

**UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

**LUIZ CARLOS CORRÊA FILHO**

**AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE HIGIENIZAÇÃO E SECAGEM NA  
QUALIDADE DE FOLHAS DE SALSINHA (*Petroselinum crispum* Mill.)**

**NITERÓI - RJ**

**2014**

**LUIZ CARLOS CORRÊA FILHO**

**AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE HIGIENIZAÇÃO E SECAGEM NA  
QUALIDADE DE FOLHAS DE SALSINHA (*Petroselinum crispum* Mill.)**

**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Engenharia de  
Biossistemas da Universidade Federal  
Fluminense como parte dos requisitos  
para a obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Biossistemas.**

**Orientador: Ana Paula Martinazzo, D.Sc**

**NITERÓI - RJ**

**2014**

C824 Corrêa Filho, Luiz Carlos

Avaliação dos processos de higienização e secagem na qualidade de folhas de salsa / Luiz Carlos Corrêa Filho. – Niterói, RJ : [s.n.], 2014.

86 f.

Dissertação (Curso de Engenharia de Biosistemas) – Universidade Federal Fluminense. Escola de Engenharia, 2014.

Orientadora: Ana Paula Martinazzo.

1. Planta condimentar. 2. Microbiologia. 3. Óleo essencial. 4. Modelo matemático. I. Título.

CDD 581.636

**LUIZ CARLOS CORRÊA FILHO**

**AVALIAÇÃO DOS PROCESSOS DE HIGIENIZAÇÃO E SECAGEM NA  
QUALIDADE DE FOLHAS DE SALSINHA (*Petroselinum crispum* Mill.)**

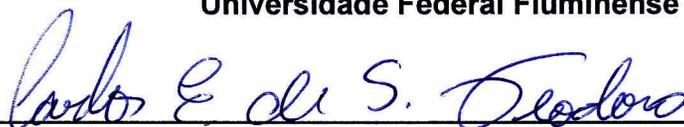
**Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós Graduação em Engenharia de  
Biossistemas da Universidade Federal  
Fluminense como parte dos requisitos  
para a obtenção do título de Mestre em  
Engenharia de Biossistemas.**

**Aprovada em 31 de Julho, 2014.**

**BANCA EXAMINADORA**



**Prof<sup>a</sup>. Ana Paula Martinazzo, D.Sc  
Universidade Federal Fluminense**



**Prof. Carlos Eduardo de Souza Teodoro, D.Sc  
Universidade Federal Fluminense**



**Prof. Marcelo Santos de Souza, D.Sc  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro**

**NITERÓI - RJ**

**2014**

### *DEDICATÓRIA*

*Aos meus pais, Sônia Regina e Luiz Carlos, as pessoas mais importantes da minha vida, pelo amor incondicional, por sempre sonharem os meus sonhos comigo e por simplesmente serem os melhores pais que eu poderia ter, eu amo vocês cada dia de minha vida, Obrigado por tudo.*

*Aos meus irmãos, Daniela Bastos Corrêa de Oliveira, Carlos Renato Bastos Corrêa, por todo amor, carinho e atenção. Com vocês eu aprendi, o verdadeiro sentido e valor da amizade e companheirismo, Com vocês eu sou muito mais. Amor eterno.*

*Aos meus sobrinhos, Vitor Corrêa de Oliveira e Theo Justen Bastos Corrêa, por deixarem meus dias mais felizes e para incentivarem a buscar sempre o conhecimento.*

## AGRADECIMENTOS

*A Deus, por se fazer presente em minha vida em todos os momentos.*

*A Universidade Federal Fluminense, em especial as escolas de engenharia de Niterói e Volta Redonda, por ceder a estrutura para a realização do trabalho.*

*A todos do curso do Programa de Pós Graduação em Engenharia de Biosistemas da Universidade Federal Fluminense, pelo acolhimento e oportunidade de realizar o curso e desenvolver esse trabalho, onde pude conhecer profissionais e amigos maravilhosos.*

*A FAPERJ, pela concessão da bolsa de mestrado.*

*A professora Ana Paula Martinazzo, pela orientação, apoio, incentivo, confiança e amizade durante toda a minha vida acadêmica, em especial ao desenvolvimento deste trabalho.*

*Ao professor Carlos Eduardo de Souza Teodoro, pelas contribuições, incentivo durante o trabalho.*

*Ao Pedro Henrique Calçada de Medeiros, por todo carinho, apoio e incentivo durante o processo de seleção do mestrado. Vou sempre lembrar daquele primeiro abraço ao saber que tinha sido aprovado. Gratidão pelos pequenos e simples momentos.*

*A Débora Rosa e seus pais, Jane Almeida e Wilson Silvestre, por me acolherem e ajudarem a conseguir uma moradia para a realização do mestrado em outra cidade. Me ensinaram o quanto é valioso ajudar ao próximo. Minha eterna gratidão.*

*Aos meus amigos do PGEB, em especial a Thábata Brito, Rhégia Brandão, Josie Antonucci, Guilber Espindola, Talmo Manhaes, Renata Jou e Elisabeth D'Andrea, pela amizade conquistada e todo companheirismo no decorrer do mestrado que levarei por toda a minha vida. Somos pioneiros e vencedores, orgulho de todos vocês. Sentirei saudades dos nossos encontros.*

*A Júlia Vale d'Avila, pela amizade e ser uma companheira incondicional, pelo auxílio e palavras de incentivo no decorrer dos experimentos. Júlia, você me ajudou em todos os momentos nesse último ano de mestrado, o seu apoio, dedicação e carinho foram cruciais para eu não desanimar diante as dificuldades encontradas. Minha eterna amizade e gratidão.*

*A Andresa Viana Ramos, um exemplo de profissional e mulher, pela grande amizade desde a graduação, apoio e carinho.*

*Aos meus tios e primos, por me apoiarem e entenderem a minha ausência nos encontros familiares.*

*Ao Filipe Oliveira, pela amizade e grande apoio durante os experimentos do trabalho.*

*A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho.*

*"Ninguém precisa se assustar com a distância  
e os afastamentos que acontecem.*

*Tudo volta!*

*E voltam mais bonitas; mais maduras.*

*E voltam quando tem de voltar.*

*Voltam quando é para ser."*

*Caio F. Abreu*

## RESUMO

A salsinha (*Petroselinum crispum* Mill.) é uma espécie de ampla produção e comércio no Brasil devido ao seu alto consumo como condimento. Na região sul-fluