013).

A taxa de perda da 3gua e de incorpora 2o de solutos depende de vari3veis relacionadas a mat3ria-prima, como: esp3cie, variedade, grau de matura 2o, tamanho e formato. E das vari3veis inerentes ao processo, como: concentra 2o, composi 2o, temperatura da solu 2o osm3tica, tempo de contato, n3vel de agita 2o da solu 2o e raz3o volum3trica entre a solu 2o osm3tica e o produto (ALMEIDA, 2013; AHMED et al., 2016).

A Figura 2.2 ilustra o esquema dos fluxos de transfer, ncia de massa durante o processo de desidrata 2o osm3tica, na qual o produto perde 3gua e subst3ncias sol3veis e incorpora parte da subst3ncia osm3tica atrav3s da membrana celular.

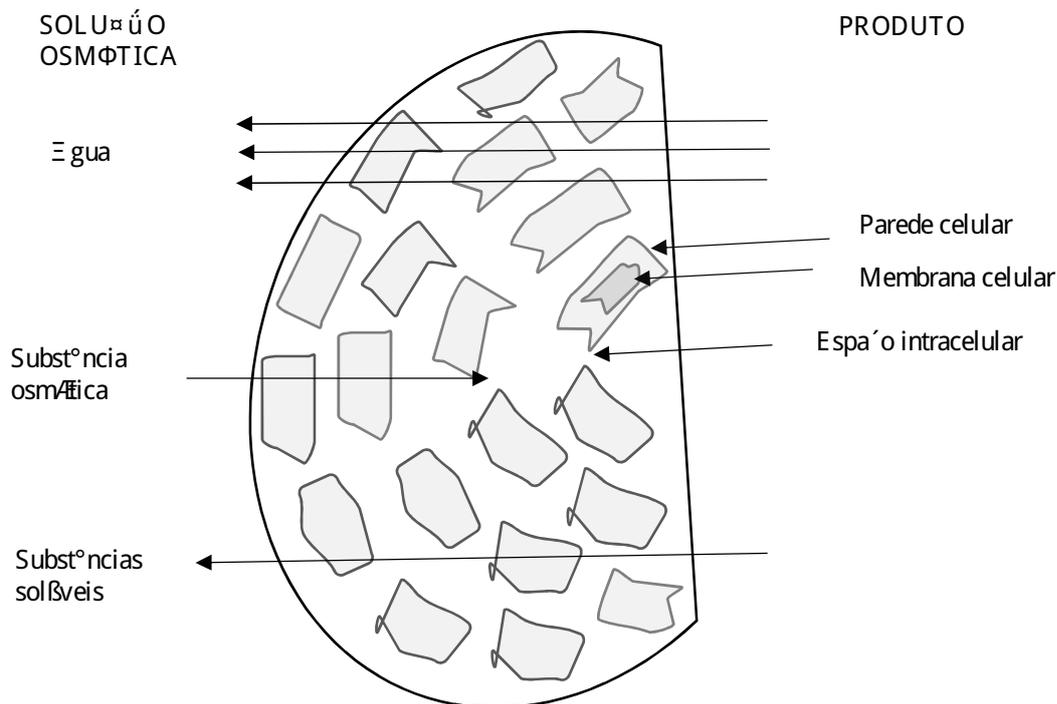


Figura 2.2- Fluxo de 3gua nas c3lulas atrav3s da membrana celular durante a desidrata 2o.

Fonte: MERCALI (2009)

Os crit3rios utilizados na escolha do agente osm3tico s3o: efic3cia, aus3ncia de toxicidade, baixo custo, sabor agrad3vel e alta capacidade de dissolu 2o, para que seja poss3vel a forma 2o de uma solu 2o com alto teor de sais sol3veis. Os tipos de soluto mais usados

s<sup>2</sup>o: sal, açúcar refinado, açúcar mascavo, mel, sacarose, glicose, frutose, sorbitol, glicerol, xarope de glicose, xarope de milho, fruto-oligossacarídeos e etanol, podendo-se também fazer combinações de dois ou mais solutos (AHMED et al., 2016; BROCHIER et al., 2015).

## 2.5 Secagem convectiva

A secagem por convecção com ar quente é um dos métodos mais utilizados pela agroindústria, apresentando diversos benefícios entre os quais se destacam o baixo custo operacional, a capacidade de reduzir o teor de água, prolongar a vida útil e reduzir a massa dos produtos biológicos, garantindo sua qualidade e facilitando o armazenamento e transporte. É, portanto, uma alternativa que viabiliza a comercialização a longo prazo e também pode melhorar algumas das características do kiwi. O calor necessário para proporcionar a evaporação da água dos alimentos, pode ser fornecido por condução, convecção e/ou radiação (GAVA et al., 2008; MOREIRA et al., 2018a).

O processo de secagem convencional é realizado em estufas ou secadores, nos quais a transferência de calor ocorre por meio da convecção, através da troca de calor entre um fluido e um sólido. Assim, o ar aquecido por uma fonte de energia, transfere calor para a superfície sólida do produto a ser seco. O gradiente de temperatura entre esta superfície aquecida e o centro do material provoca a troca de calor entre estas duas regiões por condução térmica (DIAS, 2013).

Apesar das diversas vantagens existentes no processo de secagem convectiva, o contato do produto com o ar aquecido por um longo período de tempo provoca alterações na estrutura celular e nas propriedades físicas e químicas do alimento, acarretando geralmente a perda de compostos termossensíveis, como vitaminas e compostos bioativos, além de provocar mudanças na qualidade do produto final. Novas tecnologias associadas à conservação dos alimentos foram desenvolvidas nos últimos anos, podendo-se destacar pré-tratamentos, técnicas e equipamentos garantindo a qualidade e minimizando os danos gerados durante o processamento (CORRINA et al., 2016; FONTELES et al., 2016).

## 2.6 Cinética de secagem

Apesar das inúmeras vantagens relacionadas à secagem de alimentos, o processo provoca diversas mudanças no produto que são observadas principalmente com relação à textura, sabor, aroma, cor e qualidade nutricional, pois algumas substâncias são degradadas

quando submetidas a altas temperaturas. Por isso, torna-se imprescindível a realização de estudos sobre processos e sistemas de secagem, para verificar quais são as condições que proporcionam o desenvolvimento de um produto com maior qualidade (SANTOS et al., 2019a).

Considerando a diversidade de estruturas biológicas e a diferença existente com relação ao comportamento do material durante o processamento, modelos matemáticos empíricos e semi-empíricos são ajustados aos dados experimentais obtidos para a observação da taxa de perda de umidade do produto ao longo do tempo até a obtenção do teor de umidade de equilíbrio, parâmetros que são indispensáveis para o dimensionamento de equipamentos e otimização do processo, possibilitando a diminuição do tempo de secagem e consequentemente a redução de custos e maior preservação nutricional do produto (BARROS et al., 2019c; SANTOS et al., 2019b).

Do ponto de vista da engenharia, é importante desenvolver um melhor entendimento sobre os parâmetros do controle do processo de secagem. Vários modelos matemáticos são usados para modelar o processo de secagem em produtos alimentícios, com a utilização do modelo de difusão, baseado na lei de Fick, que expressa o fluxo de massa por unidade de área e é proporcional ao gradiente de concentração de água. Através da cinética de secagem pode-se projetar novos sistemas de secagem ou melhorar o controle dos processos existentes. Muitos modelos matemáticos descrevem o processo de secagem, dos quais modelos de secagem em camada fina têm sido amplamente utilizados. Esses modelos podem ser categorizados como teóricos, semi-empíricos e empíricos (ALMEIDA, 2013; DOYMAZ, 2017).

A modelagem matemática aplicada ao processo de secagem possibilita a determinação das condições ideais para o processo (temperatura, tipo de secagem e tempo). Além da capacidade de descrição do processo de secagem, os modelos matemáticos possibilitam o desenvolvimento de equipamentos e cálculo dos custos operacionais (SOUSA et al., 2017). A maioria dos modelos utilizados para o estudo da cinética de secagem é baseada na segunda Lei de Fick e nas soluções analíticas da equação de difusão, demonstrada por Crank (1975).

## 2.7 Fruta-passa

A fruta passa é o produto obtido a partir da diminuição do teor de água da fruta madura, inteira ou em pedaços, por processos tecnológicos adequados (ANVISA, 1978). De acordo com Viana et al., (2017) a fruta passa é um alimento nutritivo, conveniente e de alto valor agregado, pois requer baixo investimento inicial para sua produção quando comparado com outros métodos de conservação de frutas. A tecnologia utilizada para a produção da fruta-passa

promove a concentração dos nutrientes, além de preservar a qualidade sensorial, pois durante o processo podem ser utilizadas baixas temperaturas.

## 2.8 Estado da arte

Aires et al. (2019), realizaram a desidratação osmótica e secagem convectiva de maçã cortada em forma de paralelepípedo aplicando modelos difusivos, considerando o encolhimento e difusividade. A solução numérica da equação de difusão tridimensional em coordenadas cartesianas foi obtida através do método dos volumes finitos, com uma fórmula totalmente implícita e condição de contorno de primeiro e terceiro tipo. A temperatura aplicada no processo e a concentração da solução osmótica, influenciaram diretamente os processos de desidratação osmótica e secagem convectiva.

Yildiz et al. (2016) a partir do método de diferenças finitas aplicado a um modelo difusivo, considerando constante a difusividade de massa e desprezando o encolhimento, implementaram a desidratação osmótica de fatias de maçã da variedade Golden delicious, submetidas a pré-tratamento elétrico com nove condições diferentes, variando as tensões elétricas e intervalos de tempo. O agente osmótico utilizado foi elaborado a partir de sacarose e água destilada, a solução osmótica possuía teor de sólidos solúveis de 50 °Brix e temperatura de 40 °C. O processo foi finalizado quando o teor de matéria seca das amostras representou 40% do total da massa.

Coimbra et al. (2017) avaliaram a cinética de desidratação osmótica de sapoti em solução de sacarose e aplicaram um modelo simplificado com base na segunda lei de Fick, avaliando os coeficientes de difusão efetivos para obtenção das informações detalhadas sobre a perda de água e ganho de sólidos durante o processo.

Gurjão (2015) realizou a desidratação osmoconvectiva de berinjela (*Solanum melongena* L.), avaliando o produto osmodesidratado e seco com relação aos parâmetros físico-químicos, físicos e químicos. Constatou-se que a condição de processo que melhor se adequou ao produto, continha as seguintes características: temperatura de desidratação osmótica de 30 °C; 3% da concentração de NaCl e tempo de imersão na solução osmótica de 120 min. A secagem convectiva foi realizada em secador de bandejas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, com velocidade do ar de 1,2 m/s. Os modelos de Midilli e Cavalcanti Mata foram os que melhor se ajustaram à cinética de secagem das fatias de berinjela osmodesidratadas. Com relação a análise sensorial, a amostra de conserva de berinjela osmodesidratada com azeite, pimenta

calabresa, salsa e alecrim, obteve maior aceitação em relação a aparência, aroma, cor, sabor e textura do que as demais amostras de conservas.

Almeida (2013), estudou a cinética dos processos de desidratação osmótica e secagem, e elaboração de passas de banana Pacovan e avaliou o produto processado quanto aos aspectos químicos, físico-químicos e de textura, em função das variáveis do processo, temperatura (50, 60 e 70°C) e concentração de sacarose (40, 55 e 70°Brix). A secagem posterior, foi realizada utilizando três temperaturas (40, 50 e 60°C) em desidratador de frutas de bandejas, sem circulação de ar. Observou-se que a concentração de sacarose da solução osmótica, as temperaturas de processo, bem como a interação entre esses dois fatores, exerceram influência sobre a perda de água e na incorporação de sólidos, no processo de desidratação. O maior coeficiente de difusão foi obtido em temperatura de 70°C em solução de 70°Brix e secagem complementar na temperatura de 60°C.

Ribeiro et al. (2016), realizaram a desidratação osmótica de peras com um delineamento experimental utilizando como agente osmótico a sacarose a 45°Brix, 1:4 (g:g) de fruto e  $\text{CaCl}_2$  em uma proporção de 1,0g/100 mL de  $\text{CaCl}_2$  durante 3 h de imersão sem agitação. O ganho de sólidos foi de cerca de 20 g / 100g e a perda de água foi de 30 g / 100g. Quando a desidratação osmótica foi combinada com secagem convencional em temperatura de 60°C, atingindo uma umidade final de cerca de 20g/100g, resultou em pera seca em fatias que obteve aceitação global de 7,6, um valor 17% superior a pera que foi obtida apenas pela secagem convencional. Além disso, o tempo para atingir 20g/100g de umidade final utilizando a combinação entre a desidratação osmótica e secagem foi 41,8% inferior às secas apenas com secagem convencional.

Moreira et al. (2018a), produziram snacks através da secagem convectiva de fatias de diferentes espessuras de Kiwi (5,0; 10,0 e 15,0 mm) e diferentes temperaturas do ar de secagem (50, 60, 70 e 80°C). A secagem foi descrita usando vários modelos matemáticos, ambos de difusão (condição de contorno do terceiro tipo) e modelos empíricos (Henderson-Pabis, Lewis, Page, Silva et al.). De acordo com o modelo de difusão, houve uma distribuição de umidade quase uniforme ao longo do tempo. No final do processo de secagem (atingido equilíbrio), fatias com espessura inicial de 5,0 mm tinham uma consistência rígida, adequada para produção de farinha por moagem. Por outro lado, fatias com espessuras iniciais de 10,0 e 15,0 mm apresentaram textura menos rígida, podendo ser consumidas como lanches rápidos. Análises sensoriais e físico-químicas mostraram que o produto cortado com espessura inicial de 15,0 mm e seco a temperatura de 70°C (atingido umidade de 0,31kg água / kg massa seca) foi o mais saboroso e apresentou bons resultados para os compostos químicos analisados.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho experimental foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA), no Laboratório de Transferência de Calor e Massa (LTCM) e no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), pertencentes à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), Unidade Acadêmica de Física (UAF) e Unidade Acadêmica de Engenharia de Alimentos (UAEALI), respectivamente, localizados na Universidade Federal de Campina Grande, Campus Campina Grande, PB.

#### 3.1 Matéria-prima

O produto utilizado no presente estudo foi o kiwi cv. Hayward (*Actinidia deliciosa*), cultivado na Itália e adquirido na Empresa Paraibana de Abastecimento e Serviços Agrícolas – EMPASA, localizada no município de Campina Grande – Paraíba, através de um mesmo fornecedor, no período entre janeiro e março de 2019.

#### 3.2 Seleção e processamento dos kiwis

Os kiwis foram processados e caracterizados conforme descrito no fluxograma da Figura 3.1.

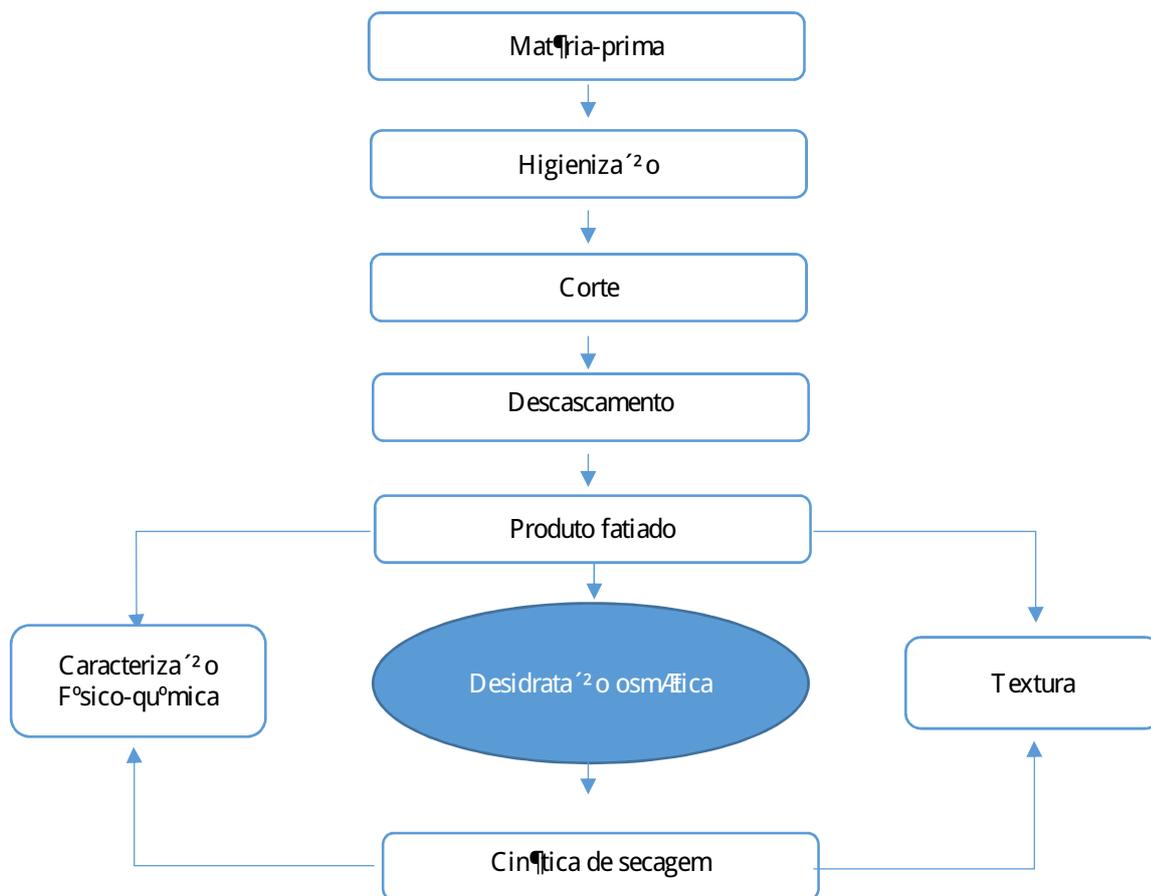


Figura 3.1- Fluxograma para obtenção e caracterização da polpa de kiwi in natura e do kiwi passa.

Os frutos adquiridos foram selecionados quanto ao estágio semimaduro de maturação, ausência de danos fisiológicos, físicos e mecânicos. Em seguida, os frutos foram lavados em água corrente com a finalidade de eliminar pequenas sujidades e imersos em solução de hipoclorito de sódio (NaClO) a 100 ppm durante 10 min para a sanitização, a solução sanitizante foi removida através da imersão da fruta em água destilada.

### 3.3 Corte e descascamento

O corte manual do kiwi foi realizado sobre uma base de madeira, previamente sanitizada com solução de hipoclorito de sódio (100 ppm), com o auxílio de faca inox com lâmina dupla, ajustadas com auxílio de paquímetro digital. O corte foi realizado antes do descascamento do fruto para facilitar o processo, garantindo a formação de fatias inteiras e espessura de 0,8 cm, conforme ilustrado na Figura 3.2.

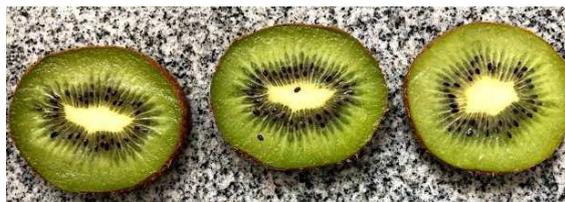


Figura 3.2- Corte do Kiwi.

### 3.4 Desidratação osmótica

A solução osmótica foi elaborada utilizando água destilada e açúcar cristal comercial, nas concentrações de 40, 50 e 60 °Brix, sendo essa variável ajustada com auxílio de refratômetro portátil do tipo Abbe.

Na desidratação osmótica, foram realizados seis experimentos que estão descritos na Tabela 3.1, com variação da temperatura (°C) e concentração de sólidos solúveis (°Brix).

Tabela 6.1 - Experimentos de desidratação osmótica

Experimento	T (°C)	C (°Brix)
1	40	40
2	50	40
3	60	40
4	40	50
5	50	50
6	60	60

T=Temperatura (°C); C= sólidos solúveis do agente osmótico (°Brix).

As fatias de kiwi foram pesadas e colocadas em cestas teladas de arame galvanizado devidamente numeradas, em seguida submersas na solução osmótica utilizando a proporção de 1:8 (fruto:solução), e em seguida, colocadas na incubadora com agitação mecânica de 100 rpm (TE-421 da marca Tecnal) nas temperaturas de 40,50 e 60 °C por um intervalo de tempo correspondente a 40 minutos.

Após o intervalo de tempo pré-determinado, as amostras foram retiradas da solução e lavadas com água destilada para remoção da camada de açúcar aderida a superfície da amostra, em seguida foram levemente enxugadas com papel absorvente e suas massas foram aferidas. Em seguida as amostras foram levadas para a estufa a 105 °C onde permaneceram por 24 horas para obtenção da matéria seca.

A partir do procedimento descrito por Silva Júnior et al. (2020), determinou-se o percentual de perda de massa (PM), a perda de água (PA) e o ganho de sólidos (GS), calculados através das Equações (3.1; 3.2 e 3.3), respectivamente.

$$PM(\%) = \frac{(M_0 - M_t)}{M_0} \times 100 \quad (3.1)$$

$$PA(\%) = \frac{(Ma_0 - Ma_t)}{M_0} \times 100 \quad (3.2)$$

$$GS(\%) = PA(\%) - PM(\%) \quad (3.3)$$

onde:  $M_0$  - massa inicial do produto (g);  $M_t$  - massa do produto a um tempo  $t$  (g);  $Ma_0$  - teor de água no produto (g); e  $Ma_t$  - teor de água no produto a um tempo  $t$  (g).

### 3.5 Secagem

Os ensaios de secagem foram realizados em triplicata em estufa com circulação de ar, em temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

As fatias de kiwi desidratados foram pesadas em uma bandeja com o material distribuído de forma que permitisse que a secagem ocorresse da maneira mais uniforme possível. Durante os primeiros 30 min de secagem foram realizadas pesagens do conjunto (bandeja + amostra) a cada 5 min. A partir deste tempo as pesagens foram realizadas a cada 10 min por 1 h. Em seguida serão feitas pesagens a cada 15 min por mais 1 h, logo depois de 30 min durante 2,5 h, logo após a cada 1 h, até que não existisse mais variação significativa da massa da amostra. Os dados experimentais foram expressos na forma de razão de teor de água ( $X^*$ ) conforme mostra a Equação (3.4):

$$X^* = \frac{X_t - X_e}{X_0 - X_e} \quad (3.4)$$

em que:  $X_t$  - teor de água no instante  $t$ , base seca, bs;

$X_e$  - teor de água de equilíbrio, bs;

$X_0$  - teor de água inicial, bs.

### 3.5.1 Cinética de secagem

Para descrição da cinética de secagem foram utilizados os modelos de regressão não-linear descritos na Tabela 3.2. Para o ajuste dos modelos aos dados experimentais foram utilizadas análises de regressão não-linear, através do software LabFit Ajuste de Curvas (SILVA e SILVA, 2009a).

Tabela 3.2 - Modelos de secagem utilizados na cinética dos kiwis passa.

Nome do modelo	Equação empírica	Referência
Henderson-Pabis	$X^* = a \exp(-bt)$	Henderson e Pabis (1961)
Page	$X^* = \exp(-at^b)$	Page (1949)
Peleg	$X^* = (1 - x) / a + bt$	Peleg (1988)
Silva et alii	$X^* = \exp(-at - b\sqrt{t})$	Silva et al. (2014a)
Wang-Sing	$X^* = 1 + at + bt^2$	Wang e Sing (1978)

em que: t - tempo de secagem (min); a e b - parâmetros dos modelos.

Os critérios de avaliação utilizados para identificar o melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o qui-quadrado ( $\chi^2$ ), calculado pela Eq. (3.4):

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_{\text{exp},i}^* - x_{\text{pre},i}^*)^2}{N - n} \quad (3.4)$$

em que:  $\chi^2$  - qui-quadrado;

$x_{\text{exp},i}^*$  - razão de umidade experimental;

$x_{\text{pre},i}^*$  - razão de umidade predito pelo modelo;

N - número de dados experimentais;

n - número de coeficientes e constantes do modelo.

A partir do cálculo da derivada dos modelos matemáticos expressos na Tabela 3.2, foram obtidas as expressões apresentadas na Tabela 3.3, que representam as taxas de secagem do produto durante o tempo do processo.

Tabela 3.3- Expressões da taxa de secagem obtidas pelos modelos empíricos.

Nome do modelo	Taxa de secagem
Page	$\frac{dX^*}{dt} = - abt^{b-1} e^{-at^b}$
Silva et alii	$\frac{dX^*}{dt} = a + b0,5t^{-0,5} \exp(-4t - b\sqrt{t})$
Henderson e Pabis	$\frac{dX^*}{dt} = - abe^{-bt}$
Peleg	$\frac{dX^*}{dt} = a(a + bt)^2$
Wang e Sing	$\frac{dX^*}{dt} = -(a + 2bt)$

### 3.5.2 Solução numérica para a equação de difusão de parede infinita

De acordo com Maliska (2010), o método dos volumes finitos tem como objetivo a obtenção das equações aproximadas para problemas difusivos, satisfazendo também a conservação da propriedade em nível de volumes elementares. Para estes problemas, as funções de interpolação entre os pontos nodais, podem ser lineares sem acarretar dificuldades como as apresentadas quando a advecção está presente.

A equação de difusão pode ser escrita da seguinte forma:

$$\frac{\partial(M)}{\partial t} = \bar{e} \cdot (D \bar{e} M) + S \quad (3.5)$$

em que: M = teor de umidade em base seca.

D = difusividade de massa.

S = termo fonte.

Silva (2009b) estudou o método dos volumes finitos através do balanço nos volumes de controle, como descrito na Figura 3.3.

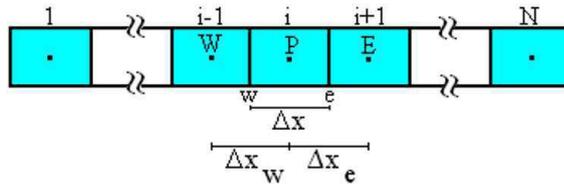


Figura 3.3- Balanço nos volumes de controle.

Fonte: SILVA (2009).

Pantakar (1980) realizou a integração da equação de difusão no espaço ( $\forall x$ ) e no tempo ( $\forall t$ ) para o volume de controle interno de ponto nodal P.

$$\frac{d}{dt} \int_{V_c} \rho \phi dV = \sum_{faces} \rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + \int_{V_c} S dV \Delta t \quad (3.6)$$

Através de aproximações das derivadas, obteve-se a Equação (3.7) e (3.8) a seguir:

$$\frac{d}{dt} \int_{V_c} \rho \phi dV = \rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + S V_c \Delta t \quad (3.7)$$

$$\frac{d}{dt} \int_{V_c} \rho \phi dV = \rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + S V_c \Delta t \quad (3.8)$$

Substituindo as Eq. (3.7) e (11) na Eq. (3.6), obtém-se:

$$\rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + S V_c \Delta t = \rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + S V_c \Delta t \quad (3.9)$$

$$\rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + S V_c \Delta t = \rho \phi v_{face} A_{face} \Delta t + S V_c \Delta t \quad (3.10)$$

Ao interpolar no tempo, obteve-se a Equação (3.11).



Onde

偉<sub>吹</sub>愕<sub>吹</sub> 唛<sub>吹</sub> 偏<sub>吹</sub> 召<sub>叢</sub> 另<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> (3.20)

偉<sub>吹</sub> 唛<sub>叢</sub> 召<sub>叢</sub> (3.21)

佢<sub>叢</sub> 唛<sub>叢</sub> 愕<sub>叢</sub> 呈<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> (3.22)

Por outro lado, para o contorno oeste, tem-se:

偉<sub>吹</sub> 愕<sub>吹</sub> 唛<sub>吹</sub> 律<sub>吹</sub> 愕<sub>吹</sub> 咁<sub>吹</sub> 佢<sub>吹</sub> (3.23)

onde

偉<sub>吹</sub> 愕<sub>吹</sub> 唛<sub>吹</sub> 偏<sub>吹</sub> 召<sub>叢</sub> 另<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> (3.24)

偉<sub>呈</sub> 唛<sub>叢</sub> 召<sub>叢</sub> (3.25)

佢<sub>叢</sub> 唛<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> 咁<sub>叢</sub> 嚟<sub>叢</sub> (3.26)

### 3.5.3 Solu o analítica da equa o de difusão para a parede infinita

As simula es foram realizadas com rela o as cinéticas de secagem utilizando os softwares `Prescribed Adsorption-Desorption 2.2\_ (SILVA e SILVA, 2009c), que fornece uma soluço analítica para a equa o de difusão e condi o de contorno do primeiro tipo e o `Convective Adsorption-Desorption 2.5\_ (SILVA e SILVA, 2009d), que utiliza a condi o de contorno do terceiro tipo.

A equa o de difusão   frequentemente utilizada para representar o transporte de água em meios porosos e será aplicada para descrever o processo de secagem de kiwi, através da obten o de soluço analítica (CRANK, 1975; BIRD et al., 2001).

De acordo com Moreira et al. (2018a) as fatias de kiwi possuem um diâmetro muito maior que a espessura estabelecida nos experimentos, pode-se então considerar a geometria do produto como sendo uma parede infinita. Assim, para a condi o de contorno do terceiro tipo, a soluço analítica da equa o de difusão   dada pela série mostrada na Equa o (3.27), em que apenas os primeiros termos "nt" das séries infinitas serão usadas:

$$X^*(t) = \sum_{n=1}^{nt} B_n \exp\left(-m_n^2 \frac{D}{(L/2)^2} t\right) \quad (3.27)$$

onde:

L - espessura da parede infinita;

D - difusividade efetiva de massa;

t - tempo de secagem.

Os coeficientes  $B_n$  são dados por:

$$B_n = \frac{2Bi^2}{m_n^2(Bi^2 + Bi + m_n^2)}, \quad (3.28)$$

em que:

Bi   o número de Biot para a transferência de massa, dado por

$$Bi = \frac{h(L/2)}{D}, \quad (3.29)$$

e o parâmetro  $h$  o coeficiente de transferência convectiva de massa.

Logo as raízes da seguinte equação transcendental:

$$\cot m = \frac{m}{Bi} \quad (3.30)$$

### 3.6 Análises químicas, físicas e físico-químicas

As análises químicas e físico-químicas foram efetuadas, em triplicata, na polpa de kiwi in natura (obtida através do processamento em liquidificador) e nas amostras de kiwi passa (após o processo de secagem).

As seguintes análises foram realizadas de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008): teor de água determinado em estufa a vácuo a 70 °C até massa constante; sólidos totais, sólidos solúveis totais (SST) em refratômetro portátil do tipo Abbe; acidez total titulável pelo método titulométrico, através da titulação de solução de hidróxido de sódio 0,1 M, utilizando a fenolftaleína como indicador; ratio (SST/ATT); pH por leitura direta em pHmetro digital portátil da marca Instrutherm, modelo PH-1700, com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0 para calibração; cinzas por incineração em mufla a 550 °C; proteínas pelo método de Kjeldahl, que consiste na digestão da amostra em H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, liberação da amônia por adição de NaOH e titulação da amônia com HCl. A atividade de água das amostras foi determinada por leitura direta no higrômetro Aqualab 3TE (Decagon Devices) em temperatura de 25 °C;

A análise de cor foi realizada por leitura direta em espectrofotômetro MiniScan HunterLab XE Plus, modelo 4500 L, com sistema de cor Cielab. O instrumento, equipado com iluminante D65/10 é calibrado com placa preta e placa branca padrão (x = 80,5, y = 85,3, z = 90,0), conforme instruções do fabricante.

Os parâmetros determinados foram: L\* que representa a luminosidade, transição do branco (0) para o preto (100); a\* que representa a transição da cor verde (a\*) para a cor vermelha (+a\*) e b\* a transição da cor azul (- b\*) para a cor amarela (+b);

Os lipídios foram determinados pelo método de Bligh e Dyer (1959), utilizando água destilada, sulfato de sódio a 1,5% e os solventes orgânicos metanol e cloroformio para a extração, após a agitação e filtração da camada inferior foi realizada a quantificação dos lipídios por meio da pesagem do resíduo após a evaporação do solvente em estufa a 105 °C; o teor de ácido ascórbico (mg/100 g) foi determinado por titulação da solução de 2,6 diclofenolindofenol-sódio (DCFIS) até obtenção de coloração clara persistente e como

solução extratora oxidométrica (AOAC, 1997 modificada por BENASSI e ANTUNES, 1998); para a determinação de clorofilas e carotenoides seguiu-se as metodologias propostas por Lichtenthaler (1987); o teor de açúcares solúveis totais (AST) foi determinado utilizando solução de antrona e leitura a 620 nm em espectrofotômetro conforme metodologia descrita por Yemm e Willis (1954).

A análise de perfil de textura instrumental das fatias de kiwi desidratadas foi realizada utilizando texturômetro (TA-XT plus Micro Systems), equipado com o software Exponent Stable Micro Systems. Para a determinação dos parâmetros firmeza, mastigabilidade e coesividade, foi utilizado probe P/20 (cylinder aluminium) com diâmetro de 20 mm, tensão de 40%, força de contato de 1N, distância de retorno de 20 mm e velocidade de retorno de 20 mm/s.

### 3.7 Análise estatística dos dados experimentais

Para os parâmetros químicos, físicos e físico-químicos do kiwi in natura foram apresentados os valores médios e os seus respectivos desvios padrão.

Os dados obtidos com relação à caracterização física, química e físico-química das amostras das fatias de kiwis desidratadas foram avaliados estatisticamente por meio de um delineamento inteiramente casualizado e comparação de médias, através do teste de Tukey a 5% de probabilidade, com o auxílio do programa estatístico ASSISTAT versão 7.7 beta (SILVA e AZEVEDO, 2016b).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Caracterização química, física e físico-química da polpa de kiwi in natura

Encontram-se na Tabela 4.1 os resultados obtidos para os parâmetros químicos, físicos e físico-químicos da polpa de kiwi in natura.

Tabela 4.1 - Caracterização da polpa de kiwi in natura.

Parâmetros avaliados	Média ± Desvio padrão
Teor de água (%b.u.)	84,60 ± 0,74
Sólidos totais (%)	15,40 ± 0,74
Atividade de água (25 °C)	0,987 ± 0,003
pH	3,61 ± 0,16
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	1,36 ± 0,01
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,33 ± 0,57
ratio (SST/ATT)	8,30 ± 0,36
Cinzas (%)	0,69 ± 0,01
Lípidos (%)	0,32 ± 0,08
Proteínas (%)	0,99 ± 0,02
Açúcares totais (% glicose)	8,07 ± 0,12
Açúcares redutores (% glicose)	4,83 ± 0,08
Açúcares não-redutores (% sacarose)	3,24 ± 0,07
Ácido ascórbico (mg/100g de amostra)	84,17 ± 0,61
Clorofilas totais (mg/100g de amostra)	2,13 ± 0,05
Carotenoides totais (mg/100g de amostra)	0,42 ± 0,02
Luminosidade (L*)	39,14 ± 0,59
Intensidade de vermelho (+a*)	-3,72 ± 0,16
Intensidade de amarelo (+b*)	21,68 ± 0,45

Através dos dados expressos na Tabela 4.1, verificou-se que o kiwi in natura apresenta elevado teor de água (84,60%) e de atividade de água (0,987). Segundo Santos et al. (2019b), esta característica indica baixa estabilidade dos frutos durante o armazenamento, uma vez que possibilita o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e ocorrência de reações

bioquímicas. Semelhante aos dados obtidos por Pham et al. (2018), cujos valores de teor de água e de atividade de água foram de 83,4% e 0,97, respectivamente.

A polpa de kiwi in natura apresentou pH com caráter ácido, correspondente a 3,61 e acidez total titulável de 1,36 %. Pegoraro et al. (2016) verificaram que kiwis cv. Tewa apresentam acidez titulável de 1,64 a 1,19 %, os autores observaram uma diminuição com relação aos valores de acidez durante o período de armazenamento do fruto, sugerindo que ocorre uma degradação dos ácidos orgânicos devido ao aumento da concentração de etileno.

Foi observado um teor de sólidos solúveis de 11,33 °Brix na polpa de kiwi, ao relacionar este valor com a acidez total titulável apresentada, obteve-se um ratio de 8,30 indicando um baixo grau de doçura da fruta. Brochier et al. (2019) ao caracterizarem o kiwi in natura, verificaram um teor de sólidos solúveis de 12,15 °Brix. De acordo com Morgado et al. (2019), através do ratio é possível avaliar o grau de maturação do fruto, pois observa-se um aumento no grau de doçura deste ao longo do período de armazenamento, devido a redução da acidez e aumento na concentração dos sólidos solúveis.

A polpa de kiwi apresentou um teor lipídico de 0,32%, valor levemente inferior ao observado por Dias et al. (2019) em seus estudos relacionados a composição do kiwi (0,42%). Estes valores estão adequados a faixa estimada pelo IAL (2008), que sugere que o teor de lipídeos das frutas varia de 0,1 a 1%. A polpa de kiwi apresentou teor de cinzas de 0,69% e teor de proteínas de 0,99%, Santos et al. (2019c) ao avaliarem cascas de kiwi (cv. Hayward), obtiveram valor levemente superior com relação ao teor de cinzas (0,76%) e teor lipídico de 0,32%. Percebe-se então diferenças com relação a composição de casca e polpa do kiwi, em que a polpa apresenta valores superiores com relação ao teor lipídico e inferiores com relação ao teor de cinzas.

Observou-se um elevado teor de ácido ascórbico na polpa de kiwi (84,17 mg/100g), semelhante ao estudado por Pal et al. (2015) ao avaliarem as propriedades físico-químicas da polpa de kiwi cv. Hayward in natura em diferentes meses de colheita, obtendo teores de ácido ascórbico que variaram de 72,82 a 87,54%. De acordo com Gonçalves et al. (2017), a vitamina C é considerada como um excelente antioxidante natural, pois atua na absorção de radicais livres e inibe a cadeia de iniciação ou interrompe a cadeia de propagação das reações oxidativas promovidas pelos radicais. As variações existentes com relação ao teor de vitamina C, podem ocorrer devido a diferença entre as cultivares, fatores relacionados a composição do solo, aspectos climáticos e as condições de armazenamento.

Os teores de açúcares totais, redutores e açúcares não-redutores da polpa do kiwi foram de 8,07% de glicose 4,83% de glicose e 3,24% de sacarose, respectivamente. Guroo et al.

(2017), estimaram o teor de açúcares totais como sendo 8,99 % de glicose. Estas características se assemelham ao observado por Barros et al. (2019b) na polpa de abacaxi, que apresentou 7,64% de açúcares totais (% glicose), 4,83% de açúcares redutores (% sacarose) e 2,67% de açúcares não redutores (% glicose).

Com relação aos parâmetros de cor, a polpa de kiwi apresentou luminosidade ( $L^*$ ) de 39,14, o parâmetro  $a^*$  que indica a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para a cor vermelha ( $+a^*$ ) apresentou valor de -3,72 e ( $b^*$ ) de +21,68, indicando uma predominância do tom amarelo do ponto de vista instrumental. García-Quiroga et al. (2015) ao avaliarem a cor da polpa de kiwi in natura determinaram os seguintes valores com relação aos parâmetros de cor: ( $L^*$ ) = 50,57 ( $a^*$ ) = -3,65 e ( $b^*$ ) = 25,19.

O kiwi apresentou conteúdo de clorofilas totais de 2,13 mg/100 g<sup>-1</sup> e carotenoides totais de 0,42 mg/100 g. Moreira et al. (2018a) obtiveram teor de clorofilas totais de 2,22 mg/100 g, valor semelhante com relação ao conteúdo de carotenoides totais foi reportado por Benlloch-tinoco et al. (2015) ao avaliarem a polpa de kiwi in natura (0,53 mg/100 g), os autores constataram que os carotenoides são degradados durante o armazenamento.

De acordo com Costa et al. (2020), há uma proporcionalidade entre coloração da fruta (casca e polpa) e os teores de clorofila e carotenoides, pois durante o processo de amadurecimento do fruto ocorre a degradação da clorofila e síntese de carotenoides.

#### 4.2 Desidratação osmótica

Estão expressos na Tabela 4.2 os dados referentes a perda de água, perda de massa e ganho de sólidos durante o processo de desidratação osmótica, nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e concentração de sólidos solúveis de 40, 50 e 60 °Brix.

Tabela 4.2- Valores médios das variáveis: perda de água (PA), perda de massa (PM) e ganho de sólidos solúveis (GS).

Experimento	T (°C)	Concentração (°Brix)	PA (g/100g)	PM (g/100g)	GS (g/100g)
1	40	40	45,13d ± 0,99	41,45ab ± 1,18	3,67e ± 0,22
2	50	40	47,41cd ± 0,98	41,38ab ± 1,01	5,66d ± 0,33
3	60	40	48,37bc ± 1,50	40,99ab ± 0,65	7,39c ± 0,19
4	40	50	49,32bc ± 0,35	41,17ab ± 0,49	8,21c ± 1,07
5	50	50	49,70b ± 0,32	40,02b ± 0,64	9,68b ± 0,88
6	60	60	55,22a ± 0,89	43,28a ± 1,01	11,01a ± 0,27

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Através da Tabela 4.2, pode-se observar que o parâmetro perda de água (PA) tende a aumentar quando são utilizados valores superiores para a combinação entre as variáveis concentração da solução osmótica e temperatura. Neste sentido, o experimento 6, diferiu estatisticamente das demais amostras e apresentou valores superiores com relação a PA (55,22 g/100g), enquanto que o experimento 1 apresentou valores inferiores (45,13 g/100 g). Comportamento semelhante foi observado por Silva Júnior et al. (2020) ao realizarem a desidratação osmótica de cascas de banana, cuja perda de água foi superior no experimento de maior concentração da solução osmótica e temperatura (50,74 g/100 g). Não foi observada diferença estatística significativa entre as amostras com relação a perda de massa, cujos valores variaram de 40,99 a 43,28 g/100 g.

Com relação ao ganho de sólidos, todos os experimentos apresentaram diferença estatística significativa quando comparados entre si. Houve uma variação de 3,67 a 11,01 g/100 g, sendo o valor superior obtido no experimento 6, constatando-se que o ganho de sólidos é diretamente proporcional a concentração da solução e temperatura utilizada no processo de desidratação osmótica. De modo similar, Castro et al. (2018) ao realizarem um estudo sobre o processo de desidratação osmótica de goiaba, observaram o aumento de ganho de sólidos devido à elevação da temperatura, contudo constataram que a concentração de sacarose foi a variável que exerceu maior influência durante o processo. Silva et al. (2015a) obtiveram ganho de sólidos que variou de 7,24 a 12,23 g/100 g, durante o processo produtivo de cagaita passa.

Ribeiro et al. (2016) ao aplicarem o processo de desidratação osmótica em peras, utilizando solução de sacarose com concentração de 45 °Brix e razão de massa de 1:4 (fruto/solução osmótica). Nestas condições, obtiveram um ganho de sólidos solúveis de aproximadamente 20 g/100 g e uma perda de água de cerca de 30 g/100 g.

De acordo com Prosapio e Norton (2017), o aumento da temperatura utilizada durante o processo de desidratação osmótica provoca a redução da viscosidade da solução, resultando no aumento da permeabilidade da membrana celular e diminuição da resistência à transferência de massa, implicando assim em um maior ganho de sólidos.

#### 4.3 Cinética de secagem

Na Tabela 4.3 estão descritos os parâmetros de ajuste do modelo matemático de Page aos dados experimentais obtidos durante a cinética de secagem de fatias de kiwi tratadas (experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e não tratadas osmoticamente (padrão).

Tabela 4.3 - Parâmetros de ajuste do modelo de Page aos dados experimentais da secagem fatias de kiwi padrão e pré-tratadas através de desidratação osmótica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Modelo de Page							
Temperatura de Secagem	Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
				a	b		
40 °C	Padrão	-	-	0,0007	1,1987	0,9988	0,0123
	1	40	40	0,0005	1,2512	0,9989	0,0141
	2	50	40	0,0025	1,0019	0,9989	0,0089
	3	60	40	0,0024	0,9934	0,9981	0,0172
	4	40	50	0,0003	1,3098	0,9988	0,0138
	5	50	50	0,0017	1,1103	0,9988	0,0119
	6	60	60	0,0011	1,0931	0,9993	0,0061
50 °C	Padrão	-	-	0,0003	1,4214	0,9988	0,0096
	1	40	40	0,0016	1,1369	0,9995	0,0036
	2	50	40	0,0015	1,1760	0,9997	0,0029
	3	60	40	0,0018	1,1234	0,9992	0,0077
	4	40	50	0,0011	1,2233	0,9995	0,0048
	5	50	50	0,0019	1,1645	0,9995	0,0054
	6	60	60	0,0021	1,0857	0,9991	0,0103
60 °C	Padrão	-	-	0,0019	1,1868	0,9996	0,0023
	1	40	40	0,0014	1,2189	0,9996	0,0029
	2	50	40	0,0018	1,1189	0,9994	0,0050
	3	60	40	0,0027	1,1388	0,9993	0,0071
	4	40	50	0,0018	1,2057	0,9991	0,0074
	5	50	50	0,0075	1,0478	0,9987	0,0112
	6	60	60	0,0034	1,0966	0,9983	0,0181

Na Tabela 4.4 estão descritos os parâmetros de ajuste do modelo matemático de Henderson e Pabis aos dados experimentais obtidos durante a cinética de secagem de fatias de kiwi tratadas (experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e não tratadas osmoticamente (padrão).

Tabela 4.4 - Parâmetros de ajuste do modelo de Henderson e Pabis aos dados experimentais da secagem de fatias de kiwi padrão e previamente tratadas através de desidratação osmótica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Modelo de Henderson e Pabis							
Temperatura de Secagem	Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
				a	b		
40 °C	Padrão	-	-	0,0101	0,0025	0,9954	0,0377
	1	40	40	0,1027	0,0024	0,9945	0,0479
	2	50	40	0,9881	0,0025	0,9990	0,0077
	3	60	40	0,9779	0,0022	0,9984	0,0126
	4	40	50	0,1033	0,0021	0,9934	0,0627
	5	50	50	0,1004	0,0031	0,9975	0,0193
	6	60	60	0,1012	0,0021	0,9985	0,0122
50 °C	Padrão	-	-	1,0581	0,0033	0,9916	0,0688
	1	40	40	1,0223	0,0036	0,9983	0,0126
	2	50	40	1,0348	0,0041	0,9982	0,0133
	3	60	40	1,0145	0,0037	0,9978	0,0161
	4	40	50	1,0359	0,0041	0,9969	0,0235
	5	50	50	1,0321	0,0048	0,9981	0,0140
	6	60	60	1,0188	0,0035	0,9986	0,0126
60 °C	Padrão	-	-	1,0392	0,0053	0,9980	0,0132
	1	40	40	1,0398	0,0050	0,9972	0,0186
	2	50	40	1,0299	0,0052	0,9973	0,0185
	3	60	40	1,0262	0,0056	0,9980	0,0133
	4	40	50	1,0327	0,0557	0,9967	0,0226
	5	50	50	1,0121	0,0095	0,9985	0,0116
	6	60	60	1,0315	0,0058	0,9982	0,0173

Na Tabela 4.5 estão descritos os parâmetros de ajuste do modelo matemático de Wang e Singh aos dados experimentais obtidos durante a cinética de secagem de fatias de kiwi tratadas (experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e não tratadas osmoticamente (padrão).

Tabela 4.5 - Parâmetros de ajuste do modelo de Wang e Singh aos dados experimentais da secagem de fatias de kiwi padrão e previamente tratadas através de desidratação osmótica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Modelo de Wang e Singh							
Temperatura de Secagem	Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
				a	b		
40 °C	Padrão	-	-	-0,0013	0,41x10 <sup>-6</sup>	0,9672	0,3288
	1	40	40	-0,0012	0,31x10 <sup>-6</sup>	0,9477	0,5554
	2	50	40	-0,0011	0,27x10 <sup>-6</sup>	0,9249	0,9657
	3	60	40	-0,0010	0,23x10 <sup>-6</sup>	0,9280	0,9840
	4	40	50	-0,0010	0,22x10 <sup>-6</sup>	0,9312	0,8127
	5	50	50	-0,0010	0,23x10 <sup>-6</sup>	0,8531	0,1956
	6	60	60	-0,0009	0,20x10 <sup>-6</sup>	0,9261	0,9354
50 °C	Padrão	-	-	-0,0015	0,53x10 <sup>-6</sup>	0,9397	0,5377
	1	40	40	-0,0013	0,41x10 <sup>-6</sup>	0,9006	0,107
	2	50	40	-0,0012	0,34x10 <sup>-6</sup>	0,9195	1,1804
	3	60	40	-0,0012	0,32x10 <sup>-6</sup>	0,8596	1,6881
	4	40	50	-0,0012	0,32x10 <sup>-6</sup>	0,8483	1,8853
	5	50	50	-0,0012	0,30x10 <sup>-6</sup>	0,7939	2,5803
	6	60	60	-0,0011	0,25x10 <sup>-6</sup>	0,8346	2,1186
60 °C	Padrão	-	-	-0,0017	0,65x10 <sup>-6</sup>	0,8736	1,2325
	1	40	40	-0,0016	0,58x10 <sup>-6</sup>	0,8719	1,2699
	2	50	40	-0,0014	0,41x10 <sup>-6</sup>	0,8190	0,2075
	3	60	40	-0,0015	0,49x10 <sup>-6</sup>	0,8258	1,8932
	4	40	50	-0,0013	0,35x10 <sup>-6</sup>	0,8190	2,6048
	5	50	50	-0,0013	0,35x10 <sup>-6</sup>	0,6925	4,0455
	6	60	60	-0,0011	0,27x10 <sup>-6</sup>	0,7549	3,1809

Na Tabela 4.6 estão descritos os parâmetros de ajuste do modelo matemático de Peleg aos dados experimentais obtidos durante a cinética de secagem de fatias de kiwi tratadas (experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e não tratadas osmoticamente (padrão).

Tabela 4.6- Parâmetros de ajuste do modelo de Peleg aos dados experimentais da secagem de fatias de kiwi padrão e previamente tratadas através de desidratação osmótica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Modelo de Peleg							
Temperatura de Secagem	Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	C <sup>2</sup>
				a	b		
40 °C	Padrão	-	-	321,1026	0,8074	0,9846	0,1178
	1	40	40	323,2641	0,8278	0,9806	0,1701
	2	50	40	265,2575	0,8715	0,9898	0,0808
	3	60	40	294,4435	0,8709	0,9885	0,0910
	4	40	50	357,0716	0,8391	0,9771	0,2256
	5	50	50	209,9543	0,8997	0,9815	0,1557
	6	60	60	335,9143	0,8607	0,9936	0,1195
50 °C	Padrão	-	-	251,3350	0,8195	0,9738	0,2272
	1	40	40	200,3777	0,8732	0,9842	0,1282
	2	50	40	171,9137	0,8974	0,9809	0,1657
	3	60	40	183,7130	0,8958	0,9819	0,1464
	4	40	50	173,7067	0,8965	0,9777	0,1923
	5	50	50	141,8458	0,9173	0,9797	0,1692
	6	60	60	187,1638	0,9099	0,9848	0,1342
60 °C	Padrão	-	-	140,7775	0,8813	0,9806	0,1444
	1	40	40	150,9502	0,8824	0,9793	0,1578
	2	50	40	135,2061	0,9068	0,9779	0,1691
	3	60	40	125,8395	0,9114	0,9813	0,1351
	4	40	50	125,5680	0,9167	0,9877	0,1894
	5	50	50	69,8773	0,9541	0,9840	0,0967
	6	60	60	117,1350	0,9366	0,9840	0,1304

Na Tabela 4.7 estão descritos os parâmetros de ajuste do modelo matemático de Silva et alii aos dados experimentais obtidos durante a cinética de secagem de fatias de kiwi tratadas (experimentos 1, 2, 3, 4, 5 e 6) e não tratadas osmoticamente (padrão).

Tabela 4.7 - Parâmetros de ajuste do modelo de Silva et alii, aos dados experimentais da secagem de fatias de kiwi padrão e pré-tratadas através de desidratação osmótica e submetidas a secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C.

Modelo de Silva et alii							
Temperatura de Secagem	Experimento	Temperatura (°C)	Concentração (°Brix)	Parâmetro		R <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>
				a	b		
40 °C	Padrão	-	-	0,0028	-0,0078	0,9967	0,0275
	1	40	40	0,0028	-0,0101	0,9962	0,0331
	2	50	40	0,0025	0,0015	0,9989	0,0085
	3	60	40	0,0021	0,0029	0,9981	0,0154
	4	40	50	0,0026	-0,0117	0,9958	0,0401
	5	50	50	0,0033	-0,0045	0,9981	0,0165
	6	60	60	0,0022	-0,0045	0,9989	0,0091
50 °C	Padrão	-	-	0,0043	-0,0197	0,9953	0,0389
	1	40	40	0,0040	-0,0084	0,9989	0,0077
	2	50	40	0,0048	-0,0124	0,9992	0,0063
	3	60	40	0,0041	-0,0071	0,9984	0,0121
	4	40	50	0,0049	-0,0139	0,9984	0,0129
	5	50	50	0,0056	-0,0125	0,9990	0,0082
	6	60	60	0,0039	-0,0065	0,9990	0,0105
60 °C	Padrão	-	-	0,0063	-0,0152	0,9991	0,0059
	1	40	40	0,0059	-0,0160	0,9987	0,0086
	2	50	40	0,0061	-0,0133	0,9984	0,0111
	3	60	40	0,0064	-0,0115	0,9988	0,0092
	4	40	50	0,0065	-0,0146	0,9989	0,0147
	5	50	50	0,0102	-0,0168	0,9987	0,0111
	6	60	60	0,0066	-0,0158	0,9986	0,0158

Através do ajuste dos modelos aos dados experimentais obtidos nas cinéticas de secagem das fatias de kiwi in natura (padrão) e pré-tratadas osmoticamente utilizando diferentes temperaturas e concentrações do agente osmótico (sacarose), foram expressos os parâmetros coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) e qui-quadrado (c<sup>2</sup>), os quais, de acordo com Keneni et al. (2019), ao serem analisados em conjunto estes parâmetros são capazes de dimensionar e permitem identificar a qualidade do ajuste dos modelos aos dados experimentais.

Dentre os modelos matemáticos avaliados, apenas o modelo de Wang e Singh apresentou valores de R<sup>2</sup> inferiores a 0,90, indicando ajuste insatisfatório aos dados experimentais obtidos. Os modelos de Henderson e Pabis, Page e Silva et alii apresentaram os

bons ajustes aos dados experimentais, com valores de  $R^2$  superiores a 0,99 e valores reduzidos de  $c^2$ .

De acordo com Alves et al. (2019), coeficientes de determinação superiores a 0,95 indicam que o modelo pode ser utilizado para prever com precisão o comportamento do produto com relação a perda de umidade durante o processo de secagem. Contudo, este parâmetro deve ser avaliado simultaneamente com o  $c^2$ , em que valores de  $R^2$  próximos a 1 e valores de  $c^2$  próximos a 0 indicam maior eficiência do modelo matemático na descrição do processo.

Por apresentar valores inferiores de  $c^2$  e maior simplicidade na aplicação, quando comparado aos demais modelos matemáticos utilizados, o modelo de Page foi considerado como o mais adequado para representar o fenômeno investigado no presente estudo. Silva et al. (2014a), consideraram os modelos de Page e Silva et alii como sendo os mais eficientes na descrição do processo de secagem convectiva de banana em camada fina, utilizando as temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

Ao analisar o ajuste dos modelos empíricos aos dados experimentais, verificou-se que a temperatura do ar de secagem é diretamente proporcional aos parâmetros  $a_1$  e  $b_1$  nos modelos de Wang e Singh, Silva et alii e Henderson e Pabis. De acordo com Moreira et al. (2018a), o parâmetro "b" é uma constante de proporcionalidade entre a taxa de secagem e a razão de umidade.

#### 4.3.1 Curvas de secagem

Na Figura 4.1, pode-se observar o ajuste do modelo de Page aos dados experimentais obtidos na secagem de kiwi padrão (sem desidratação osmótica prévia).

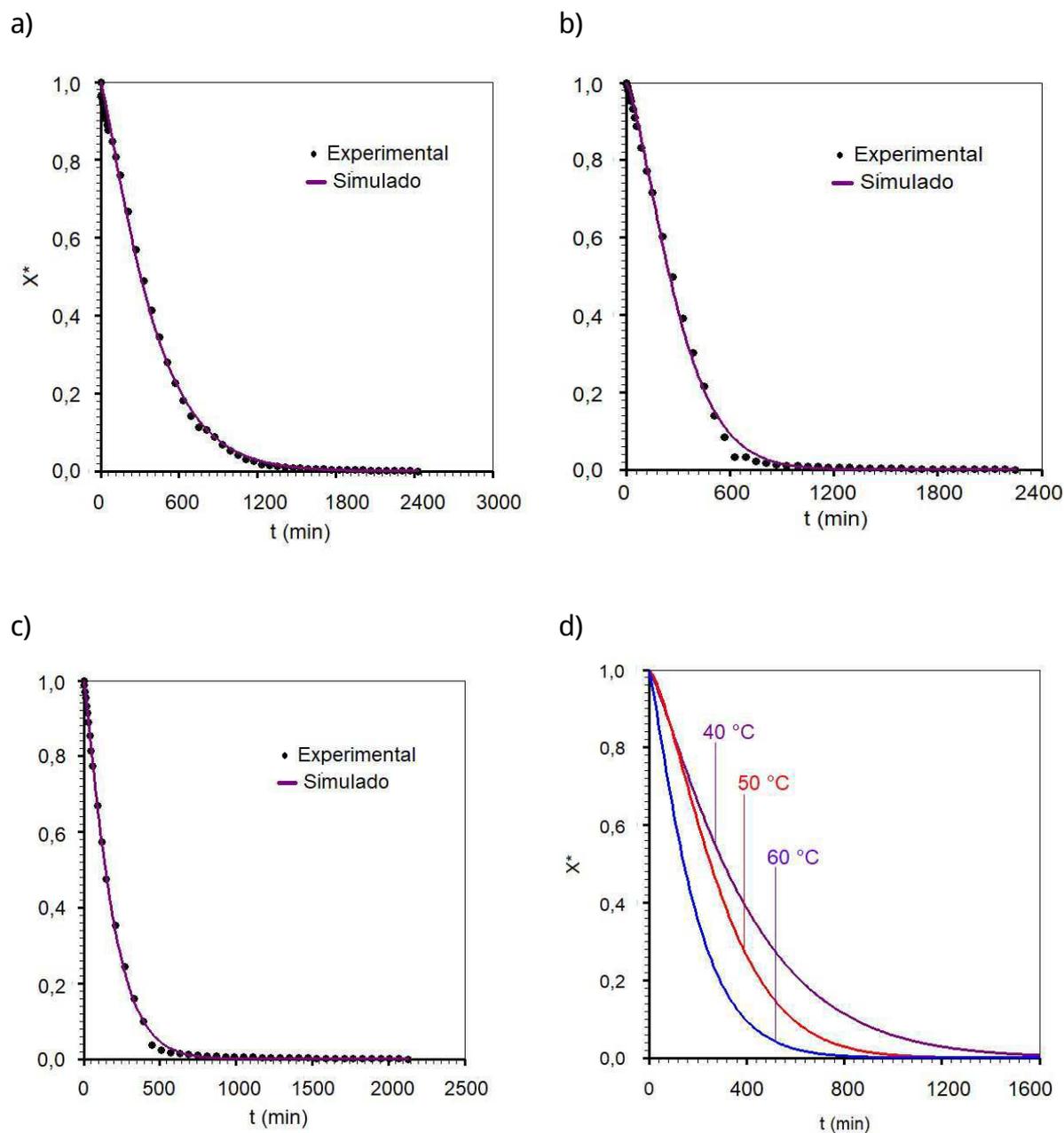


Figura 4.1- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi in natura determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas  $T$ : a)  $40\text{ }^\circ\text{C}$ ; b)  $50\text{ }^\circ\text{C}$ ; c)  $60\text{ }^\circ\text{C}$ ; d) superposição das cinéticas.

Estas são expressas na Figura 4.2 as curvas de secagem obtidas através do ajuste do modelo de Page aos dados experimentais obtidos na secagem de kiwi pré-tratados osmoticamente com solução de sacarose com as seguintes condições de processo: concentração de sólidos solúveis de  $60\text{ }^\circ\text{Brix}$  e temperatura de  $60\text{ }^\circ\text{C}$ .

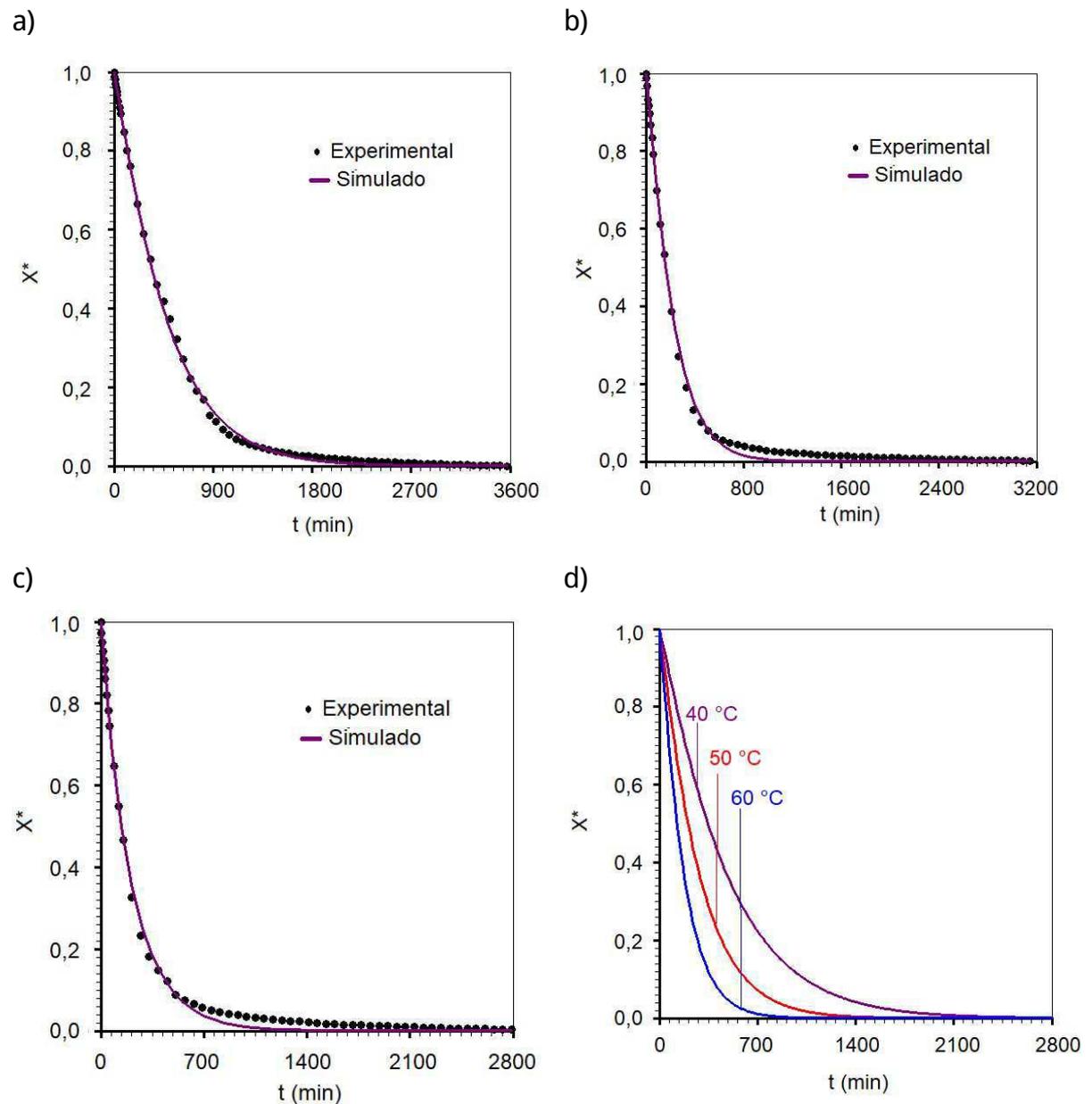


Figura 4.2- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 6 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C; d) superposição das cinéticas.

Através das Figuras 4.1 e 4.2, pode-se observar que a temperatura do ar aplicada no processo de secagem convectiva influenciou diretamente no tempo do processo, as temperaturas mais elevadas proporcionaram ao produto uma maior perda de água nos instantes iniciais, reduzindo assim o tempo do processo. Feitosa et al. (2017) também observaram a influência da temperatura no tempo de secagem da polpa de murta e que as maiores taxas de secagem foram observadas nos instantes iniciais do processo. De acordo com Corrêa et al.

(2017), este fenômeno se deve ao fato de que em temperaturas mais elevadas ocorre maior mobilidade das moléculas de água dentro dos alimentos, reduzindo assim a resistência interna ao transporte de massa. Já a resistência externa ao transporte de massa diminui devido ao aumento do gradiente de pressão da água entre as fases, líquida e vapor. Além disso, altas temperaturas de secagem fornecem a energia requerida para ultrapassar o calor latente da mudança de fase, que ocorre durante a evaporação da água.

Ao comparar as Figuras 4.1 e 4.2, pode-se inferir que o experimento desidratado osmoticamente requereu um maior tempo de secagem para atingir teor de água de equilíbrio, indicando maior resistência do produto ao processo de transferência de massa. Segundo Silva Júnior et al. (2020), este fenômeno pode estar relacionado com as mudanças que a desidratação osmótica provoca na estrutura do produto. Ao longo do processo de secagem, a sacarose acumulada no produto passa por um processo de cristalização na superfície do produto, formando uma barreira para a saída de água.

#### 4.3.2 Taxas de secagem

Na Figura 4.3 estão expressas as taxas de secagem obtidas através da derivada do modelo Page utilizando as temperaturas do ar de 40, 50 e 60 °C, na amostra padrão e na amostra proveniente do experimento 6 da DO, cujas condições de desidratação foram temperatura de 60 °C e concentração da solução de sacarose de 60 °Brix.

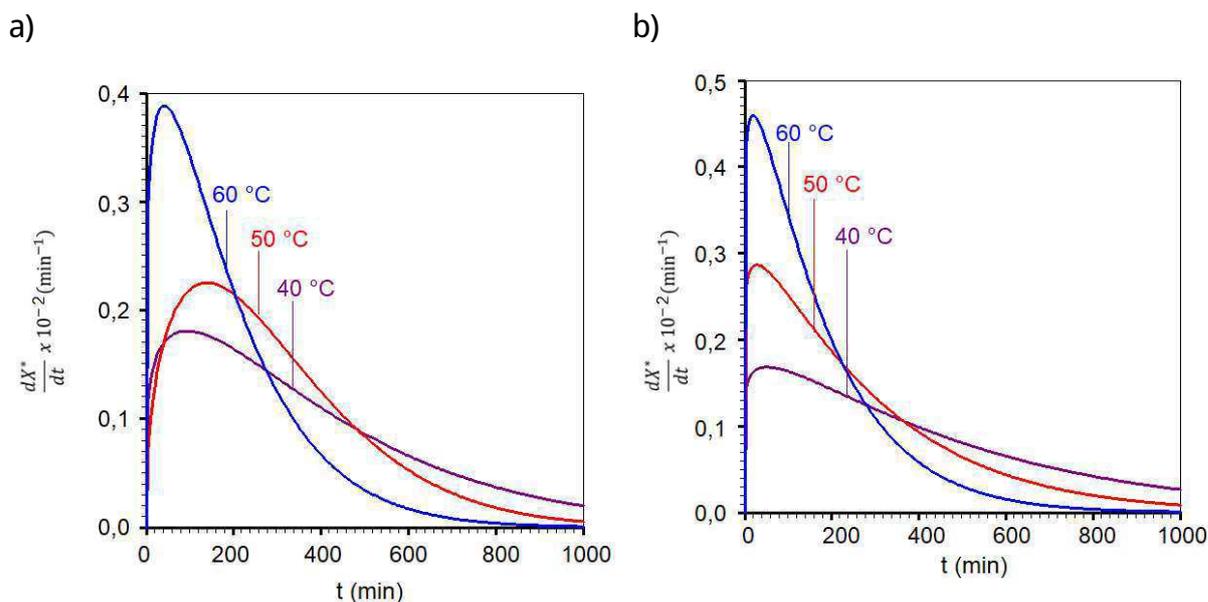


Figura 4.3- Taxas de secagem obtida através da derivada do modelo Page para a secagem utilizando as temperaturas do ar de secagem de 40, 50 e 60 °C: a) A mostra padrão b) experimento 6 da DO.

A Figura 4.3 mostra as curvas que representam as taxas de secagem em todas as temperaturas aplicadas (40, 50 e 60 °C). Pode-se observar que nos instantes iniciais do processo o produto apresenta uma taxa de secagem crescente, sendo este período denominado de período de indução. Ao finalizar o período de indução, obtém-se a maior taxa de secagem no processo, que é proporcional ao gradiente de umidade no produto e inicia-se um período de taxa decrescente. Ao longo do processo, ocorre a diminuição do teor de água do produto e diminuição dos gradientes apresentados, conseqüentemente percebe-se a diminuição da taxa de secagem ( $-dX^*/dt$ ) dos instantes iniciais até o final do processo, quando a taxa de secagem tem um valor nulo, indicando que uma condição de equilíbrio foi alcançada. Santos et al. (2019b), em seus estudos sobre a secagem de fatias de pêssego, também encontraram maiores valores de taxa de secagem durante os instantes iniciais do processo, nos quais o produto apresentou maiores valores da razão de umidade.

#### 4.3.3 Condições de contorno para a secagem convectiva

Na Tabela 4.8 estão expressos os parâmetros obtidos na simulação do processo de secagem das fatias de kiwis in natura e desidratados osmoticamente, utilizando o modelo de difusão e condições de contorno do terceiro tipo (convectiva) para a geometria parede infinita e espessura de 8 mm, desconsiderando-se o encolhimento do produto e admitindo-se a difusividade de água constante durante o processo.

Tabela 4.8- Parâmetros obtidos através das simulações utilizando solução analítica e condição de contorno do terceiro tipo.

T (°C)	Experimento	Modelo de difusão				
		D (m <sup>2</sup> .min <sup>-1</sup> )	h (m.min <sup>-1</sup> )	Bi	R <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>
40 °C	Padrão	5,01x10 <sup>-6</sup>	1,41x10 <sup>-5</sup>	1,75x10 <sup>-3</sup>	0,9952	0,0386
	1	4,06x10 <sup>-8</sup>	1,41 x10 <sup>-5</sup>	1,75	0,9983	0,0121
	2	3,85x10 <sup>-8</sup>	1,36 x10 <sup>-5</sup>	1,00	0,9989	0,0125
	3	2,37x10 <sup>-8</sup>	1,25x10 <sup>-5</sup>	1,60	0,9982	0,0143
	4	1,96x10 <sup>-8</sup>	1,04x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9935	0,0615
	5	1,47x10 <sup>-8</sup>	8,96x10 <sup>-6</sup>	1,00	0,9983	0,0194
	6	1,22x10 <sup>-8</sup>	8,60x10 <sup>-6</sup>	1,75	0,9972	0,0248
50 °C	Padrão	5,36x10 <sup>-6</sup>	2,33x10 <sup>-5</sup>	1,50x10 <sup>-3</sup>	0,9923	0,0685
	1	4,40 x10 <sup>-8</sup>	2,03x10 <sup>-5</sup>	1,75	0,9983	0,0121
	2	3,99 x10 <sup>-8</sup>	1,71x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9984	0,0119
	3	2,55 x10 <sup>-8</sup>	1,70x10 <sup>-5</sup>	1,75	0,9978	0,0167
	4	2,34x10 <sup>-8</sup>	1,55x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9971	0,0210
	5	1,95x10 <sup>-8</sup>	1,49x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9986	0,0127
	6	1,82x10 <sup>-8</sup>	1,48x10 <sup>-5</sup>	1,75	0,9987	0,0125
60 °C	Padrão	5,61x10 <sup>-6</sup>	2,53x10 <sup>-5</sup>	1,50x10 <sup>-3</sup>	0,9983	0,0113
	1	4,56x10 <sup>-8</sup>	2,31x10 <sup>-5</sup>	1,50	0,9975	0,0167
	2	4,11x10 <sup>-8</sup>	2,16x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9974	0,0175
	3	2,63x10 <sup>-8</sup>	2,24x10 <sup>-5</sup>	1,75	0,9982	0,0126
	4	2,47x10 <sup>-8</sup>	2,20x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9969	0,0213
	5	2,26x10 <sup>-8</sup>	2,18x10 <sup>-5</sup>	1,75	0,9986	0,0188
	6	2,09x10 <sup>-8</sup>	2,07x10 <sup>-5</sup>	1,25	0,9984	0,0161

A partir da análise dos dados apresentados anteriormente, pode-se observar que a difusividade efetiva tende a aumentar com o aumento de temperatura e diminuir com o aumento da concentração de sólidos solúveis totais do agente osmótico. Ao comparar os valores obtidos para a difusividade efetiva, verificou-se que as fatias de kiwi que não foram submetidas ao processo de desidratação osmótica apresentaram valores superiores com relação a este parâmetro, variando de 5,01x10<sup>-6</sup> a 5,61x10<sup>-6</sup> m<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup> nas temperaturas de 40 e 60 °C respectivamente. O experimento 6, submetido ao processo de desidratação osmótica (60 °Brix e 60 °C) apresentou valores inferiores com relação a difusividade efetiva, variando de 1,22x10<sup>-8</sup> a 2,09x10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup>.min<sup>-1</sup>.

De modo semelhante, Sousa et al. (2017) ao efetuarem a secagem da polpa de pequi verificaram que o aumento da temperatura proporcionou uma maior pressão de vapor na amostra, provocando um aumento na taxa de secagem e consequentemente na sua difusividade efetiva, que variou de 0,93x10<sup>-8</sup> a 3,93x10<sup>-8</sup> m<sup>2</sup> s<sup>-1</sup>. Magalhães et al. (2017) realizaram a cinética de secagem de maçãs, e obtiveram valores de difusividade efetiva que variaram de 1,49x10<sup>-7</sup> a 7,36 x10<sup>-7</sup>. Aires et al. (2019) ao realizarem a desidratação osmótica e secagem convectiva de

maçãs também constataram que o processo de desidratação osmótica provoca redução na difusividade do produto, pois o aumento da concentração de sacarose pode aumentar a resistência do produto à transferência de massa devido à diminuição da porosidade.

Braga (2016) em seus estudos de desidratação osmótica de manga verificou que a desidratação provocou a saturação de microcanais presentes no tecido vegetal do fruto, além de que a velocidade de difusão da sacarose para o interior do fruto é superior à difusão da água. Estes fatores implicam na redução da difusividade efetiva mediante o aumento da concentração de sacarose, dificultando assim a saída de água do produto.

Não foi observada correlação entre o número de Biot e a temperatura do ar de secagem, os valores deste parâmetro para as amostras de kiwi padrão foram baixos, da ordem de  $10^{-3}$ , indicando que a condição de contorno de terceiro tipo é a mais adequada para a descrição do processo de secagem. Constatou-se que o processo de desidratação osmótica provocou o aumento no número de Biot das amostras, que variou de 1 a 1,75, este comportamento foi semelhante ao observado por Aires et al. (2019) na secagem convectiva de maçãs osmodesidratadas. Todos os experimentos apresentaram valores de  $R^2$  superiores a 0,99 e valores reduzidos de  $c^2$ , demonstrando bom ajuste do modelo de difusão com solução analítica e condição de contorno do terceiro tipo aos dados experimentais obtidos no processo de secagem das fatias de kiwi. Aires et al. (2017) também utilizaram um modelo de difusão para descrever o processo de secagem osmoconvectiva de maçãs, utilizando a condição de contorno de terceiro tipo.

Silva et al. (2015b), utilizaram um modelo difusivo para descrever o processo de secagem intermitente de bananas e ao compararem os resultados obtidos para as condições de contorno de primeiro e segundo tipo, também constataram que o modelo que utiliza a condição de contorno do terceiro tipo apresenta melhor ajuste aos dados experimentais.

Foi verificada uma proporcionalidade entre o coeficiente convectivo de transferência de massa e a temperatura aplicada ao processo de secagem, parâmetro também influenciado pela concentração de sólidos solúveis. Valores superiores de coeficiente convectivo de transferência de massa foram obtidos na amostra padrão, que apresentou variação de  $1,41 \times 10^{-5}$  a  $2,53 \times 10^{-5}$   $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$  nas temperaturas de 40 e 60 °C respectivamente.

Através da Tabela 4.9, pode-se observar os parâmetros obtidos na simulação do processo de secagem das fatias de kiwis desidratadas e não-desidratadas osmoticamente utilizando o modelo de difusão e condição de contorno do primeiro tipo (convectiva) para a geometria parede infinita.

Tabela 4.9- Parâmetros obtidos através das simulações utilizando solução analítica e condição de contorno do primeiro tipo.

T (°C)	Experimento	Modelo de difusão		
		D (m <sup>2</sup> .min <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	c <sup>2</sup>
40 °C	Padrão	1,56x10 <sup>-6</sup>	0,9873	0,2318
	1	1,30x10 <sup>-8</sup>	0,9858	0,2754
	2	1,26 x10 <sup>-8</sup>	0,9946	0,1130
	3	1,21x10 <sup>-8</sup>	0,9942	0,1045
	4	1,18x10 <sup>-8</sup>	0,9836	0,3238
	5	1,08x10 <sup>-8</sup>	0,9892	0,1647
	6	1,05x10 <sup>-8</sup>	0,9884	0,2428
50 °C	Padrão	2,41x10 <sup>-6</sup>	0,9796	0,3692
	1	2,24x10 <sup>-8</sup>	0,9893	0,1864
	2	1,93x10 <sup>-8</sup>	0,9873	0,2071
	3	1,93x10 <sup>-8</sup>	0,9885	0,1725
	4	1,81x10 <sup>-8</sup>	0,9854	0,2278
	5	1,74x10 <sup>-8</sup>	0,9868	0,1874
	6	1,59 x10 <sup>-8</sup>	0,9890	0,1692
60 °C	Padrão	2,58 x10 <sup>-6</sup>	0,9864	0,1982
	1	2,54x10 <sup>-8</sup>	0,9846	0,2145
	2	2,56x10 <sup>-8</sup>	0,9857	0,1882
	3	2,56x10 <sup>-8</sup>	0,9861	0,1621
	4	2,45x10 <sup>-8</sup>	0,9849	0,1938
	5	2,42x10 <sup>-8</sup>	0,9883	0,0953
	6	2,29x10 <sup>-8</sup>	0,9863	0,1610

Através da Tabela 4.9 estão expressos os valores referentes a difusividade efetiva, coeficiente de determinação e qui-quadrado. As amostras padrão submetidas as temperaturas de 40, 50 e 60 °C apresentaram difusividade efetiva na ordem de 10<sup>-5</sup>, contudo as amostras submetidas previamente ao processo de desidratação osmótica apresentaram para todos os experimentos difusividade efetiva da ordem de 10<sup>-8</sup> e valores de R<sup>2</sup> superiores a 0,98, contudo ao realizar um estudo comparativo entre as simulações realizadas através da solução analítica, utilizando condições de contorno do terceiro e primeiro tipo pode-se verificar que a condição de contorno do primeiro tipo apresenta menor eficiência na descrição do processo de secagem das fatias de kiwi, quando comparada a condição de contorno do terceiro tipo. Pois percebe-se que a condição de contorno de primeiro tipo apresentou valores inferiores com relação ao parâmetro estatístico R<sup>2</sup> e valores superiores de c<sup>2</sup>, não apresentando boa confiabilidade na descrição do processo.

#### 4.3.4 Distribuição de umidade no produto

A equação de difusão resolvida numericamente através do método dos volumes infinitos, com uma formulação totalmente implícita possibilitou a observação da distribuição de umidade durante o processo de secagem convectiva das fatias de kiwi padrão (Figura 4.5), na temperatura de 40 °C e em diferentes tempos de secagem (100, 200, 300 e 400 min).

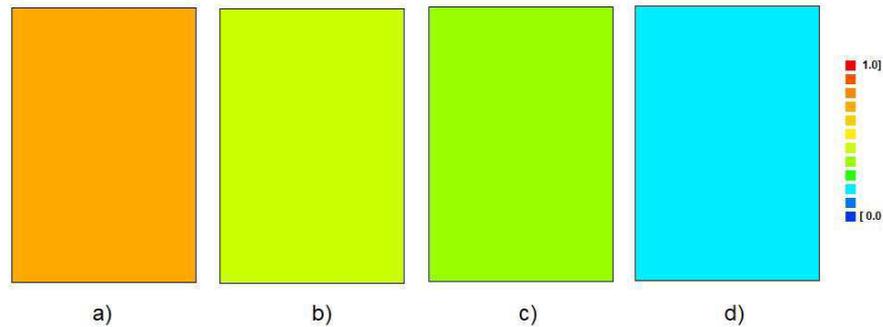


Figura 4.4- Distribuição espacial do teor de água do experimento padrão na temperatura de 40 °C em  $t = 100$  (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

Através da Figura 4.4, pode-se observar distribuição de umidade durante o processo de secagem convectiva das fatias de kiwi ao longo da sua espessura (domínio unidimensional). Neste caso, foram observadas cores uniformes nos instantes avaliados, indicando gradientes de umidade desprezíveis. Este fenômeno também foi observado por Moreira et al. (2018a) na secagem de kiwi in natura em diferentes espessuras e temperaturas, os autores verificaram que ao longo do processo a perda de umidade do produto ocorre de maneira praticamente uniforme no kiwi, sendo possível a utilização de modelos mais simples do que o modelo de difusão.

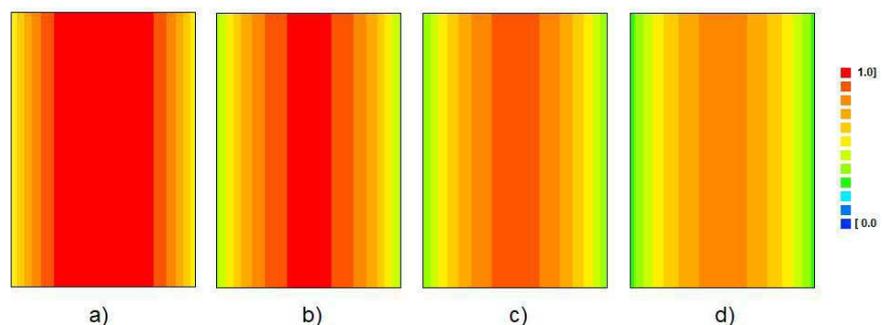


Figura 4.5- Distribuição espacial do teor de água no experimento 6 da desidratação osmótica, na temperatura de secagem de 40°C em  $t = 100$  (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

Por meio da Figura 4.5 observa-se a distribuição de umidade ao longo do processo de secagem das fatias de kiwi desidratadas osmoticamente (60 °C e 60 °Brix), utilizando a temperatura de 40 °C em diferentes tempos do processo (100, 200, 300 e 400 min). Ao contrário do observado na Figura 4.4 para a distribuição de umidade na secagem do kiwi in natura (padrão), na Figura 4.5 pode-se observar gradientes de umidade ao longo do tempo de secagem das fatias de kiwi desidratadas osmoticamente. Diante disto, pode-se inferir que a incorporação de sólidos ao produto proporciona não somente a redução de umidade, mas que provoca também mudanças na estrutura do fruto.

Ainda pode-se inferir que as amostras osmoticamente desidratadas requerem um maior tempo no processo de secagem para atingirem as condições de equilíbrio, fato que ocorre devido ao aumento da resistência à perda de água no produto devido a formação de uma película de sacarose na superfície do produto. Pode-se observar que a redução do teor de água durante o processo de secagem ocorre inicialmente nas regiões periféricas da parede infinita, até alcançar a região central.

#### 4.4 Caracterização química, física e físico-química dos kiwis-passa

Na Tabela 4.10 estão descritos os resultados referentes ao teor de água das fatias de kiwi, submetidos a diferentes tratamentos de desidratação osmótica e padrão, ambas submetidas à secagem convectiva nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, totalizando 21 experimentos de kiwi-passa.

Tabela 4.10 - Médias de teor de água e atividade de água das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.

T (°C)	Experimento DO	Temperatura DO (°C)	Concentração DO (°Brix)	Teor de água (% b.u.)	Atividade de água (a <sub>w</sub> )
40 °C Secagem	Padrão	-	-	17,86 ± 0,09 <sup>ij</sup>	0,392 ± 0,01 <sup>hij</sup>
	1	40	40	18,66 ± 0,09 <sup>gh</sup>	0,412 ± 0,01 <sup>ghi</sup>
	2	50	40	19,88 ± 0,03 <sup>ef</sup>	0,436 ± 0,02 <sup>defg</sup>
	3	60	40	20,16 ± 0,04 <sup>e</sup>	0,449 ± 0,01 <sup>cdef</sup>
	4	40	50	23,87 ± 0,06 <sup>bc</sup>	0,471 ± 0,16 <sup>abcd</sup>
	5	50	50	23,76 ± 0,11 <sup>cd</sup>	0,478 ± 0,01 <sup>abc</sup>
	6	60	60	24,73 ± 0,16 <sup>a</sup>	0,503 ± 0,14 <sup>a</sup>
50 °C Secagem	Padrão	-	-	17,72 ± 0,06 <sup>ij</sup>	0,378 ± 0,03 <sup>ij</sup>
	1	40	40	18,42 ± 0,07 <sup>hi</sup>	0,405 ± 0,01 <sup>ghi</sup>
	2	50	40	19,58 ± 0,04 <sup>f</sup>	0,425 ± 0,12 <sup>efgh</sup>
	3	60	40	19,92 ± 0,05 <sup>ef</sup>	0,421 ± 0,02 <sup>fgh</sup>
	4	40	50	23,51 ± 0,03 <sup>cd</sup>	0,463 ± 0,01 <sup>bcd</sup>
	5	50	50	23,87 ± 0,17 <sup>bc</sup>	0,475 ± 0,04 <sup>abc</sup>
	6	60	60	24,63 ± 0,09 <sup>a</sup>	0,493 ± 0,01 <sup>ab</sup>
60 °C Secagem	Padrão	-	-	17,48 ± 0,01 <sup>l</sup>	0,366 ± 0,01 <sup>j</sup>
	1	40	40	18,16 ± 0,04 <sup>ij</sup>	0,396 ± 0,01 <sup>hij</sup>
	2	50	40	18,98 ± 0,10 <sup>g</sup>	0,413 ± 0,12 <sup>ghi</sup>
	3	60	40	19,61 ± 0,04 <sup>f</sup>	0,405 ± 0,04 <sup>ghi</sup>
	4	40	50	23,30 ± 0,03 <sup>d</sup>	0,460 ± 0,13 <sup>bcd</sup>
	5	50	50	23,76 ± 0,11 <sup>cd</sup>	0,471 ± 0,01 <sup>abcd</sup>
	6	60	60	24,31 ± 0,17 <sup>a</sup>	0,488 ± 0,01 <sup>ab</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A partir dos dados expressos na Tabela 4.10 verificou-se que as amostras que foram submetidas ao experimento 6 da desidratação osmótica apresentaram valores superiores com relação ao teor de água (24,31 a 24,74%), diferindo estatisticamente das demais quando comparadas a um nível de significância de 5%. Este fato ocorre devido a maior concentração de solutos no produto e durante o processo de secagem que formam uma camada superficial que atua como uma barreira para a transferência de massa no produto.

Valores inferiores com relação a este parâmetro foram obtidos no experimento que não foi submetido previamente ao processo de desidratação osmótica (in natura), apresentando valores que variaram de 17,86 a 17,48 %. Ainda pode-se verificar uma tendência a diminuir nos valores deste parâmetro devido ao aumento da temperatura do ar de secagem, pois em temperaturas superiores ocorrem maiores taxas de secagem. Batista et al. (2014) ao avaliarem a estabilidade de bananas passa em diferentes tempos de armazenamento, quantificaram 20,37 a 22,60% de teor de água e 0,65 a 0,70 de atividade de água.

Todas as amostras apresentaram-se adequadas ao padrão de qualidade estabelecido pela legislação, através da Resolução nº12 de 1978, com relação ao teor de água (% b.u.), que preconiza que frutas desidratadas devem apresentar um teor de água máximo de 25% (BRASIL, 1978).

Com relação a atividade de água foi observado um comportamento semelhante ao apresentado no teor de água das amostras, em que os valores superiores foram obtidos no experimento 6 (de maior concentração de sacarose), que apresentou variação de 0,503 a 0,488. Valores inferiores foram apresentados no experimento que não foi submetido ao processo de desidratação osmótica, que apresentaram valores de 0,366 a 0,392. Além da influência da concentração de sacarose no parâmetro de atividade de água, a temperatura foi uma variável que influenciou diretamente na magnitude deste parâmetro, sendo os menores valores obtidos nas maiores temperaturas de secagem.

De acordo com Silva et al. (2012) a água é um constituinte presente em alta concentração nos produtos agrícolas, influenciando consideravelmente seu sabor, processo de digestão e estrutura física. Os autores observaram também, que praticamente todos os processos de deterioração que ocorrem em alimentos são influenciados de alguma forma pela concentração e mobilidade da água em seu interior.

Apesar da legislação brasileira não delimitar a faixa de atividade de água ideal para frutas desidratadas, Barros et al. (2019a) afirmaram que valores reduzidos com relação a este parâmetro podem representar maior estabilidade durante o armazenamento do produto, sendo os alimentos com atividade de água superiores a 0,60 mais suscetíveis a processos de deterioração causados por bolores, leveduras e reações bioquímicas. Diante disto, observa-se que todos os experimentos apresentam valores de atividade de água que contribuem para proporcionar maior estabilidade ao produto.

Através da Tabela 4.11 estão expostos os resultados referentes ao pH, acidez total titulável, sólidos solúveis totais e ratio das fatias de kiwi, em diferentes tratamentos de desidratação osmótica e padrão, e submetidas às temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C.

Tabela 4.11 - Médias de pH, acidez total titulável (ATT), sólidos solúveis totais (SST) e ratio das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.

T (°C)	Experimento DO	pH	ATT (% ácido cítrico)	SST (°Brix)	ratio (SST/ATT)
40 °C Secagem	Padrão	3,22 ± 0,01 <sup>ij</sup>	1,77 ± 0,02 <sup>ab</sup>	16,36 ± 0,02 <sup>l</sup>	9,25 ± 0,02 <sup>i</sup>
	1	3,22 ± 0,02 <sup>hij</sup>	1,636 ± 0,09 <sup>abcd</sup>	27,83 ± 0,03 <sup>j</sup>	17,54 ± 0,01 <sup>h</sup>
	2	3,27 ± 0,03 <sup>ghij</sup>	1,48 ± 0,03 <sup>defg</sup>	30,66 ± 0,01 <sup>hi</sup>	20,70 ± 0,02 <sup>gh</sup>
	3	3,31 ± 0,02 <sup>fgh</sup>	1,33 ± 0,04 <sup>fgh</sup>	34,66 ± 0,04 <sup>f</sup>	26,06 ± 0,03 <sup>fg</sup>
	4	3,38 ± 0,02 <sup>def</sup>	1,27 ± 0,06 <sup>ghi</sup>	40,83 ± 0,06 <sup>d</sup>	26,13 ± 0,04 <sup>fg</sup>
	5	3,68 ± 0,01 <sup>ab</sup>	1,16 ± 0,06 <sup>hij</sup>	42,50 ± 0,02 <sup>cd</sup>	36,66 ± 0,01 <sup>c</sup>
	6	3,74 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,94 ± 0,14 <sup>j</sup>	50,66 ± 0,03 <sup>a</sup>	53,72 ± 0,02 <sup>a</sup>
50 °C Secagem	Padrão	3,20 ± 0,01 <sup>ijl</sup>	1,80 ± 0,03 <sup>ab</sup>	16,43 ± 0,01 <sup>l</sup>	9,11 ± 0,01 <sup>i</sup>
	1	3,21 ± 0,01 <sup>ij</sup>	1,636 ± 0,07 <sup>abcd</sup>	28,33 ± 0,02 <sup>j</sup>	17,32 ± 0,02 <sup>h</sup>
	2	3,25 ± 0,04 <sup>ghij</sup>	1,53 ± 0,04 <sup>cdef</sup>	31,66 ± 0,03 <sup>gh</sup>	20,71 ± 0,06 <sup>gh</sup>
	3	3,28 ± 0,02 <sup>ghi</sup>	1,37 ± 0,05 <sup>efgh</sup>	36,50 ± 0,06 <sup>e</sup>	26,66 ± 0,03 <sup>ef</sup>
	4	3,33 ± 0,03 <sup>efg</sup>	1,31 ± 0,03 <sup>ghi</sup>	41,32 ± 0,02 <sup>d</sup>	31,48 ± 0,01 <sup>cdef</sup>
	5	3,47 ± 0,01 <sup>d</sup>	1,20 ± 0,07 <sup>hi</sup>	43,66 ± 0,04 <sup>bc</sup>	36,52 ± 0,02 <sup>c</sup>
	6	3,60 ± 0,02 <sup>bc</sup>	1,10 ± 0,01 <sup>ij</sup>	52,10 ± 0,01 <sup>a</sup>	47,63 ± 0,03 <sup>b</sup>
60 °C Secagem	Padrão	3,12 ± 0,01 <sup>l</sup>	1,84 ± 0,01 <sup>a</sup>	16,52 ± 0,01 <sup>l</sup>	8,97 ± 0,12 <sup>i</sup>
	1	3,19 ± 0,03 <sup>jl</sup>	1,73 ± 0,04 <sup>abc</sup>	29,33 ± 0,02 <sup>ij</sup>	16,89 ± 0,02 <sup>h</sup>
	2	3,22 ± 0,02 <sup>hij</sup>	1,62 ± 0,1 <sup>bcd</sup>	32,50 ± 0,04 <sup>g</sup>	20,06 ± 0,01 <sup>h</sup>
	3	3,26 ± 0,01 <sup>ghij</sup>	1,45 ± 0,04 <sup>defg</sup>	37,83 ± 0,12 <sup>e</sup>	32,09 ± 0,05 <sup>cde</sup>
	4	3,28 ± 0,01 <sup>ghij</sup>	1,43 ± 0,03 <sup>defg</sup>	41,66 ± 0,08 <sup>d</sup>	29,14 ± 0,06 <sup>def</sup>
	5	3,43 ± 0,02 <sup>de</sup>	1,28 ± 0,01 <sup>ghi</sup>	45,00 ± 0,12 <sup>b</sup>	35,01 ± 0,07 <sup>cd</sup>
	6	3,57 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,18 ± 0,01 <sup>hi</sup>	52,33 ± 0,04 <sup>a</sup>	44,24 ± 0,03 <sup>b</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Segundo Nunes et al. (2017), além do teor de água e da atividade de água, o pH apresenta-se como um parâmetro determinante na estabilidade do produto, uma vez que em determinadas faixas de pH torna-se inviável o desenvolvimento de microrganismos. Silva et al. (2019b) ao realizarem a secagem de frutos de baru nas temperaturas de 40, 60, 80 e 100°C, os autores observaram o aumento da acidez e redução do pH devido ao aumento da temperatura.

Observou-se que a concentração de sacarose na desidratada osmótica e a temperatura aplicada ao processo de secagem exerceram influência com relação ao pH e a acidez das amostras. Valores superiores de pH foram apresentados no experimento 6 de desidratada osmótica (maior concentração de sacarose) secas a 40 °C (menor temperatura de secagem), valores inferiores foram obtidos no experimento padrão seco a 60 °C. Houve diferença estatística entre as amostras quando comparadas entre si a um nível de 5% de significância, apresentando variação de 3,12 a 3,74.

Constatou-se que a acidez total titulável foi diretamente proporcional a temperatura aplicada no processo de secagem convectiva e inversamente proporcional a concentração de sacarose durante o processo de desidratação osmótica, apresentando variação de 0,94 a 1,84 % ácido cítrico. Comportamento similar foi reportado por Santos et al. (2019b) ao realizarem a cinética de secagem de pêssego, observaram que o aumento da temperatura aplicada ao processo de secagem proporcionou redução do pH e aumento da acidez do produto, apresentando valores de 1,26 a 1,82% e pH de 6,32 a 6,52.

Através dos resultados obtidos com relação ao teor de sólidos solúveis totais das amostras, pode-se afirmar que valores superiores com relação a este parâmetro foram observados nos experimentos contendo maior concentração de sacarose na solução osmótica e maior temperatura aplicada durante os processos de desidratação osmótica e secagem, o experimento 6 apresentou valores superiores com relação a este parâmetro (50,66 a 52,33 °Brix), portanto foi observada diferença estatística significativa com relação as temperaturas, indicando assim que a concentração de sacarose da solução osmótica é a variável que mais interfere no teor de sólidos solúveis totais.

Em relação ao parâmetro ratio, o experimento 6 (em todas as temperaturas de secagem) apresentaram valores superiores de ratio que variaram de 44,24 a 53,72, indicando que neste experimento de DO as amostras apresentam maior grau de doçura quando comparada as demais. De acordo com Sousa et al. (2018), o ratio é um parâmetro tecnológico usado para relacionar o teor de SST e ATT do produto e é capaz de representar o sabor do produto, indicando também o equilíbrio entre os sabores de doce e ácido. Valores inferiores foram obtidos na amostra padrão (sem desidratação osmótica) por apresentarem menor teor de SST, variando de 8,97 a 9,25.

Na Tabela 4.12 estão expostos os resultados referentes ao teor de cinzas, lipídios, proteínas e ácido ascórbico das fatias de kiwi, em diferentes tratamentos de desidratação osmótica e padrão, submetidas às temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C.

Tabela 4.12- Médias do teor de cinzas, lipídios, proteínas e Açúcar das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.

T (°C)	Experimento DO	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Açúcar (mg/100g)
40 °C Secagem	Padrão	0,97 ± 0,01 <sup>m</sup>	0,52 ± 0,01 <sup>n</sup>	2,71 ± 0,02 <sup>ab</sup>	55,10 ± 0,02 <sup>a</sup>
	1	1,21 ± 0,02 <sup>j</sup>	0,56 ± 0,01 <sup>lmn</sup>	2,34 ± 0,01 <sup>de</sup>	51,94 ± 1,29 <sup>b</sup>
	2	1,44 ± 0,03 <sup>h</sup>	0,60 ± 0,02 <sup>ijl</sup>	2,29 ± 0,02 <sup>e</sup>	50,82 ± 0,03 <sup>bc</sup>
	3	1,47 ± 0,02 <sup>gh</sup>	0,67 ± 0,04 <sup>gh</sup>	1,67 ± 0,03 <sup>h</sup>	50,55 ± 0,32 <sup>bcd</sup>
	4	1,53 ± 0,02 <sup>fg</sup>	0,71 ± 0,03 <sup>fg</sup>	2,07 ± 0,05 <sup>fg</sup>	49,36 ± 0,06 <sup>cde</sup>
	5	1,65 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,76 ± 0,01 <sup>cde</sup>	2,77 ± 0,04 <sup>a</sup>	46,95 ± 0,08 <sup>gh</sup>
	6	1,77 ± 0,01 <sup>bc</sup>	0,79 ± 0,02 <sup>bc</sup>	2,77 ± 0,02 <sup>a</sup>	33,28 ± 0,09 <sup>n</sup>
50 °C Secagem	Padrão	1,03 ± 0,01 <sup>m</sup>	0,53 ± 0,03 <sup>mn</sup>	2,59 ± 0,02 <sup>abc</sup>	50,14 ± 0,12 <sup>cd</sup>
	1	1,28 ± 0,01 <sup>i</sup>	0,57 ± 0,02 <sup>lmn</sup>	2,25 ± 0,02 <sup>ef</sup>	48,91 ± 0,28 <sup>def</sup>
	2	1,45 ± 0,04 <sup>h</sup>	0,62 ± 0,03 <sup>ij</sup>	2,23 ± 0,01 <sup>ef</sup>	47,86 ± 0,15 <sup>efg</sup>
	3	1,49 ± 0,02 <sup>fgh</sup>	0,69 ± 0,02 <sup>gh</sup>	1,45 ± 0,03 <sup>i</sup>	47,47 ± 0,06 <sup>fg</sup>
	4	1,55 ± 0,03 <sup>ef</sup>	0,72 ± 0,03 <sup>efg</sup>	1,89 ± 0,04 <sup>g</sup>	42,24 ± 0,04 <sup>j</sup>
	5	1,73 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,77 ± 0,04 <sup>bcd</sup>	2,49 ± 0,12 <sup>cd</sup>	44,12 ± 0,04 <sup>i</sup>
	6	1,82 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,81 ± 0,01 <sup>ab</sup>	2,57 ± 0,04 <sup>bc</sup>	40,21 ± 0,02 <sup>o</sup>
60 °C Secagem	Padrão	1,10 ± 0,01 <sup>l</sup>	0,54 ± 0,02 <sup>mn</sup>	2,32 ± 0,03 <sup>de</sup>	47,00 ± 0,52 <sup>gh</sup>
	1	1,34 ± 0,03 <sup>i</sup>	0,58 ± 0,01 <sup>ilm</sup>	2,08 ± 0,03 <sup>fg</sup>	45,49 ± 0,18 <sup>hi</sup>
	2	1,46 ± 0,02 <sup>h</sup>	0,65 ± 0,12 <sup>hi</sup>	2,08 ± 0,02 <sup>f</sup>	45,03 ± 0,02 <sup>i</sup>
	3	1,49 ± 0,01 <sup>fgh</sup>	0,70 ± 0,04 <sup>fgh</sup>	1,31 ± 0,04 <sup>i</sup>	44,92 ± 0,21 <sup>i</sup>
	4	1,59 ± 0,01 <sup>de</sup>	0,74 ± 0,03 <sup>def</sup>	1,67 ± 0,03 <sup>h</sup>	40,38 ± 0,34 <sup>l</sup>
	5	1,75 ± 0,02 <sup>c</sup>	0,78 ± 0,01 <sup>bcd</sup>	2,36 ± 0,08 <sup>de</sup>	37,87 ± 0,08 <sup>m</sup>
	6	1,84 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,86 ± 0,01 <sup>a</sup>	2,41 ± 0,02 <sup>cde</sup>	28,42 ± 0,01 <sup>p</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Através da Tabela 4.12 verificou-se que o aumento da concentração de sacarose na desidratação osmótica e da temperatura aplicada no processo, proporcionou o aumento percentual do teor de cinzas. O experimento 6 da DO seco 60 °C apresentou valor superior quando comparado aos demais (1,84 %), enquanto o experimento padrão da DO seco 40 °C apresentou valor inferior (0,97). Com relação às temperaturas utilizadas no processo de secagem convectiva, verificou-se que em temperaturas superiores proporciona-se a diminuição da umidade das amostras e consequentemente o aumento percentual do teor de cinzas.

Castro et al. (2016) verificaram que o ganho de sólidos durante o processo de desidratação osmótica proporciona ao produto o aumento no teor de cinzas, os autores reportaram valores que variaram de 1,00 a 1,64 % de cinzas em amostras de goiaba desidratadas osmoticamente e com secagem convectiva complementar.

Foram obtidos baixos percentuais de lipídios nas amostras analisadas (0,52 a 0,86%) e foi verificada uma proporcionalidade entre o teor lipídico das amostras e as variáveis

concentração de sacarose e temperatura. Valores superiores com relação a este experimento foram apresentados no experimento 6 da desidratação osmótica seco - 60 °C, valores inferiores foram obtidos para a amostra padrão na menor temperatura de secagem (40°C).

Santos et al. (2019d) ao realizarem a avaliação da influência da temperatura aplicada na secagem de casca de pitomba, verificaram que o aumento da temperatura proporciona o aumento no percentual de lipídios que variou de 0,80 (casca de pitomba in natura) a 1,31% (70 °C na secagem). Durante a secagem de albedo do maracujá Silva et al. (2019) obtiveram baixos percentuais de lipídios (0,08 a 0,15%) e verificaram que o teor lipídico é diretamente proporcional a temperatura aplicada ao processo de secagem.

Não foi observada correlação entre a concentração de sólidos solúveis da solução osmótica e o teor de proteínas das amostras. Contudo, observou-se a elevação da temperatura de secagem provoca desnaturação das proteínas nas amostras, que variou de 1,31 a 2,77%.

Elias et al. (2008) verificaram que o processo de desidratação osmótica e secagem convectiva de pequi, proporcionou o aumento no teor de proteínas em cerca de 217% entre o fruto in natura (0,53%) e desidratado (1,68%), devido a concentração deste componente que ocorre com a diminuição do teor de água. Com relação as temperaturas utilizadas no processo de secagem convectiva, Santos et al. (2020) também verificaram desnaturação das proteínas em temperaturas mais elevadas na secagem de cascas de pitomba e obtiveram valores de 3,44 a 3,68. Rocha (2017) obteve teor de proteínas que variou de 4,02 a 6,67 no processo de secagem osmoconvectiva de fatias de kiwi e constatou maior degradação deste componente na temperatura de secagem de 70 °C.

Através dos dados obtidos, constatou-se que a amostra que não foi submetida ao processo de desidratação osmótica apresentou valores superiores de ácido ascórbico, quando comparadas com as demais através da análise estatística, apresentando valores elevados nas fatias de kiwi secas - 40 °C (55,10 mg/100g), ao elevar a temperatura de secagem houve maior degradação deste composto e a amostra seca - 60 °C apresentou 47mg/100g. Estes valores, foram superiores ao obtido nas amostras desidratadas osmoticamente, pois nestes casos foi requerido maior tempo de secagem e o produto ficou maior tempo exposto a altas temperaturas, provocando assim a degradação do composto. Moreira et al. (2018a) obtiveram valor superior de vitamina c, na fatia de kiwi in natura seca - 70 °C e com 15 mm de espessura (67,8 mg/100g).

Nóbrega et al. (2014) e Demiray et al. (2013), constataram que temperaturas elevadas do ar de secagem provocam maior deterioração de ácido ascórbico em tomates e resíduo de acerola, respectivamente. Pois segundo Silva et al. (2018), a vitamina c é um composto sensível

e pode ser degradada por vários fatores, como luz, umidade, pH e binômio tempo-temperatura aplicado ao processo.

Na Tabela 4.13 estão expostos os resultados referentes ao teor de açúcares redutores, totais, clorofilas e carotenoides das fatias de kiwi, em diferentes tratamentos de desidratação osmótica e padrão, submetidas às temperaturas de secagem de 40, 50 e 60 °C.

Tabela 4.13 - Médias do teor de açúcares redutores, totais, clorofilas e carotenoides das fatias de kiwi, submetidas a diferentes tratamentos osmóticos e secagem convectiva complementar.

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de

T (°C)	Experimento DO	Açúcares redutores (% glicose)	Açúcares totais (% glicose)	Clorofilas (mg/100g)	Carotenoides (mg/100g)
40 °C Secagem	Padrão	6,56 ± 0,09 <sup>o</sup>	12,32 ± 0,01 <sup>o</sup>	1,85 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,91 ± 0,03 <sup>abc</sup>
	1	12,25 ± 0,06 <sup>l</sup>	22,09 ± 0,07 <sup>l</sup>	1,75 ± 0,03 <sup>abc</sup>	0,89 ± 0,02 <sup>abcd</sup>
	2	15,21 ± 0,13 <sup>j</sup>	26,40 ± 0,04 <sup>i</sup>	1,68 ± 0,03 <sup>bcdef</sup>	0,86 ± 0,01 <sup>bcd</sup>
	3	18,76 ± 0,08 <sup>h</sup>	30,24 ± 0,03 <sup>g</sup>	1,46 ± 0,02 <sup>ghij</sup>	0,76 ± 0,04 <sup>e</sup>
	4	21,17 ± 0,20 <sup>g</sup>	33,29 ± 0,01 <sup>f</sup>	1,56 ± 0,05 <sup>efgh</sup>	0,58 ± 0,01 <sup>fg</sup>
	5	23,61 ± 0,02 <sup>e</sup>	36,19 ± 0,04 <sup>e</sup>	1,61 ± 0,01 <sup>bcdef</sup>	0,54 ± 0,02 <sup>gh</sup>
	6	30,49 ± 0,07 <sup>c</sup>	43,27 ± 0,02 <sup>c</sup>	1,73 ± 0,02 <sup>abcd</sup>	0,49 ± 0,09 <sup>n</sup>
50 °C Secagem	Padrão	7,69 ± 0,02 <sup>n</sup>	13,75 ± 0,03 <sup>n</sup>	1,76 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,93 ± 0,02 <sup>ab</sup>
	1	13,09 ± 0,07 <sup>l</sup>	23,87 ± 0,03 <sup>j</sup>	1,69 ± 0,02 <sup>abcdef</sup>	0,87 ± 0,03 <sup>bcd</sup>
	2	16,02 ± 0,03 <sup>i</sup>	27,38 ± 0,05 <sup>i</sup>	1,64 ± 0,01 <sup>bcdef</sup>	0,85 ± 0,12 <sup>cd</sup>
	3	19,39 ± 0,08 <sup>h</sup>	31,17 ± 0,03 <sup>g</sup>	1,39 ± 0,02 <sup>ijl</sup>	0,64 ± 0,04 <sup>f</sup>
	4	22,04 ± 0,02 <sup>f</sup>	34,91 ± 0,03 <sup>e</sup>	1,45 ± 0,04 <sup>hijl</sup>	0,45 ± 0,02 <sup>ij</sup>
	5	24,36 ± 0,01 <sup>e</sup>	37,59 ± 0,02 <sup>d</sup>	1,60 ± 0,02 <sup>bcdef</sup>	0,44 ± 0,01 <sup>ij</sup>
	6	33,20 ± 0,04 <sup>b</sup>	46,18 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,65 ± 0,02 <sup>bcdef</sup>	0,43 ± 0,03 <sup>ijl</sup>
60 °C Secagem	Padrão	8,71 ± 0,03 <sup>m</sup>	14,98 ± 0,02 <sup>m</sup>	1,71 ± 0,01 <sup>abcde</sup>	0,96 ± 0,02 <sup>a</sup>
	1	13,89 ± 0,03 <sup>j</sup>	24,20 ± 0,02 <sup>j</sup>	1,60 ± 0,01 <sup>cdefgh</sup>	0,84 ± 0,03 <sup>d</sup>
	2	16,56 ± 0,06 <sup>i</sup>	28,48 ± 0,02 <sup>h</sup>	1,53 ± 0,03 <sup>fghi</sup>	0,58 ± 0,01 <sup>fg</sup>
	3	20,16 ± 0,03 <sup>g</sup>	32,20 ± 0,03 <sup>f</sup>	1,35 ± 0,01 <sup>ijl</sup>	0,45 ± 0,02 <sup>ij</sup>
	4	22,93 ± 0,05 <sup>f</sup>	35,21 ± 0,03 <sup>e</sup>	1,29 ± 0,02 <sup>l</sup>	0,38 ± 0,04 <sup>ilm</sup>
	5	26,39 ± 0,02 <sup>d</sup>	39,41 ± 0,06 <sup>d</sup>	1,57 ± 0,01 <sup>defgh</sup>	0,36 ± 0,03 <sup>lm</sup>
	6	36,07 ± 0,07 <sup>a</sup>	49,21 ± 0,03 <sup>a</sup>	1,58 ± 0,04 <sup>defgh</sup>	0,34 ± 0,05 <sup>m</sup>

5% de probabilidade.

Observa-se por meio da Tabela 4.13, os valores referentes ao teor de açúcares redutores e totais das amostras de fatias de kiwi. Verificou-se que as amostras que não foram submetidas ao processo de desidratação osmótica (padrão) apresentaram baixos valores de açúcares redutores e totais, apresentando uma variação de 6,56 a 8,71% e 12,32 a 14,98% respectivamente.

Os teores de açúcares totais e redutores aumentaram com o aumento da temperatura e concentração de sacarose da solução osmótica, sendo o experimento 6 da DO e seco a 60 °C

que apresentou os maiores valores dos teores de açúcares redutores e totais, quando comparados com as demais amostras. Para este experimento, foram obtidos 36,07% de açúcares redutores e 49,21% de açúcares totais. Nunes et al. (2017) verificaram comportamento semelhante, em que o aumento na temperatura aplicada no processo de secagem de resíduo de abacaxi proporcionou um acréscimo no percentual de açúcares redutores no produto, apresentando variação de 18,58 a 23,37%.

Almeida (2013) ao realizar o processo de desidratação osmótica e secagem convectiva, utilizando as temperaturas de 50, 60 e 70 °C e concentração de sacarose de 40, 55 e 70 °Brix, obteve teor de açúcares redutores que variou de 25,46 a 40,25%. Delgado et al. (2017) durante o processo de desidratação osmótica de castanha portuguesa (*Castanea sativa* Mill.), constataram que a sacarose foi o principal composto presente no produto desidratado devido a incorporação a partir da solução osmótica, correspondendo a um aumento de cerca de 50% quando comparado ao produto in natura. Os autores verificaram o aumento da glicose e frutose, sendo este considerado como um indicativo de que houve hidratação da sacarose durante o processo.

Com relação ao teor de clorofilas totais, verificou-se que o experimento padrão apresentou valores superiores deste composto (1,85 a 1,71 mg/100g), foi constatado na temperatura mais elevada (60 °C) ocorre maior degradação deste composto, ocorrendo redução nos seus valores. Santos et al. (2019e) verificaram que o aumento da temperatura (50 a 70 °C) no processo de secagem de quiabo provocou a degradação das clorofilas, que variou de 14,47 a 9,74 mg/100g.

Com relação ao teor de carotenoides das amostras, observou-se que o acréscimo da temperatura do ar de secagem provocou maior deterioração deste composto. Valores superiores foram obtidos no experimento padrão, que apresentou variação de 0,91 a 0,96 mg/100g. Mendes et al. (2013) ao avaliarem o processo de secagem convectiva de laranjas, verificaram que o aumento da temperatura do ar ocasionou elevadas perdas no conteúdo de carotenoides.

Na Tabela 4.14 estão expostos os resultados referentes a análise de cor dos kiwis-passa, com relação aos parâmetros de L (Luminosidade), +a\* (intensidade do vermelho) e +b\* (intensidade do amarelo).

Tabela 4.14- Médias dos parâmetros de cor dos kiwis-passa (L, +a\* e +b\*).

T (°C)	Experimento DO	L	+a*	+b*
40 °C Secagem	Padrão	38,57 ± 0,25 <sup>abc</sup>	6,24 ± 0,01 <sup>j</sup>	18,45 ± 0,02 <sup>o</sup>
	1	34,65 ± 1,25 <sup>cdef</sup>	6,91 ± 0,07 <sup>hij</sup>	20,36 ± 0,74 <sup>n</sup>
	2	34,95 ± 1,44 <sup>cdef</sup>	8,12 ± 0,05 <sup>g</sup>	23,45 ± 0,09 <sup>l</sup>
	3	31,20 ± 1,39 <sup>fgh</sup>	9,33 ± 0,05 <sup>f</sup>	25,70 ± 0,12 <sup>i</sup>
	4	29,00 ± 0,33 <sup>ghij</sup>	10,20 ± 0,02 <sup>de</sup>	27,95 ± 0,06 <sup>gh</sup>
	5	27,00 ± 0,33 <sup>ij</sup>	10,39 ± 0,20 <sup>cde</sup>	31,12 ± 0,11 <sup>e</sup>
	6	24,95 ± 1,44 <sup>j</sup>	11,03 ± 0,10 <sup>abc</sup>	33,96 ± 0,06 <sup>bc</sup>
50 °C Secagem	Padrão	39,36 ± 1,21 <sup>ab</sup>	6,50 ± 0,03 <sup>ij</sup>	19,67 ± 0,02 <sup>n</sup>
	1	35,67 ± 0,91 <sup>bcde</sup>	7,04 ± 0,06 <sup>hi</sup>	21,42 ± 0,17 <sup>m</sup>
	2	35,59 ± 1,76 <sup>bcde</sup>	8,27 ± 0,05 <sup>g</sup>	24,29 ± 0,02 <sup>j</sup>
	3	32,51 ± 0,34 <sup>efg</sup>	9,76 ± 0,10 <sup>ef</sup>	26,34 ± 0,23 <sup>i</sup>
	4	28,89 ± 0,33 <sup>ghij</sup>	10,25 ± 0,42 <sup>de</sup>	28,54 ± 0,09 <sup>fg</sup>
	5	28,22 ± 0,46 <sup>hij</sup>	10,61 ± 0,17 <sup>bcd</sup>	32,25 ± 0,33 <sup>d</sup>
	6	25,26 ± 1,33 <sup>ij</sup>	11,26 ± 0,06 <sup>ab</sup>	34,62 ± 0,10 <sup>b</sup>
60 °C Secagem	Padrão	40,96 ± 1,49 <sup>a</sup>	6,71 ± 0,02 <sup>hij</sup>	20,09 ± 0,01 <sup>n</sup>
	1	37,34 ± 1,82 <sup>abcd</sup>	7,34 ± 0,033 <sup>h</sup>	22,99 ± 0,04 <sup>l</sup>
	2	36,18 ± 0,56 <sup>bcde</sup>	8,56 ± 0,06 <sup>g</sup>	24,57 ± 0,15 <sup>j</sup>
	3	34,39 ± 0,47 <sup>def</sup>	9,89 ± 0,16 <sup>ef</sup>	27,70 ± 0,25 <sup>h</sup>
	4	31,34 ± 0,16 <sup>fgh</sup>	10,36 ± 0,03 <sup>cde</sup>	29,24 ± 0,10 <sup>f</sup>
	5	29,19 ± 0,50 <sup>ghi</sup>	10,87 ± 0,06 <sup>bcd</sup>	33,62 ± 0,12 <sup>c</sup>
	6	27,51 ± 1,57 <sup>hij</sup>	11,65 ± 0,11 <sup>a</sup>	36,16 ± 0,03 <sup>a</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Constatou-se que o parâmetro de luminosidade foi diretamente proporcional a temperatura do ar de secagem e inversamente proporcional a concentração de sacarose na solução osmótica. As amostras apresentaram luminosidade superior na amostra padrão seca a 60 °C (40,96) e valor inferior no experimento 6 da DO seco a 40 °C.

Sousa et al. (2003), verificaram que o aumento da concentração de sacarose da solução osmótica provocou uma tendência ao escurecimento (redução do valor L\*) no produto. Os autores atribuíram estas mudanças relacionadas a coloração a reação de Maillard e ao processo de caramelização. Aral e Bese (2016) ao realizarem a secagem do fruto do espinheiro, verificaram que o aumento da temperatura de secagem proporcionou um menor tempo de secagem e conseqüentemente houve uma diminuição na ocorrência da reação de Maillard, foram obtidos valores superiores de L e redução do +a\* indicando menor escurecimento nestas condições.

Com relação aos parâmetros a\* e b\*, verificou-se o aumento das suas magnitudes com o aumento da concentração de sacarose utilizada no processo de desidratação osmótica e a temperatura do ar de secagem. O experimento 6 da DO seco a 60 °C, apresentou valores

superiores com relação aos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  indicando maior escurecimento das amostras. Santos et al. (2017) e Moreira et al. (2018b) também verificaram que o aumento na temperatura de secagem proporcionou aumento nos valores de luminosidade das cascas de pitaya e do fruto do mandacaru, respectivamente.

Correia et al. (2017) ao realizarem a secagem de kiwi verificaram que a secagem proporcionou o aumento nos valores das coordenadas de cor  $a^*$  e  $b^*$ , indicando que a intensidade da cor verde foi reduzida com a secagem havendo a transição para o amarelo. De acordo com Doymaz (2018), as alterações nos valores de  $b^*$  durante o processo de secagem de kiwi podem indicar a decomposição de pigmentos de clorofila e carotenoides, além de representar a formação de pigmentos marrons causadas pela reação de Millard.

De acordo com Araújo et al. (2017) a cor é um atributo que pode influenciar diretamente na aceitação do produto pelos consumidores. Os parâmetros de cor mais utilizados são  $L^*$  e  $b^*$ , pois representam a distribuição uniforme de cores e o gradiente existente entre duas cores diferentes se aproxima a percepção apresentada pelo olho humano.

A Tabela 4.15 apresenta os valores médios das variáveis respostas para as características texturais dos kiwi-passa.

Tabela 4.15 - Médias dos parâmetros do perfil de textura instrumental dos kiwis-passa.

T (°C)	Experimento DO	Firmeza (N)	Coabilidade (N.m)	Mastigabilidade (N)
40 °C Secagem	Padrão	416,82 ± 9,23 <sup>ab</sup>	0,67 ± 0,07 <sup>cdef</sup>	119,09 ± 5,11 <sup>gh</sup>
	1	312,81 ± 5,86 <sup>de</sup>	0,65 ± 0,02 <sup>defg</sup>	100,99 ± 0,02 <sup>hi</sup>
	2	251,99 ± 4,13 <sup>fg</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>gh</sup>	67,63 ± 0,03 <sup>jl</sup>
	3	240,62 ± 8,23 <sup>gh</sup>	0,56 ± 0,03 <sup>h</sup>	80,03 ± 2,49 <sup>ij</sup>
	4	212,81 ± 7,69 <sup>ghij</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>def</sup>	76,77 ± 6,47 <sup>ij</sup>
	5	186,88 ± 2,78 <sup>ij</sup>	0,68 ± 0,02 <sup>cdef</sup>	44,68 ± 8,22 <sup>l</sup>
	6	168,25 ± 7,36 <sup>j</sup>	0,64 ± 0,05 <sup>efg</sup>	60,94 ± 3,17 <sup>jl</sup>
50 °C Secagem	Padrão	429,48 ± 6,71 <sup>a</sup>	0,75 ± 0,03 <sup>abc</sup>	158,85 ± 0,11 <sup>efg</sup>
	1	335,32 ± 4,29 <sup>cde</sup>	0,66 ± 0,03 <sup>def</sup>	152,22 ± 0,04 <sup>cde</sup>
	2	314,34 ± 3,26 <sup>de</sup>	0,61 ± 0,02 <sup>fgh</sup>	132,71 ± 5,33 <sup>efg</sup>
	3	295,63 ± 6,13 <sup>ef</sup>	0,62 ± 0,03 <sup>efgh</sup>	153,04 ± 3,11 <sup>cde</sup>
	4	235,32 ± 4,23 <sup>ghi</sup>	0,68 ± 0,01 <sup>cdef</sup>	140,78 ± 3,66 <sup>defg</sup>
	5	219,92 ± 9,23 <sup>ghi</sup>	0,70 ± 0,02 <sup>bcde</sup>	146,10 ± 0,09 <sup>def</sup>
	6	198,49 ± 5,64 <sup>hij</sup>	0,69 ± 0,01 <sup>bcde</sup>	123,56 ± 8,22 <sup>fgh</sup>
60 °C Secagem	Padrão	458,10 ± 3,89 <sup>a</sup>	0,75 ± 0,05 <sup>abc</sup>	241,44 ± 7,16 <sup>a</sup>
	1	373,84 ± 7,09 <sup>bc</sup>	0,77 ± 0,01 <sup>ab</sup>	235,98 ± 2,11 <sup>a</sup>
	2	356,71 ± 6,03 <sup>cd</sup>	0,65 ± 0,02 <sup>def</sup>	219,11 ± 0,01 <sup>ab</sup>
	3	336,01 ± 2,34 <sup>cde</sup>	0,68 ± 0,04 <sup>cdef</sup>	209,43 ± 3,58 <sup>b</sup>
	4	245,51 ± 5,97 <sup>fgh</sup>	0,78 ± 0,01 <sup>a</sup>	154,32 ± 2,34 <sup>cde</sup>
	5	239,87 ± 3,24 <sup>gh</sup>	0,74 ± 0,06 <sup>abc</sup>	176,20 ± 0,03 <sup>c</sup>
	6	208,28 ± 5,56 <sup>ghij</sup>	0,72 ± 0,06 <sup>abcd</sup>	165,46 ± 3,33 <sup>cd</sup>

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Observou-se que o experimento padrão apresentou valores superiores com relação ao parâmetro de firmeza (416,82 a 458,10 N), este fato pode ser associado a própria composição do produto que foi caracterizado por possuir menor teor de água e de atividade de água quando comparado com os demais experimentos. Segundo Garrido et al. (2015), a firmeza definida como a força necessária para atingir uma determinada deformação, no contexto da ingestão alimentar, representa a força necessária para comprimir o alimento entre os molares na primeira mordida.

Foi verificado que o aumento da temperatura aplicada ao processo de secagem convectiva proporcionou maior firmeza das amostras. Os valores apresentados no presente estudo foram superiores ao determinado por Miranda et al. (2015) em passas de goiaba, em que a firmeza apresentou variação entre as amostras de 534,81 a 562,96 N. Prosapio e Norton (2017) verificaram que o processo de desidratação osmótica influenciou diretamente as propriedades texturais do produto, proporcionando a redução no parâmetro firmeza de morangos.

Foi observada uma tendência ao aumento nos valores do parâmetro coabilidade devido ao aumento da temperatura aplicada no processo da secagem convectiva, que variou de 0,56

a 0,78 N.m. Não foi observada correlação entre a concentração de sacarose utilizada no processo de desidratação osmótica e o parâmetro de coesividade. Vega-Gómez et al. (2015) ao avaliarem o perfil de textura instrumental de physalis submetido a diferentes temperaturas na secagem convectiva (50 a 90 °C) obtiveram valores de coesividade inferiores, que variaram de 0,430 a 0,440 N.m. Para A bid et al. (2018), a coesividade representa a força de ligação entre as moléculas que compõem o produto e é inversamente proporcional a taxa na qual o produto sofre uma fratura devido a uma ação mecânica.

Com relação a mastigabilidade houve uma variação de 44,68 a 241,44 N, sendo os valores superiores apresentados pelo experimento padrão seco - 60 °C, indicando que esta amostra apresenta maior resistência ao processo de mastigação. Correia et al. (2017) ao realizarem a secagem convectiva de fatias de kiwi em diferentes temperaturas de ar (50, 60, 70 e 80 °C), verificaram que este parâmetro foi diretamente proporcional a temperatura utilizada no processo de secagem. Segundo Barros et al. (2019a) a mastigabilidade é um parâmetro que representa a energia requerida para mastigar um alimento sólido até o ponto de sua ingestão.

De acordo com Curi et al. (2017) há diversos fatores que podem ser associados - variação da textura dos alimentos, como a composição da matéria-prima, concentração de sacarose e parâmetros como pH, acidez e umidade.

## 5. CONCLUSÕES

- ¿ O kiwi in natura apresenta elevado teor de água e de atividade de água, evidenciando sua baixa estabilidade e a necessidade da aplicação de técnicas de conservação;
- ¿ Verifica-se que o aumento da temperatura e concentração de sacarose no processo de desidratação osmótica, proporciona maior perda de água e ganho de sólidos no produto;
- ¿ Entre os modelos matemáticos avaliados, o modelo de Page apresenta maior adequação aos dados experimentais;
- ¿ Verifica-se que o aumento da sacarose no produto provoca maior resistência do produto a perda de água durante o processo de secagem;
- ¿ O aumento da temperatura durante o processo de secagem proporciona maiores taxas de perda de água em todos os experimentos avaliados;
- ¿ Maiores valores de difusividade efetiva foram obtidos nas maiores temperaturas no processo de secagem convectiva e menor teor de sacarose no produto;
- ¿ A condição de contorno do terceiro tipo é mais adequada na descrição do processo de secagem das fatias de kiwi desidratadas osmoticamente. Os modelos difusivos não descrevem com eficiência o processo de secagem das fatias de kiwi in natura;
- ¿ Com relação à distribuição de umidade durante a secagem, constata-se que as extremidades do sólido secam mais rapidamente que o centro;
- ¿ O aumento da temperatura no processo de secagem proporciona valores inferiores de teor de água, atividade de água, pH, ratio, proteínas, ácido ascórbico, clorofila e carotenoides, luminosidade,  $a^*$  e  $b^*$ . Por outro lado, provoca o aumento no teor de cinzas, lipídeos, sólidos solúveis totais, açúcares redutores e totais;
- ¿ Valores superiores com relação ao teor de sacarose na solução de desidratação osmótica proporciona ao produto valores superiores de teor de água, atividade de água, ratio, pH, cinzas, lipídeos, ácido ascórbico,  $a^*$  e  $b^*$ . Observa-se redução nos valores de acidez, ácido ascórbico, clorofilas, carotenoides e luminosidade;

- ¿ Verifica-se que os parâmetros dos processos de desidratação osmótica e secagem influenciam diretamente nas propriedades texturais do produto final. Os parâmetros de firmeza, coesividade e mastigabilidade são diretamente proporcionais a temperatura de secagem e a concentração de sacarose do agente osmótico.

## 6. SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- ¿ Avaliar outras variáveis do processo de desidratação osmótica como a utilização de diferentes agentes osmóticos, diferentes rotações por minuto durante a agitação mecânica.
- ¿ Realização da cinética de desidratação osmótica e avaliação dos parâmetros do processo a partir da aplicação de modelos difusivos.
- ¿ Avaliar o processo de secagem utilizando diferentes geometrias e diferentes espessuras.
- ¿ Utilizar um modelo difusivo que considere o encolhimento durante o processo de secagem e a variação da difusividade.
- ¿ Realizar a análise sensorial dos produtos desenvolvidos com uma equipe previamente treinada, verificando a intenção de compra, preferência e aceitação do produto pelo público-alvo.
- ¿ Verificar a estabilidade do produto ao longo do tempo de armazenamento e eficiência das embalagens.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABID, M.; YAICH, H.; HIDOURI, H.; ATTIA, H.; AYADI, M. A. Effect of substituted gelling agents from pomegranate peel on colour, textural and sensory properties of pomegranate jam. *Food Chemistry*, v.239, p.1047-1054, 2018.

AHMED, I.; QAZI, I. M.; JAMAL, S. Developments in osmotic dehydration technique for the preservation of fruits and vegetables. *Ciência inovadora de alimentos e tecnologias emergentes*, v.34, p.29-43, 2016.

AIRES, J. E. F.; SILVA, W. P.; AIRES, K. L. C. A. F.; SILVA JÚNIOR, A. F.; SILVA E SILVA, C. M. D. P. Convective drying of osmo-dehydrated apple slices: kinetics and spatial behavior of effective mass diffusivity and moisture content. *Heat and Mass Transfer*, v.54, n.4, p.1121-1134, 2017.

AIRES, K. L. C. A. F.; SILVA, W. P.; AIRES, J. E. F.; JÚNIOR, A. F.; SILVA, C. M. D. P. Convective drying of osmotically dehydrated apples described by three-dimensional numerical solution of the diffusion equation with analysis of water effective diffusivity spatial distribution. *Drying Technology*, p.1-13, 2019.

ALMEIDA, R. D.; *Desidratação Osmótica com Secagem Complementar de Banana Pacovan*. 2013. 105 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Centro de Ciências e Tecnologia dos Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil.

ALVES, R. A.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRANDO, R. M. F. DE; SILVA, W. P.; GOMES, J. P. Solar drying of cowpea bean combined with drying in a heat accumulator dryer. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.9, p.709-715, 2019.

ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmoconvectiva de pimentão verde. *Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial*, v.10, p.2022-2037, 2016.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis*, Williams, S. (Ed) 14 ed. Arlington, 1997. 1141p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis of AOAC international. 17. ed., 2002.

ARAL, S.; BEHE, A. V. Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity. *Food Chemistry*, v.210, p.577-584, 2016.

ARAÚJO, K. T. A.; SILVA, R. M.; SILVA, R. C.; FIGUEIRANDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Caracterização físico-química de farinhas de frutas tropicais. *Revista brasileira de agrotecnologia*, v.7, n.2, p.110-115, 2017.

BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; SILVA, S. N.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. D.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, V. M. A.; PEREIRA, T. S.; SANTIAGO, A. M.; LUIZ, M. R. Influence of Pulp, Sugar and Maltodextrin Addition in the Formulation of Kiwi Jellies With Lemon Grass Tea. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.15, p.125-134, 2019a.

BARROS, S. L.; SILVA, W. P.; FIGUEIRANDO, R. M. F.; ARAÚJO, T. J.; SANTOS, N. C.; GOMES, J. P. Efeito da adição de diferentes tipos de açúcar sobre a qualidade físico-química de geleias elaboradas com abacaxi e canela. *Revista Principia*, v.45, p.151-157, 2019b.

BARROS, S. L.; SANTOS, N. C.; NASCIMENTO, A. P. S.; MELO, M. O. P.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, V. M. A. Influence of Dehydration in the Physical-Chemical Quality of Commercial Sunflower Almonds. *Journal of Agricultural Studies*, v.7, n.3, p.82-90, 2019c.

BATISTA, D. V. S.; CARDOSO, R. L.; GODOY, R. C. B.; EVANGELISTA, N. S. B. Estabilidade físico-química e microbiológica de banana passa orgânica. *Ciência Rural*, v.44, n.10, p.1886-1892, 2014.

BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, v. 31, n.4, p. 507-513, 1998.

BENLLOCH-TINOCO, M.; KAULMANN, A.; CORTE-REAL, J.; RODRIGO, D.; MARTÍNEZ-NAVARRETE, N.; BOHN, T. Chlorophylls and carotenoids of kiwifruit puree are affected similarly or less by microwave than by conventional heat processing and storage. *Food Chemistry*, v.187, p.254-262, 2015.

BIRD, R. B.; STEWART, W. E.; LIGHTFOOT, E. N. *Transport phenomena*. 2<sup>nd</sup> Ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2001. 805 p.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A lipid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BRAGA, T. R. Efeito de diferentes tratamentos: desidratado osmótico assistida com ultrassom e luz ultravioleta pulsada na secagem e qualidade da manga. 2016. 148 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Ceará, CE, Brasil.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução CNNPA nº 12, de 1978. Normas técnicas especiais relativas a alimentos. *Diário Oficial da União*, Brasília, 24 de julho de 1978. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12\\_78\\_frutas\\_secas.htm](http://www.anvisa.gov.br/anvisa/legis/resol/12_78_frutas_secas.htm)>. Acesso em: 01 de Setembro de 2019.

BROCHIER, B.; FERREIRA, M. L. D.; ZAPATA, N. C. P. Use of Different Kinds of Solutes Alternative to Sucrose in Osmotic Dehydration of Yacon. *Braz. Arch. Biol. Technology*, v.58 p.34-40, 2015.

BROCHIER, B.; INÉCIO, J. M.; NORRIS, C. P. Z. Study of osmotic dehydration of kiwi fruit using sucrose solution. *Brazilian Journal of Food Technology*, v.22, p.1-9, 2019.

CASTRO, D. S.; AIRES, J. E. F.; AIRES, K. L. C. A. F.; SILVA JÚNIOR, A. F.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P. Physical and chemical changes in guava raisin (*Psidium guajava* L.) produced

by osmotic dehydration and drying convective. Australian Journal of Crop Science, v.10, n.10, p.1449-1454, 2016.

CASTRO, S. D.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; AIRES, J. E. F.; AIRES, K. L. C. A. F.; J, A. F. S. Development and sensory evaluation of osmotically dehydrated guava. Brazilian Journal of Food Technology, v.21, p.201-213, 2018.

CHANDRA, S.; KUMARI, D. Document recent development in osmotic dehydration of fruit and vegetables: A Review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, v.55, p.552-561, 2015.

COELHO, R. A. Obtenção de óleo de sementes de quiú (Actinidia deliciosa) utilizando extração com solvente pressurizado e extração assistida com ultrassom. 2015, 75 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal do Paraná®

COIMBRA, L. M. P. L.; ARRUDA, H. A. S.; MACHADO, E. C. L.; SALGADO, S. M. ALBUQUERQUE, S. S. M. C.; ANDRADE, S. A. C. Water and sucrose diffusion coefficients during osmotic dehydration of sapodilla (Achras zapota L.). Ciência Rural, v.47, n.8, p.1-7, 2017

CORRINA, J. L. G.; RASIA, M. C.; GARCIA-PEREZ, J. V.; MULET, A.; JUNQUEIRA, J. R. J.; CERCEL, J. A. Use of ultrasound in the distilled water pretreatment and convective drying of pineapple. Drying and Energy Technologies, v.3, n.1, p.71-88, 2016.

CORRINA, J. L. G.; RASIA, M. C.; MULET, A.; CERCEL, J. A. Influence of ultrasound application on both the osmotic pretreatment and subsequent convective drying of pineapple (Ananas comosus). Innovative Food Science & Emerging Technologies, v.41, p.284-291, 2017.

CORREIA, P. M. R., R. P. F.; GUINÉS, A. C.; CORREIA, F.; GONÇALVES, M. F. S.; BRITO, J. R. P.; RIBEIRO. Physical, chemical and sensory properties of kiwi as influenced by drying conditions. Agricultural Engineering International, v.19, n.3, p.203-212, 2017.

COSTA, M. S.; ALMEIDA, F. A. C.; COELHO, B. E. S.; COSTA, J. D. S.; FIGUEIREDO NETO, A. Chemical composition of 'Ataulfo' mango pulp at different maturation stages. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v.5, n.1, p.11-16, 2020.

CRANK, J. *The mathematics of diffusion*. 2<sup>a</sup> Ed. Clarendon Press, Oxford, 1975. 411 p.

CURI, P. N.; CARVALHO, C. S.; SALGADO, D. L.; PIO, R.; SILVA, D. F.; PINHEIRO, A. C. M.; SOUZA, V. R. de. Characterization of different native american physalis species and evaluation of their processing potential as jelly in combination with brie-type cheese. *Food Science and Technology*, v.38, n.1, p.112-119, 2017.

DELGADO, T.; PEREIRA, J. A.; RAMALHOSA, E.; CASAL, S. Osmotic dehydration effects on major and minor components of chestnut (*Castanea sativa* Mill.) slices. *Journal of Food Science and Technology*, v.54, n.9, p.2694-2703, 2017.

DEMIRAY, E.; TULEK, Y.; YILMAZ, Y. Degradation kinetics of lycopene, b-carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT - Food Science Technology*, v.50, p.172-176, 2013.

DEROSSI, A.; SEVERINI, C.; DEL MASTRO, A.; DE PILLI, T. Study and optimization of osmotic dehydration of cherry tomatoes in complex solution by response surface methodology and desirability approach. *LWT - Food Science and Technology*, v.60, n.2, p.641-648, 2015.

DIAS, L. G. Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito. 2013. p.99 *Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de São João del Rei.*

DIAS, M.; CALEJA, C.; PEREIRA, C.; CALHELHA, R. C.; KOSTIC, M.; SOKOVIC, M. C.F.R.; FERREIRA, I. Chemical composition and bioactive properties of byproducts from two different kiwi varieties. *Food Research International*, v.19, p.1-35, 2019.

DOYMAZ, I. Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices. *Heat and Mass Transfer*, v.53, p.25-35, 2017.

DOY MAZ, M. Infrared drying of kiwifruit slices. *International Journal of Green Energy*, v.1, p.1-7, 2018.

EL-AOUAR, A. A.; AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. Drying kinetics of fresh and osmotically pre-treated papaya (*Carica papaya* L.). *Journal of Food Engineering*, v.59, p.85-91, 2003.

ELIAS, N. F.; BERBERT, P. A.; MOLINA, M. A. B.; VIANA, A. P.; DIONELLO, R. G.; QUEIROS, V. A. V. Avaliação nutricional e sensorial de caqui cv Fuyu submetido à desidratção osmótica e secagem por convecção. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.28, n.2, p.322-328, 2008.

EMATER- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Rio Grande do Sul. Sistema de produção vegetal. 2018. Disponível em: <<http://www.emater.tche.br/site/area-tecnica/sistema-de-producao-vegetal/fruticultura.php#VdHHN7JVIkp>>. Acesso em :01 de outubro de 2018.

FEITOSA, R. M.; FIGUEIRANDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, F. C. S.; OLIVEIRA, E. N. A. Drying and characterization of myrtle pulp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.12, p.858-864, 2017.

FONOLL, X.; ASTALS, S.; DOSTA, J.; MATA-ALVAREZ, J. Anaerobic co-digestion of sewage sludge and fruit wastes: Evaluation of the transitory states when the co-substrate is changed. *Chemical Engineering Journal*, v.262, p.1268-1274, 2015.

FONTELES, T. V.; LEITE, A. K. F.; SILVA, A. R. A.; CARNEIRO, A. P. G.; MIGUEL, E. C.; CAVADA, B. S.; FERNANDES, F. A. N.; RODRIGUES, S. Ultrasound processing to enhance drying of cashew apple bagasse puree: Influence on antioxidant properties and in vitro bioaccessibility of bioactive compounds. *Ultrasonics Sonochemistry*, v. 31, p. 237-249, 2016.

GARCÍA-QUIROGA, M.; NUNES-DAMACENO, M.; GÓMEZ-LÓPEZ, M.; ARBONES-MACIÉIRA, E.; MUÑOZ-FERREIRO, N.; VEZQUEZ-ODRIZ, M. L.; ROMERO-RODRÍGUEZ, M. A. Kiwifruit in Syrup: Consumer Acceptance, Purchase Intention and

Influence of Processing and Storage Time on Physicochemical and Sensory Characteristics. *Food and Bioprocess Technology*, v.8, n.11, p.2268-2278, 2015.

GARRIDO, J. I.; LOZANO, J. E.; GENOVESE, D. B. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization *J.I. Food Science and Technology*, v.62, n.1, p.325-332, 2015.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. *Tecnologia de alimentos: Princípios e aplicações*. São Paulo: Nobel, 2008. 511p.

GONÇALVES, M. A.; COCCO, C.; PICOLOTTO, L.; CORRINA, A. P. A.; SCHMITZ, J. D.; CANTILLANO, R. F. F.; ANTUNES, L. E. C. Post-harvest quality of BRS Kampai peach submitted to different pruning times. *Científica*, v.45, n.1, p.51-56, 2017.

GURJÓO, F.F. Berinjela osmodesidratada para a obtenção de conserva: otimização e cinética de secagem. 2015. 193 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, PB, Brasil.

GUROO, I.; WANI, S. A.; WANI, S. M.; AHMAD, M.; MIR, S. A.; MASOODI, F. A. A Review of Production and Processing of Kiwifruit. *Journal of Food Processing & Technology*, v.8, n.10, p.1-7, 2017.

HASANUZZAMAN, M.; KAMRUZZAMAN, M.; ISLAM, M. M.; KHANOM, S.A.; RAHMAN, M. M.; LISA, L. A. A Study on Tomato Candy Prepared by Dehydration Technique Using Different Sugar Solutions. *Food and Nutrition Sciences*, v.5 p. 1261-1271, 2014.

HEIFFIG, L.S. et al. Kiwi: Cultura Alternativa para Pequenas Propriedades Rurais. Piracicaba: ESALQ - Divisão de Biblioteca e Documentação, *Horticulturae*. v.444, p.649-654, 2005.

HENDERSON, S. M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficient. *Journal of Agriculture Engineering Research*, v.6, n.3, p.169-174, 1961.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ - IAL. *Métodos físico-químicos para análise de alimentos*. 4ª edição, 1ª Edição Digital, São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KAYAA, M.; CESONIEN, L.; DAUBARAS, R.; LESKAUSKAITE, D.; ZABULION, D. Chitosan coating of red kiwifruit (*Actinidia melanadra*) for extending of the shelf life International Journal of Biological Macromolecules. v.85, p.355-360, 2016.

KENENI, Y. G.; HVOSLEF-EIDE, A. K; MARCHETTI, J. M. Mathematical modelling of the drying kinetics of *Jatropha curcas* L. seeds. Industrial Crops and Products, v.132, p.12-20, 2019.

LEE, J. G.; LEE, D. H.; PARK, S. Y.; OUR, J. S.; KOH, Y. J. First report of *Diaporthe actinideae*, the causal organism of stem-end rot of kiwifruit in Korea. Plant Pathol, v.17, p.110-113, 2001.

LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, v.148, p.350-382, 1987.

LUIKOV, A.V. Analytical heat diffusion theory. Academic Press, Inc. Ltd, London, 1968.

MAGALHÃES, M. L.; CARTAXO, S. J. M.; GALLÚO, M. I.; GARCÍA-PÉREZ, J. V.; CERCCEL, J. A.; RODRIGUES, S.; FERNANDES, F. A. N. Drying intensification combining ultrasound pre-treatment and ultrasound-assisted air drying. Journal of Food Engineering, v.215, p.72-77, 2017.

MALISKA, C. R. Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional. 2. ed. rev. e ampliada, LTC Editora S.A., Rio de Janeiro, 453 p, 2010.

MENDES, G. R. L.; FREITAS, C. H.; SCAGLIONI, P. T.; SCHIMIDT, C. G.; FURLONG, E. B. Condições para desidratado osmótico de laranjas e as propriedades funcionais do produto. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.17, n.11, p.1210-1216, 2013.

MERCALI, G. D. Estudo da transferência de massa na desidratado osmótico de banana (*musa sapientum*, shum). 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)-departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 2009.

MIMURA, H. J.; JORGE, R. M. M.; MATHIAS, A. L. Pr<sup>o</sup>cessos de tratamentos na secagem e reidrata<sup>o</sup> de champignon em fatias. Ci<sup>encia</sup> Rural, v.44, n.4, p.717-722, 2014.

MIRANDA, D. S. A.; PESSOA, T.; GOUVEIA, J. P. G.; GURJ<sup>u</sup>O, F. F.; PINHEIRO, R. M. M.; MARTINS, A. G. L. A. Avalia<sup>o</sup> de textura e aceita<sup>o</sup> sensorial da passa de goiaba. Revista Tecnologia & Ci<sup>encia</sup> Agropecu<sup>aria</sup>, v.9, n.4, p.7-11, 2015.

MOREIRA, I. S.; SILVA, W. P.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Production of kiwi snack slice with different thickness: Drying kinetics, sensory and physicochemical analysis. v.12, p.778-787, 2018a.

MOREIRA, I. S.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S.; LIMA, J. P.; SOUSA, F. C.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Fruit of Mandacaru: Kinetics of Drying and Physical-Chemical Characterization. J<sup>ournal</sup> of Agricultural Science, v.10, n.11, p.461-470, 2018b.

MORGADO, C. M.; GUARIGLIA, B. A.; TREVISAN, M. J.; FA<sup>o</sup>ANHA, R.; JACOMINO, A. P.; CORRINA, G.; CUNHA JUNIOR, L. C. Quality assessment of jabuticabas (cv. sabar<sup>o</sup>), submitted to refrigerated storage and conditioned in different packaging. Revista Interdisciplinar da Universidade Federal Do Tocantins, v.6, n.2, p.18-25, 2019.

NANDA, S.; ISEN, J.; DALAI, A. K.; KOZINSKI, J. A. Gasification of fruit wastes and agro-food residues in supercritical water. E<sup>nergy</sup> Conversion and Management, v.110, p.296-30, 2016.

N<sup>o</sup>BREGA, E. M.; OLIVEIRA, E. L.; GENOVESE, M. I.; CORREIA, R. T. P. The Impact of Hot Air Drying on the Physical-Chemical Characteristics, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Acerola (M<sup>al</sup>phigia emarginata) Residue. J<sup>ournal</sup> of Food Processing and Preservation, v.39, n.2, p.131-141, 2014.

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. P.; SILVA, F. B. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. Revista Agropecuária Técnica, v.1, n.1, p.41-46, 2017.

OLIVEIRA, F. O.; GOMEZ, G. L. L. Improvement in fresh fruit and vegetable logistics quality: berry logistics field studies. Philosophical Transactions, v.372, p.1-19, 2014.

ORDÓÑEZ, J. A. Tecnologia de alimentos: Alimentos de origem animal. v.2. Tradução Fátima Murad. Porto Alegre: Editora Artmed, 2005.

PAGE, G. E. Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer. 1949. (Thesis Master's) - Purdue University, EUA, 1949.

PAL, R. S.; KUMAR, V. A.; ARORA, S.; SHARMA, A. K.; KUMAR, V.; AGRAWAL, S. Physicochemical and antioxidant properties of kiwifruit as a function of cultivar and fruit harvested month. Brazilian Archives of Biology and Technology, v.58, n.2, p.262-271, 2015.

PATANKAR, S. V. Numerical heat transfer and fluid flow. New York: Hemisphere Publishing Corporation, 1980, 197 p.

PEGORARO, C.; STORCH, T.T.; CRIZEL, G. R.; FERREIRA, W. A.; GIRARDI, C. L. Atmosfera controlada associada ao 1-metilciclopropeno na preservação da qualidade de kiwi 'tewi'. Brazilian Journal Food Technology, v. 19, p.1-7, 2016.

PELEG, M. An Empirical Model for the Description of Moisture Sorption Curves. Journal of Food Science, v.53, n.4, p.1216-1217, 1988.

PESSOA, T.; DA SILVA, D. R. S.; CAVALCANTI MATA, M. E. M. R.; GURJÓO, F. F.; MIRANDA, D. S. A. Características físicas e físico-químicas de palitos de inhame submetidos à desidratada osmótica em solução salina. HOLÓIS, v.7, p.30-38, 2017.

PHAM, N. D.; MARTENS, W.; KARIM, M. A.; JOARDDER, M. U. H. Nutritional quality of heat-sensitive food materials in intermittent microwave convective drying. *Food & Nutrition Research*, v.62, p.1-11, 2018.

PINTO, T.; VILELA, A. Kiwifruit, a botany, chemical and sensory approach a review. *Advances in Plants & Agriculture Research*, v.8, n.6, p.383-390, 2018.

PROSAPIO, V.; NORTON, I. Influence of osmotic dehydration pre-treatment on oven drying and freeze drying performance. *LWT - Food Science and Technology*, v.80, p.401-408, 2017.

REIS, D. R.; FIGUEIREDO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conserva de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 20, p.1-7, 2017.

RIBEIRO, A. S. C.; OLIVEIRA, E. A.; MALDONADO, R. R. Optimization of osmotic dehydration of pear followed by conventional drying and their sensory quality. *LWT - Food Science and Technology*, v.72, p.407-415, 2016.

ROCHA, L. J. F. G. Estudo da secagem do kiwi com pré-tratamento osmótico e seu efeito no teor de macro e micronutrientes do fruto. 2017. p.105. Tese (Doutorado em Engenharia e Ciências dos Alimentos) - Universidade Estadual Paulista.

SANJAYA, A. P.; CAHYANTO, M. N.; MILLATI, R. Mesophilic batch anaerobic digestion from fruit fragments. *Renewable Energy*, v.32. p.1-7, 2016.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRNDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. DE M.; SANTOS, D. C. Drying kinetics and physical and chemical characterization of white-fleshed `pitaya` peels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.12, p.872-877, 2017.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; SILVA, S. N.; RIBEIRO, V. H. A.; MELO, M. O. P.; SILVA, W. P.; ALMEIDA, R. L. J.; PEREIRA, T. S.; ARAQJO, A. J. B.; GOMES, J. P.; NASCIMENTO, A. P. S.; SILVA, V. M. A.; VIEIRA, D. M. Physico-chemical characterization

and kinetics of drying of organic yellow bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *African Journal of Agricultural Research*, v.14, n.29, p.1247-1253, 2019a.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; MONTEIRO, S. S.; SILVA, S. N.; RIBEIRO, V. H. A.; SILVA, V. M. A.; GOMES, J. P.; SANTIAGO, A. M.; LUIZ, M. R.; VIEIRA, D.M.; ARAUJO, R. D.; VILAR, S. B. O.; BARROS, E. R. Kinetics of Drying and Physical-Chemical Quality of Peach cv. Hubimel. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.16, p.223-232, 2019b.

SANTOS, N. C.; SANTOS, E. R. M.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. D.; ALMEIDA, R. L. J.; SILVA, V. M. A.; RIBEIRO, V. H. A.; SANTOS, I. A.; PEREIRA, T. S.; NASCIMENTO, A. P. S. Technological use of kiwi (cv. hayward) shell for elaboration of cookie-type biscuits. *International Journal of Development Research*, v.9, n.7, p.28850-28851, 2019c.

SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; ALMEIDA, R. L. J.; NASCIMENTO, A. P. S.; ALMEIDA, R. D. Influência da temperatura na composição centesimal da casca da pitomba (*Talisia esculenta*). *Higiene alimentar*, v.33, p.1477-1481, 2019d.

SANTOS, F. S.; FIGUEIRANDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; LIMA, T. L. B.; MOREIRA, I. S. Effect of Dehydration Methods on Okra Chemical and Physical Composition. *Journal of Agricultural Science*, v.11, n.5, 2019e.

SANTOS, N. C.; ALMEIDA, R. L. J.; PEREIRA, T. S.; QUEIROGA, A. P. R.; SILVA, V. M. A.; AMARAL, D. S.; ALMEIDA, R. D.; BARROS, E. R.; SILVA, L. R. I. Modelagem matemática aplicada a cinética de secagem das cascas de pitomba (*Talisia esculenta*). *Research, Society and Development*, v.9, n.2, p.1-17, 2020.

SAQUET, A. A.; BRACKMANN, A. A cultura do kiwi. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 177-182, 1995.

SILVA JÚNIOR, J. F.; SANTIAGO, A. M.; GALDINO, P. O.; SANTOS, N. C.; BARROS, S. L.; MARSIGLIA, W. M. L.; ALMEIDA, R. L. J. Aplicação da desidratação osmoconvectiva para o aproveitamento tecnológico da casca de banana. *Research, society and development*, v.9, n.1, p.1-20, 2020.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SILVA, D. D. P. S.; SILVA, C. D. P. S.; Numerical simulation of the water diffusion in cylindrical solids. *International Journal of Food Engineering*, v.4, p.1556-3758, 2008.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. LAB Fit Curve Fitting Software, V.7.2.46 (2009a); disponível em: [www.labfit.net](http://www.labfit.net), data de acesso: 05 de novembro de 2018.

SILVA, W. P. Transferência de calor e mecânica dos fluidos computacional, curso 1 (2009b). Apresentações em Powerpoint, online, disponível no endereço eletrônico: <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/TCMFC.htm>, Acesso em: 05 de novembro de 2018.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. `Prescribed Adsorption-Desorption 2.2\_ software (2009c), disponível no endereço eletrônico <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Prescribed.htm>, data de acesso: 05 de novembro de 2018.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S. `Convective Adsorption-Desorption 2.5\_ software (2009d), disponível no endereço eletrônico <http://zeus.df.ufcg.edu.br/labfit/Convective.htm>, data de acesso: 05 de novembro de 2018.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; GOMES, J. P. Comparison of boundary conditions to describe drying of turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes using diffusion models. *Journal of Food Science and Technology*, v.51, p.3181-3189, 2012.

SILVA, W. P., AMARAL, D. S., DUARTE, M. E. M., MATA, M. E. R. M. C., SILVA, C. M. D. P. S., PINHEIRO, R. M. M., ET AL. Description of the osmotic dehydration and convective drying of coconut (*Cocos nucifera* L.) pieces: A three-dimensional approach. *Journal of Food Engineering*, v.115, p.121-131, 2013a.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; LINS, M. A. A.; GOMES, J. P. Osmotic dehydration of pineapple (*Ananas comosus*) pieces in cubical shape described by diffusion models. *Food Science and Technology*, v.55, p.1-8, 2014a.

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; GAMA, F. J. A.; GOMES, J. P. Mathematical models to describe thin-layer drying and to determine drying rate of whole bananas. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences, v.13, n.1, p.67-74, 2014b.

SILVA, C. D. M.; PIRES, C. R. F.; LIMA, J. P.; PEREIRA, A. S.; SILVA, C. A. Desidratação osmótica para obtenção de cagaita passa. Journal of Bioenergy and Food Science, v.2, n.4, p.226-233, 2015a.

SILVA, W. P.; RODRIGUES, A. F.; SILVA, C. M. D. P. S.; CASTRO, D. S.; GOMES, J. P. Comparison between continuous and intermittent drying of whole bananas using empirical and diffusion models to describe the processes. Journal of Food Engineering, v.166, p.230-236, 2015b.

SILVA, G. D.; BARROS, Z. M. P.; MEDEIROS, R. A. B.; CARVALHO, C. B. O.; BRANDAO, S. C. R.; AZOUBEL, P. M. Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum. LWT - Food Science and Technology, v.74, p.114-119, 2016a.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. African Journal Agricultural Research, v.11, p.3733-3740, 2016b.

SILVA, W. P.; NUNES, J. S.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S. Obtaining anthocyanin from jambolan fruit: Kinetics, extraction rate, and prediction of process time for different agitation frequencies. Food Science and Nutrition, v.6, n.1, p.1664-1669, 2018.

SILVA, E. C. O.; SILVA, W. P.; GOMES, J. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; SOUTO, L. M.; COSTA, Z. R. T. Physico-chemical characteristics of passion fruit flour under removal of flavedo and of maceration. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.11, p.869-875, 2019a.

SILVA, D. V.; OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; SILVA, M. A. P.; BARCELOS, K. R. Nutritional quality of the epicarp and mesocarp flours of baru fruits submitted to drying. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.23, n.1, p.65-70, 2019b.

SOQUETTA, M. B.; STEFANELLO, F. S.; HUERTA, K. M.; MONTEIRO, S. S.; ROSA, C. S.; TERRA, N. N. Characterization of physiochemical and microbiological properties, and bioactive compounds, of flour made from the skin and bagasse of kiwi fruit (*Actinidia deliciosa*). *Food Chemistry*, v.199, p.471-478, 2016.

SOUSA, E. P.; FIGUEIREDO, R. M. F.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. M.; CASTRO, D. S.; LEMOS, D. M. Mathematical modeling of pequi pulp drying and effective diffusivity determination. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.21, n.7, p.493-498, 2017.

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

SOUSA, S. F.; SILVA, F. B.; ARAÚJO, A. C.; GOMES, J. P. Determination of physical and physical-chemical properties of Rubimel cultivar peaches. *Brazilian Journal of Agroindustrial Technology*, v.12, n.2, p.2627-2644, 2018.

SOUZA, J. L. F.; OLIVEIRA, D. E. C.; PLECIDO, G. R.; EGEE, M. B.; CALIARI, M.; SILVA, M. A. P. Thermodynamic and nutritional properties and drying kinetics of pequi (*Caryocar brasiliense* Cambess) mesocarp. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.23, n.9, p.655-661, 2019.

TACO - Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011. 161 p.

TRAFFANO-SCHIFFO, M. V.; LAGHI, L.; CASTRO-GIRALDEZ, M.; TYLEWICZ, U.; ROCCULI, P.; RAGNI, L.; FITO, P. J. Osmotic dehydration of organic kiwifruit pre-treated by pulsed electric fields and monitored by NMR. *Food Chemistry*, v.236, p.87-93, 2017.

TYLEWICZ, U.; FITO, P. J.; GIRALDEZ, C.; FITO, P.; ROSA M. D. Analysis of kiwifruit osmodehydration process by systematic approach systems. *Journal of Food Engineering* v.104, p. 438-444, 2011.

VEGA-GELVEZ, A.; ZURA-BRAVO, L.; LEMUS-MONDACA, R.; MARTINEZ-MONZÓ, J.; QUISPE-FUENTES, I.; PUENTE, L.; DI SCALA, K. Influence of drying temperature on dietary fibre, rehydration properties, texture and microstructure of Cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Journal of Food Science and Technology*, v.52, n.4, p.2304-2311, 2015.

VIANA, E. S.; REIS, R. C.; SENA, L. O.; SANTOS JUNIOR, M. B. S.; SILVA, P. N. R. Produção de bananas-passa com frutos de variedades melhoradas e avaliação da qualidade físico-química e sensorial. *B.CEPPA*, v.35, n.1, 2017.

WANG, C. Y.; SINGH, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. *Transaction of ASAE*, v. 11, p. 668-672, 1978.

YADAV, A. S.; SING, S. V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, v.51, p.1654-1673, 2012.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plants extracts by anthrone. *Biochemical Journal*. Colchester. v.57, n.5, p.508-514, 1954.

YILDIZ, H.; ICIER, F.; EROGLU S.; DAGCI, G. Effects of electrical pretreatment conditions on osmotic dehydration of apple slices: Experimental investigation and simulation. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v.35, p.149-159, 2016.

## APNDICE A

Curvas da cinética de secagem

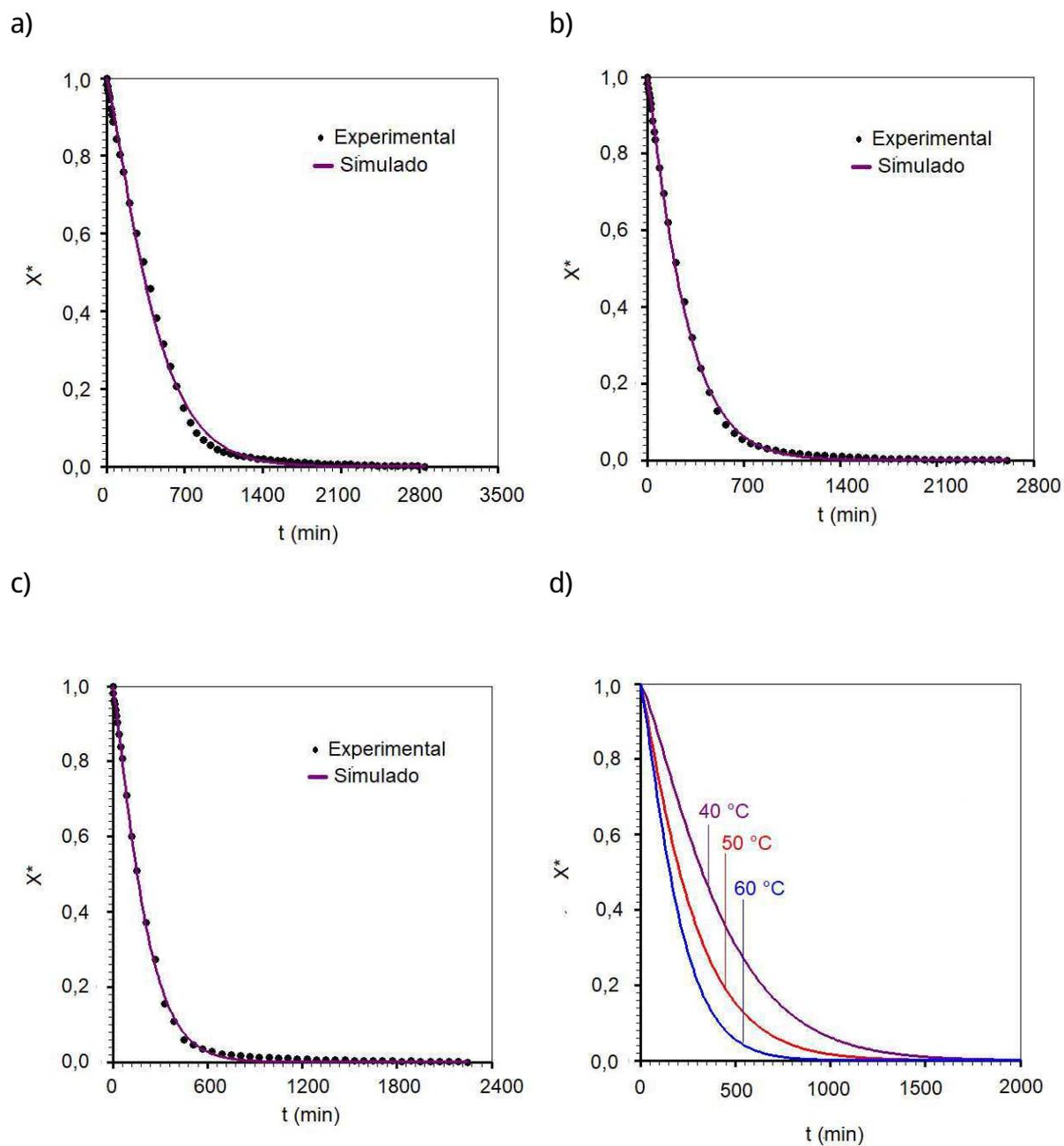


Figura A.1- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 1 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.

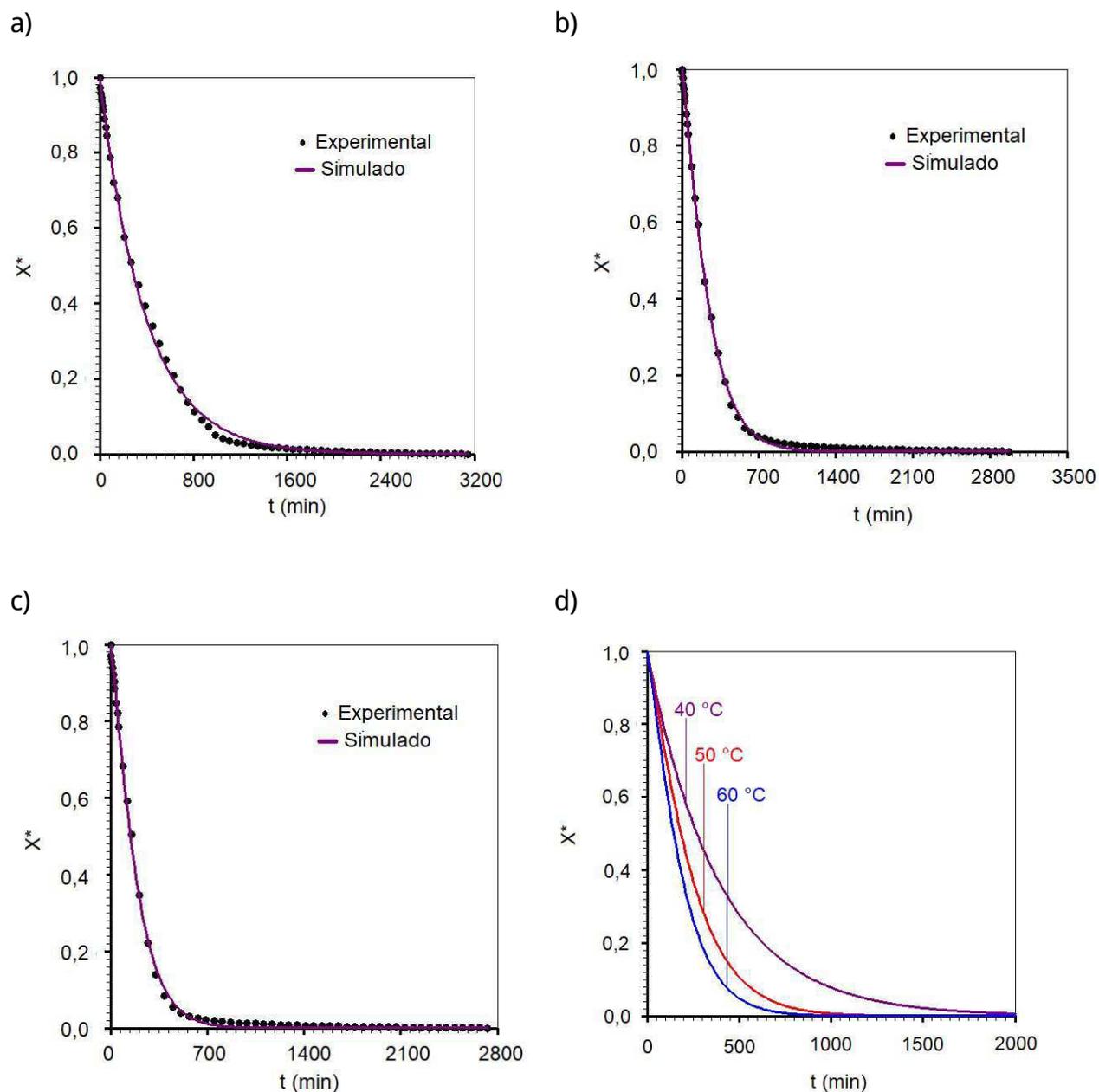


Figura A.2- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 2 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.

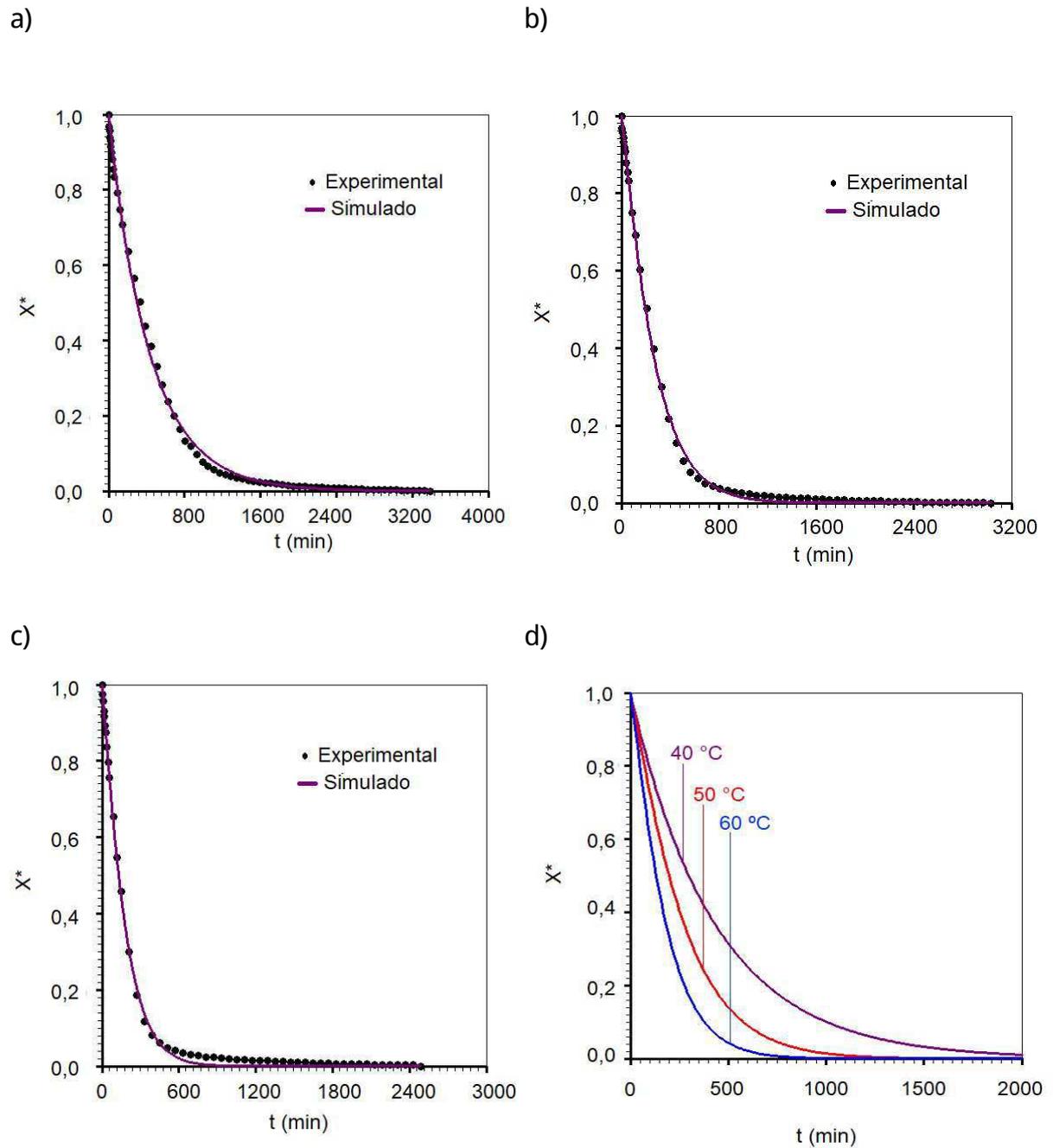


Figura A.3- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 3 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.

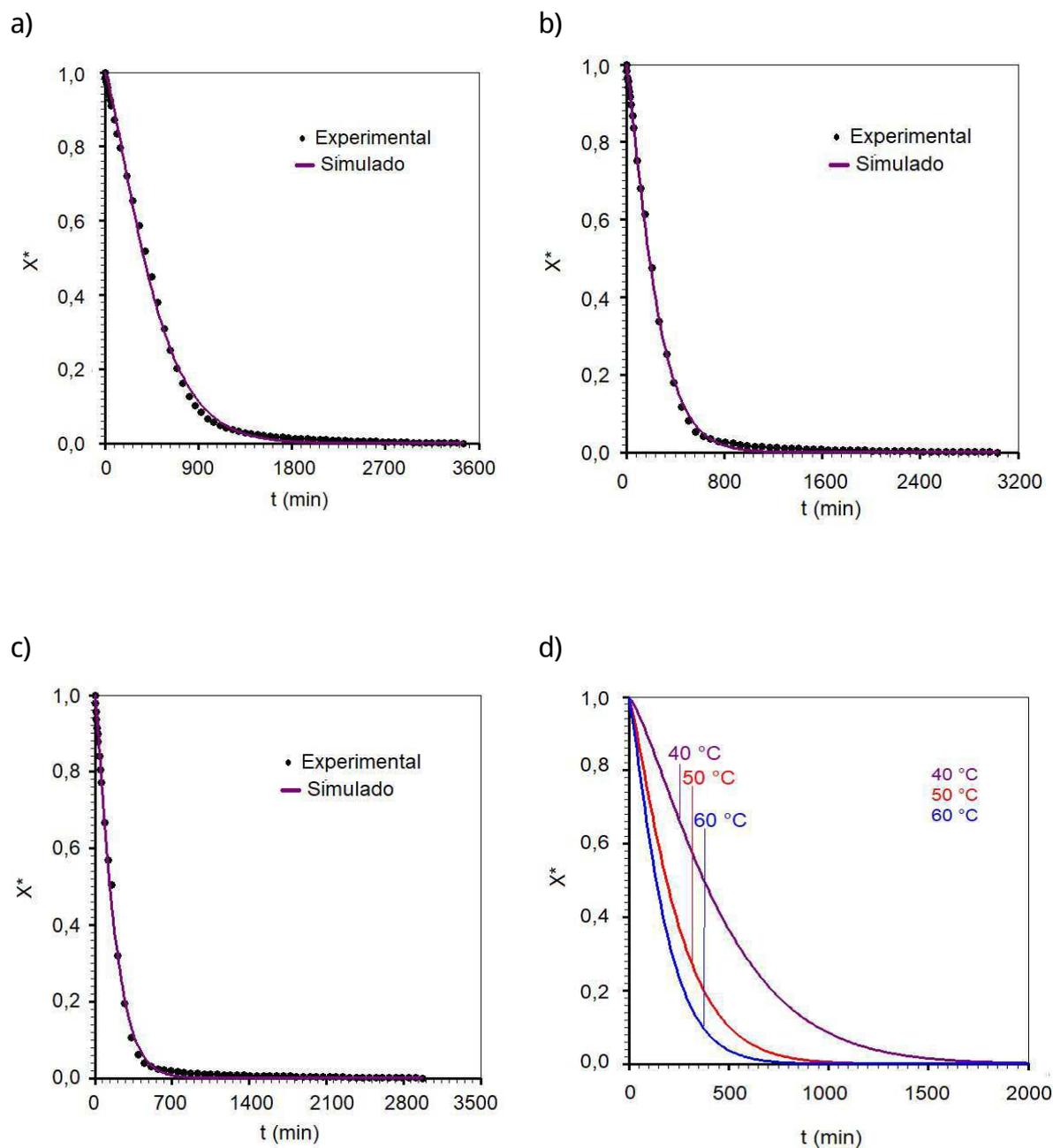


Figura A.4- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 4 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.

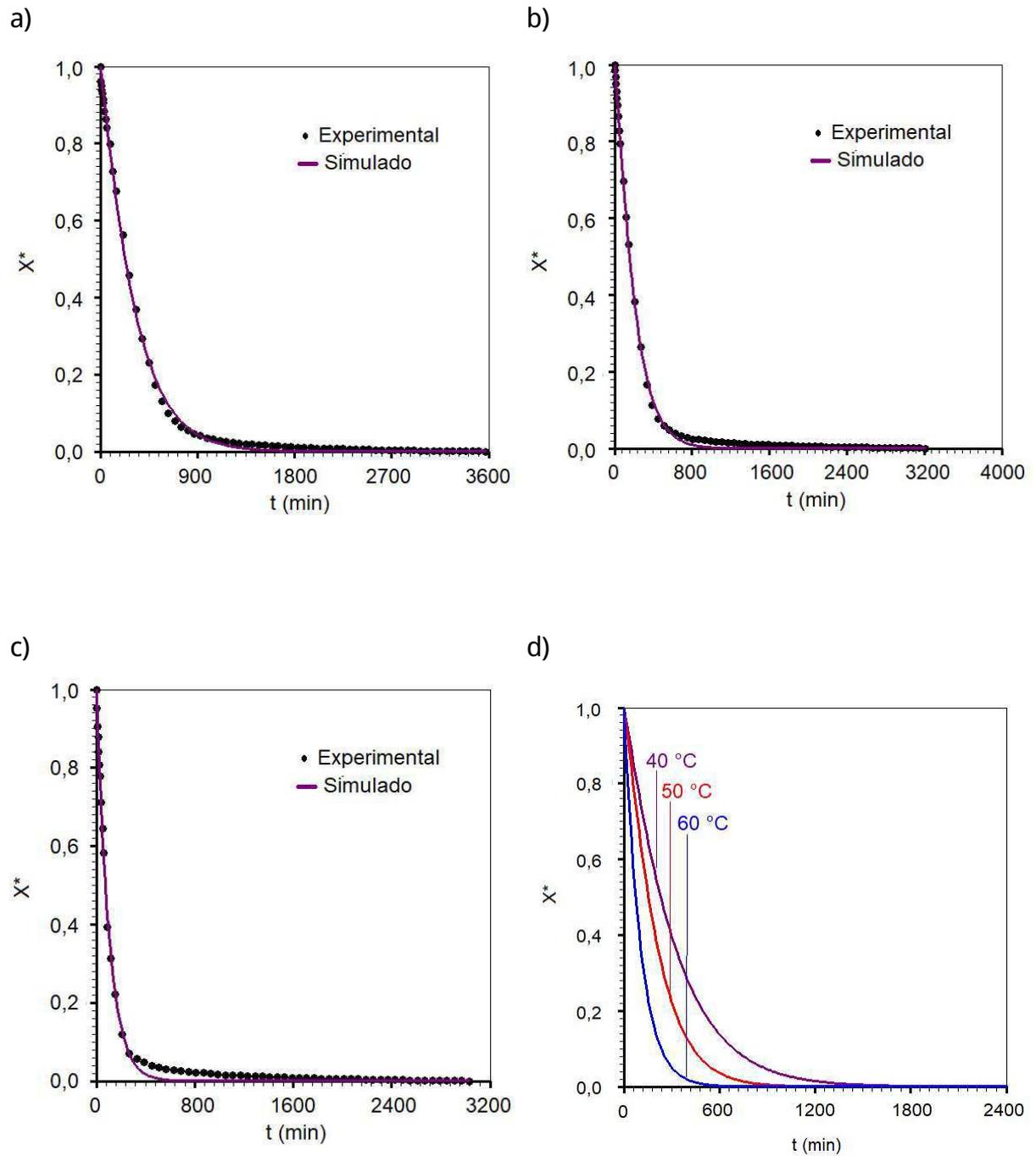


Figura A.5- Curvas da cinética de secagem das fatias de kiwi desidratado (pré-tratado osmoticamente no experimento 5 da DO) determinadas através do modelo empírico de Page, utilizando as temperaturas T: a) 40 °C; b) 50 °C; c) 60 °C.

APNDICE B  
Taxas de secagem

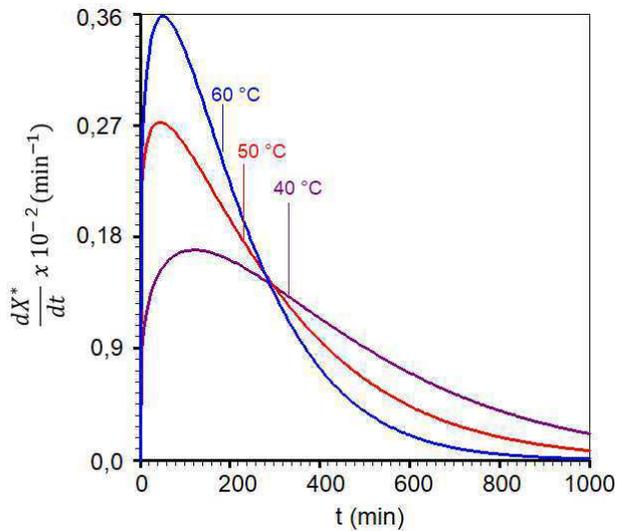


Figura B.1 - Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 1 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.

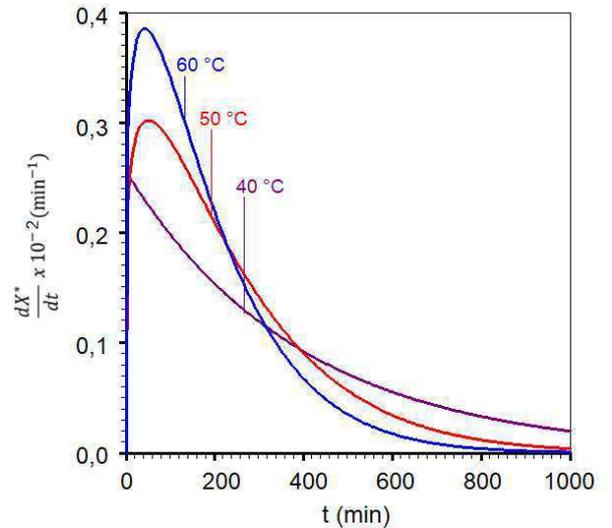


Figura B.2 - Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 2 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.

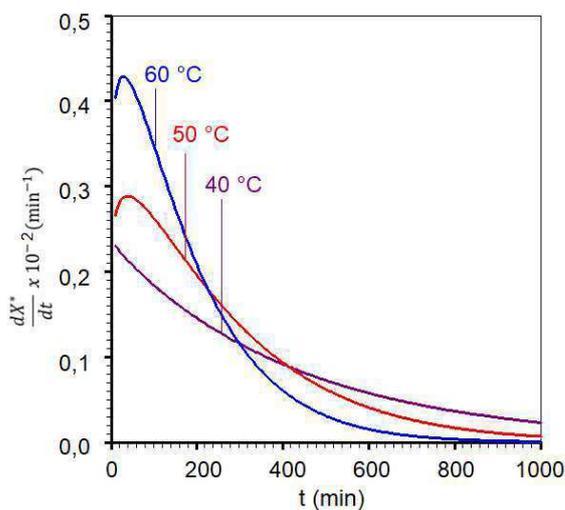


Figura B.3 - Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 3 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.

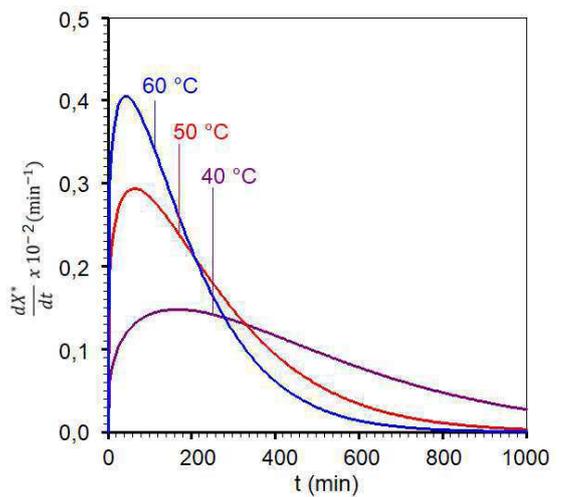


Figura B.4 - Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 4 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.

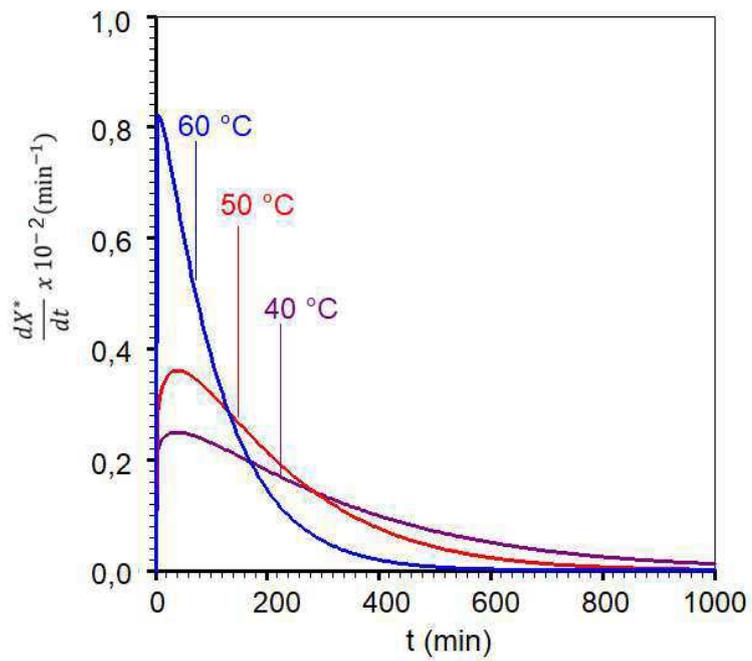


Figura B.5 - Taxa de secagem calculada usando a expressão obtida através do modelo de Page para o experimento 5 nas temperaturas de 60, 70 e 80°C.

## APNDICE C

Distribui<sup>2</sup>o espacial de umidade

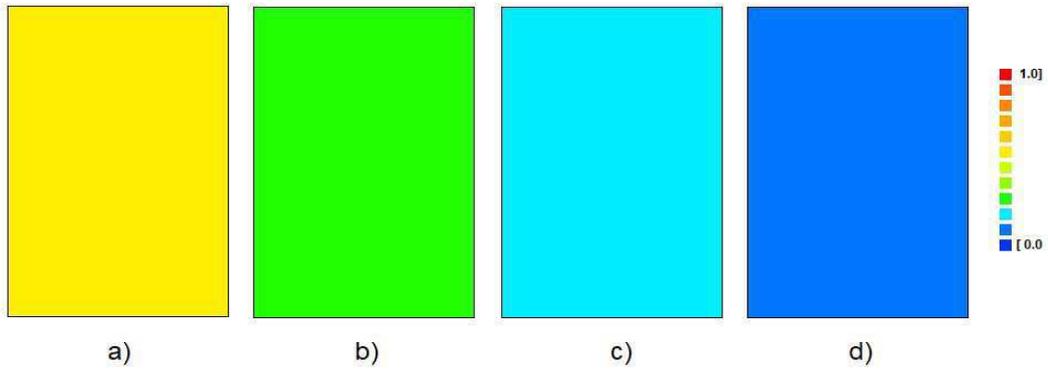


Figura C.1- Distribui o espacial do teor de água do experimento padrão na temperatura de 50  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

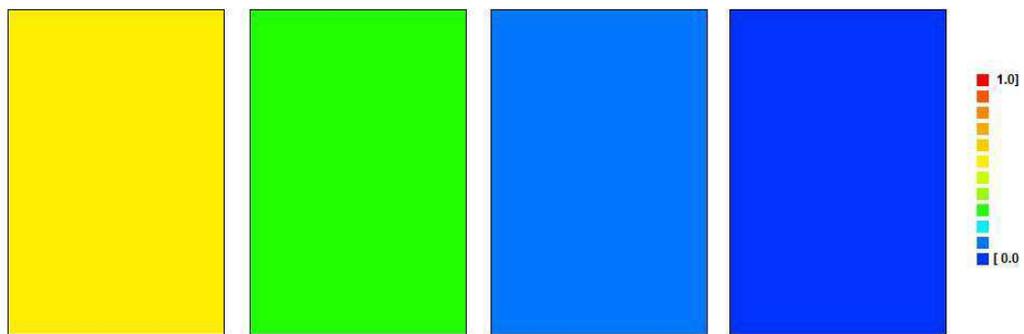


Figura C.2- Distribui o espacial do teor de água do experimento padrão na temperatura de 60  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

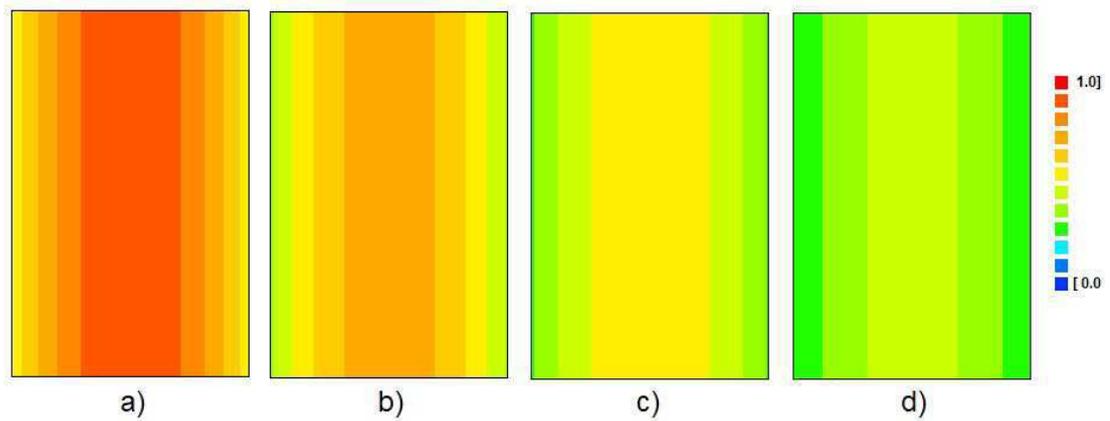


Figura C.3- Distribui o espacial do teor de água do experimento 1 da DO na temperatura de 40  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

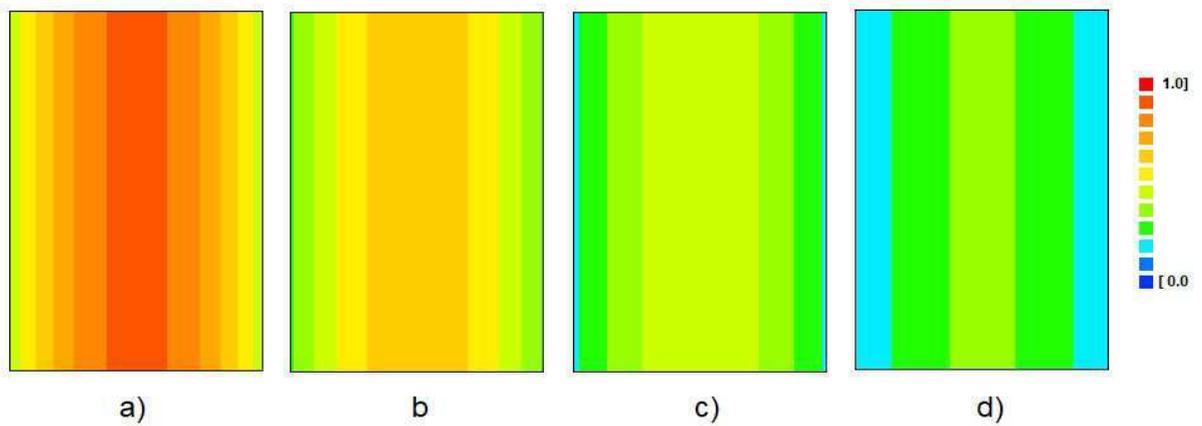


Figura C.4- Distribui o espacial do teor de água do experimento 1 da DO na temperatura de 50  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

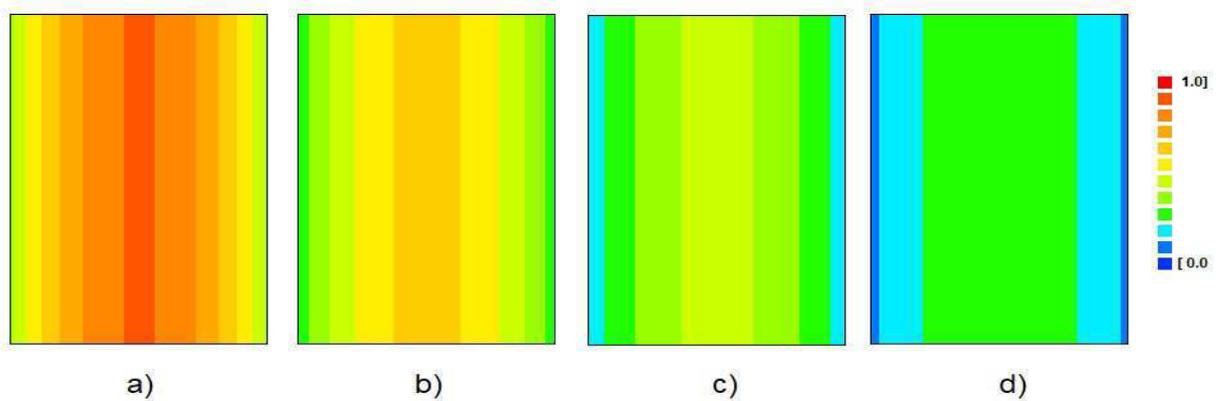


Figura C.5- Distribui o espacial do teor de água do experimento 1 da DO na temperatura de 60  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

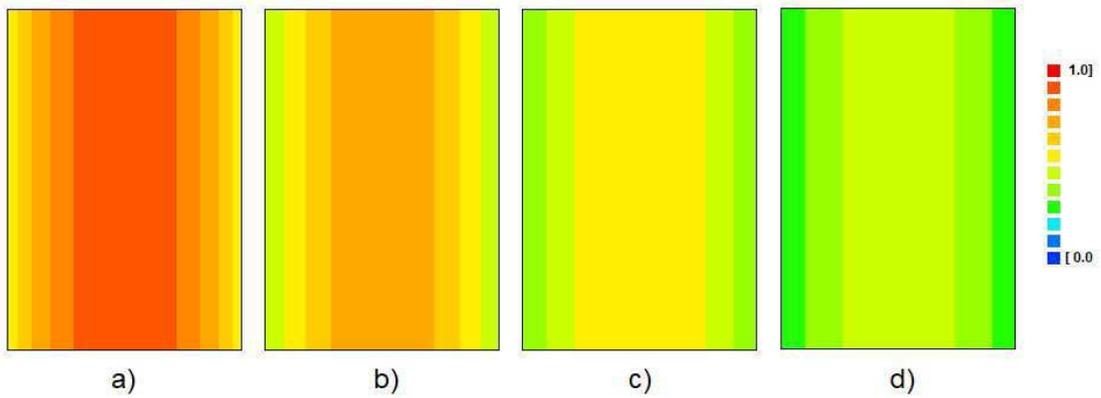


Figura C.6- Distribuição espacial do teor de Oxigênio do experimento 2 da DO na temperatura de 40 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

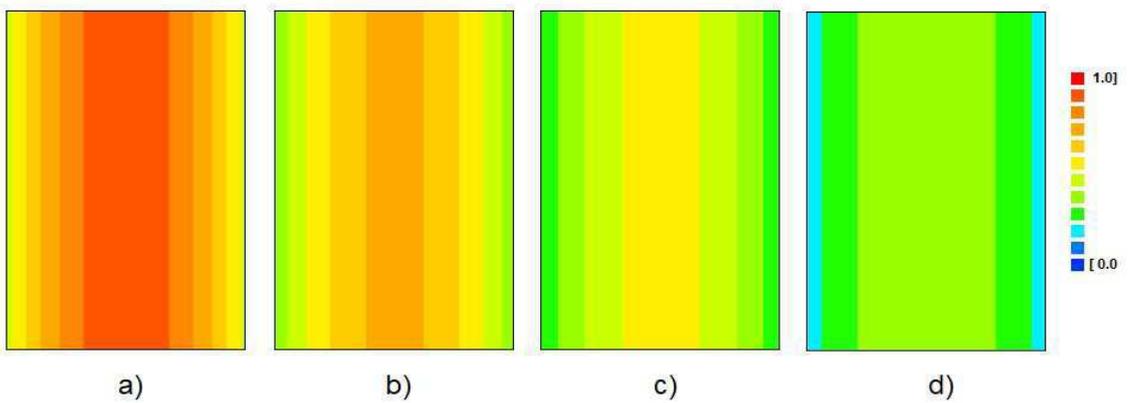


Figura C.7- Distribuição espacial do teor de Oxigênio do experimento 2 da DO na temperatura de 50 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

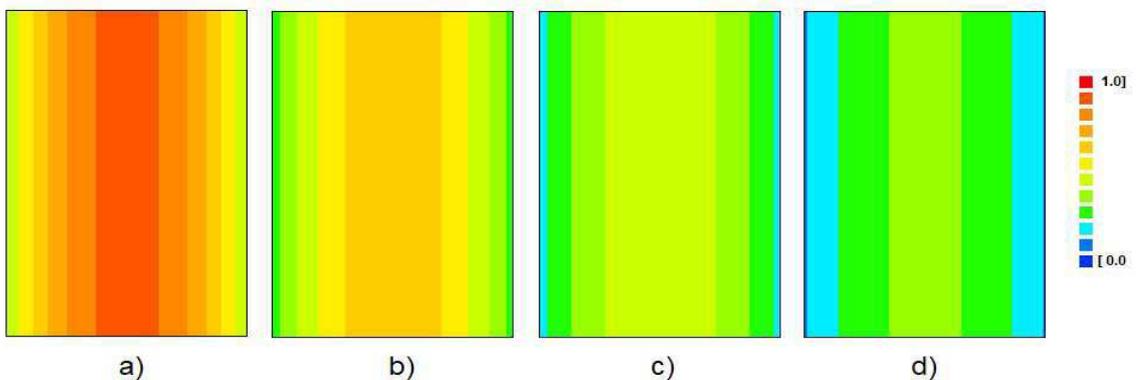


Figura C.8- Distribuição espacial do teor de Oxigênio do experimento 2 da DO na temperatura de 60 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

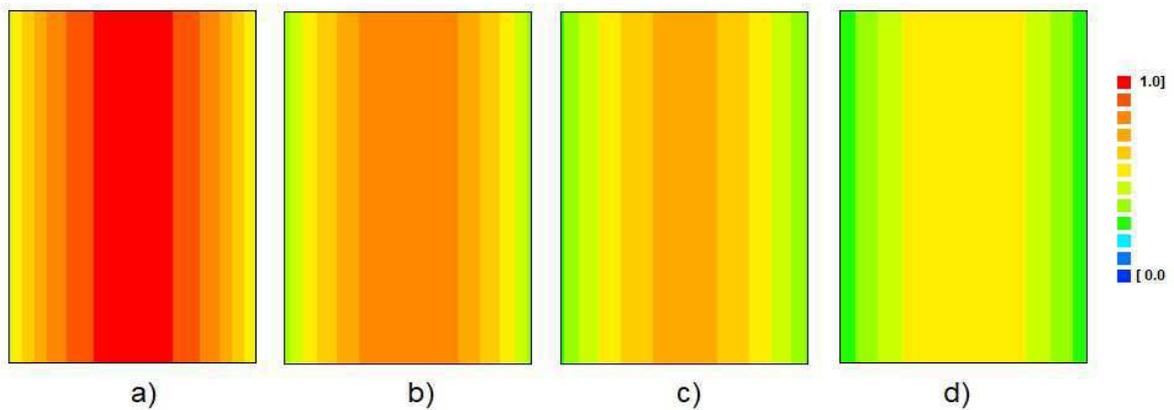


Figura C.9- Distribui o espacial do teor de O<sub>2</sub> da DO na temperatura de 40  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

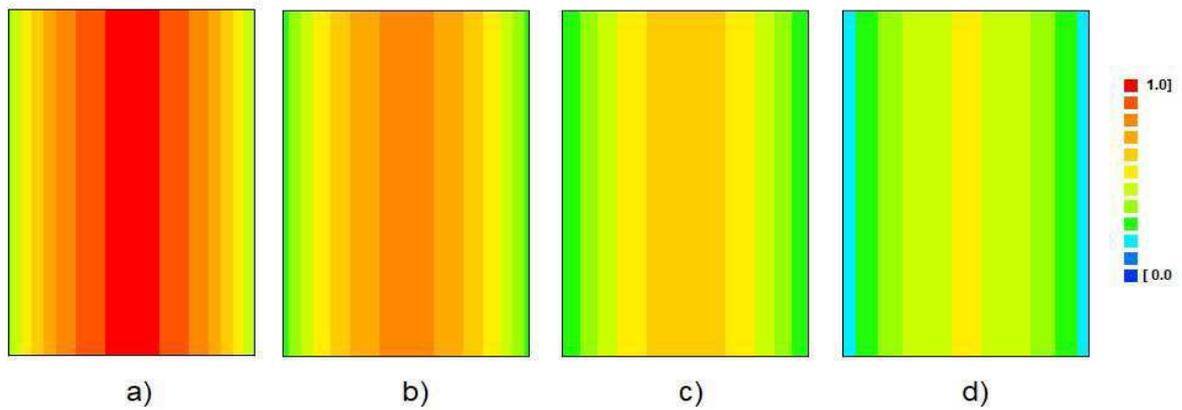


Figura C.10- Distribui o espacial do teor de O<sub>2</sub> da DO na temperatura de 50  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

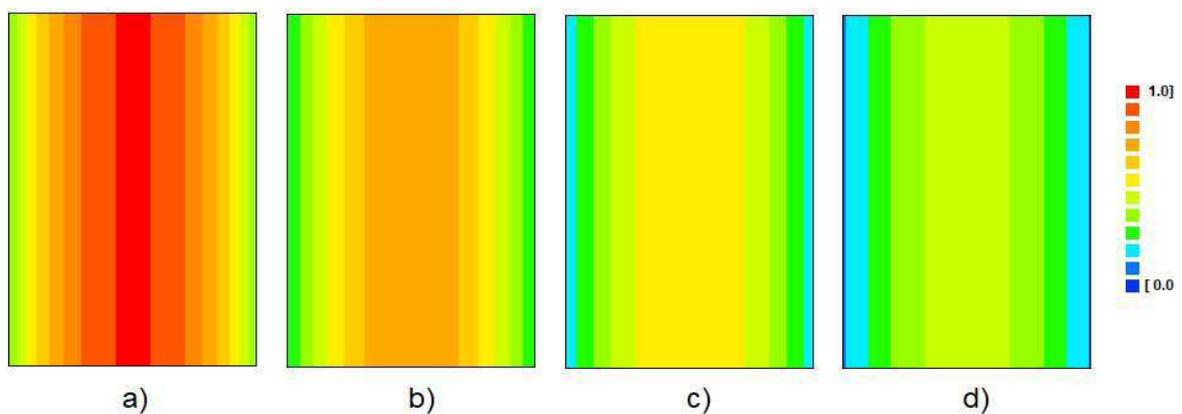


Figura C.11- Distribui o espacial do teor de O<sub>2</sub> da DO na temperatura de 60  C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

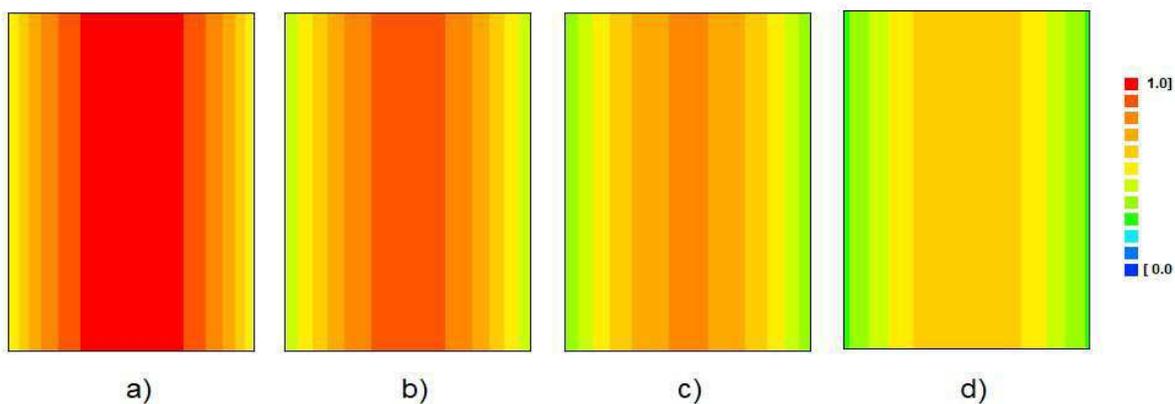


Figura C.12- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de O<sub>2</sub> na temperatura de 40 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

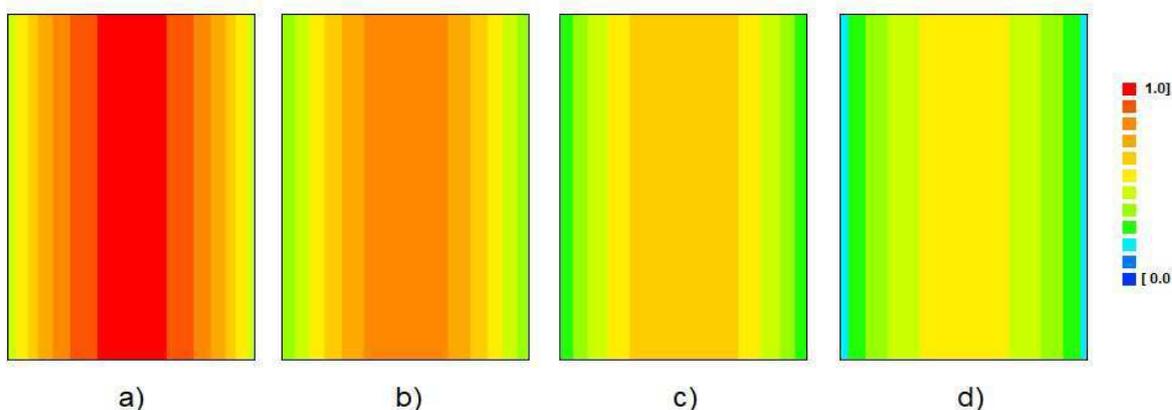


Figura C.13- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de O<sub>2</sub> na temperatura de 50 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

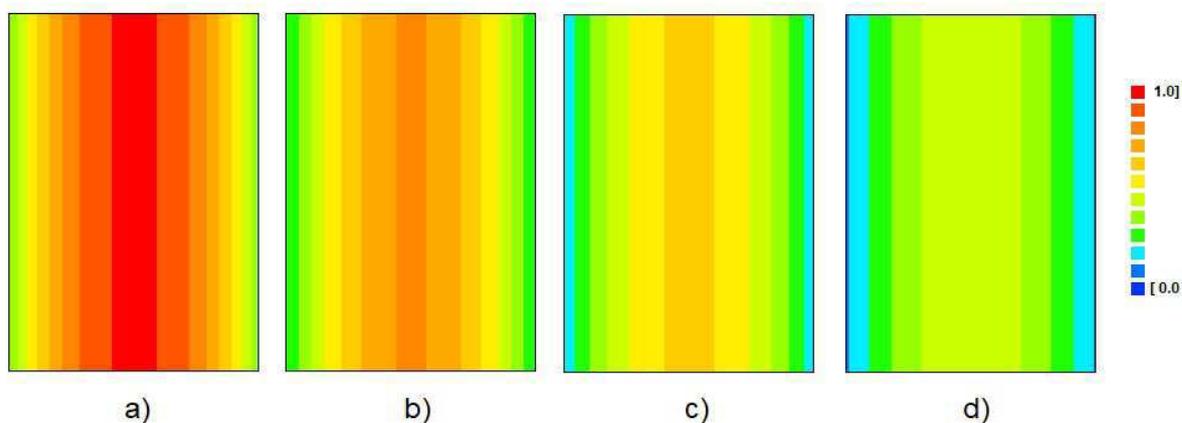


Figura C.14- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de O<sub>2</sub> na temperatura de 60 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

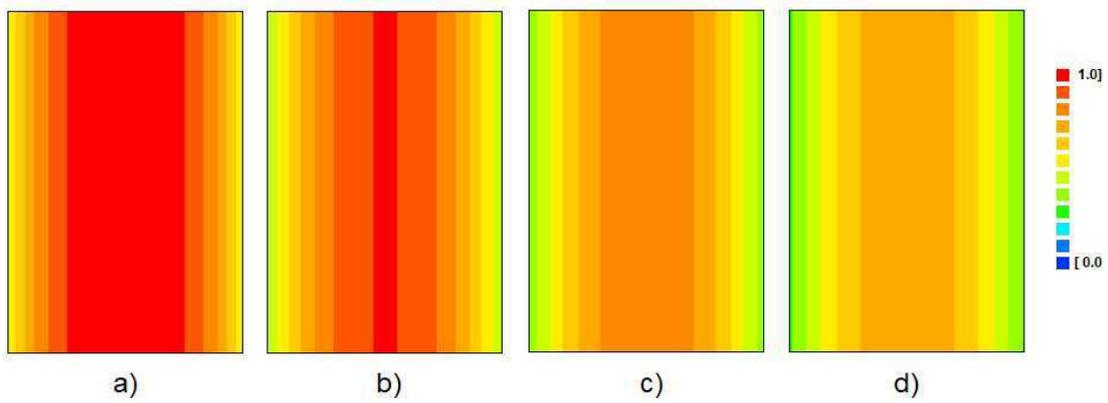


Figura C.15- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de  $\text{O}_2$  da DO na temperatura de 40 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

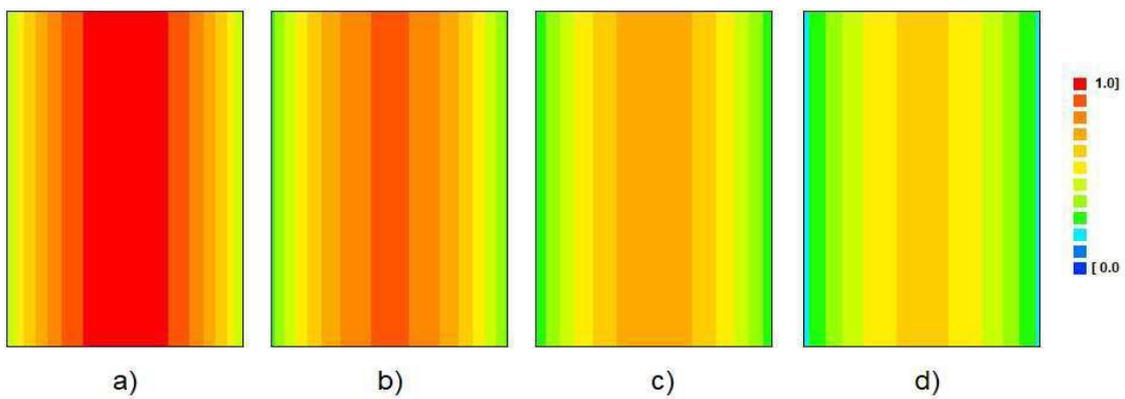


Figura C.16- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de  $\text{O}_2$  da DO na temperatura de 50 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

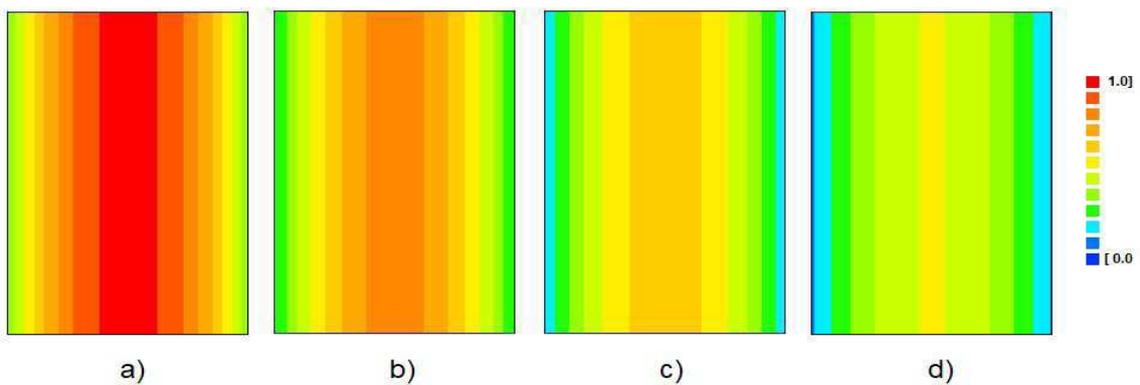


Figura C.17- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de  $\text{O}_2$  da DO na temperatura de 60 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

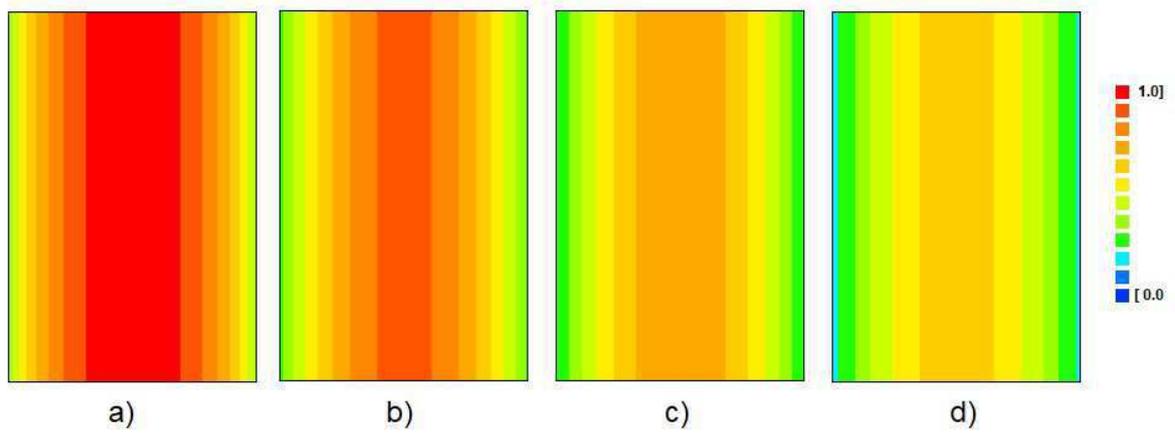


Figura C.18- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de  $\text{H}_2\text{O}$  do experimento 6 da DO na temperatura de 50 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.

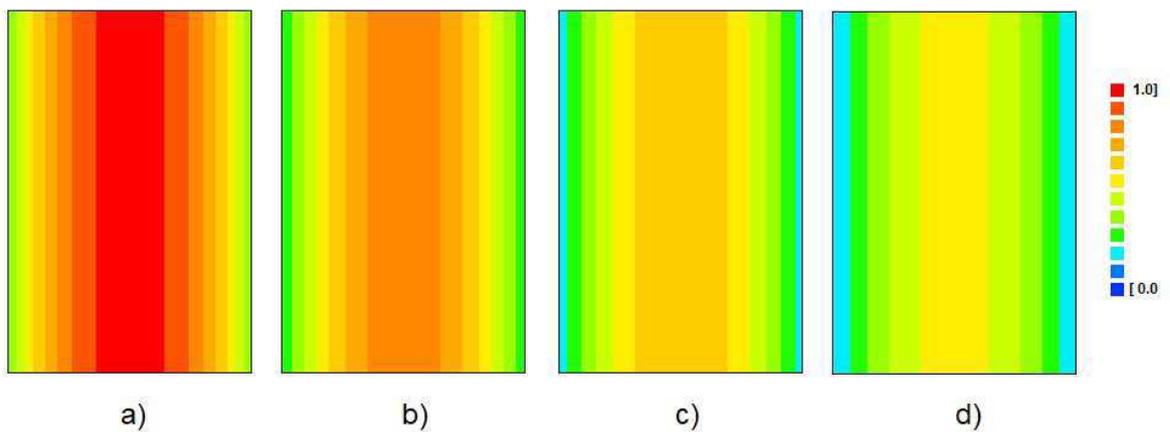


Figura C.19- Distribui<sup>2</sup>o espacial do teor de  $\text{H}_2\text{O}$  do experimento 6 da DO na temperatura de 60 °C em t = 100 (a), 200 (b), 300 (c) e 400 (d) min.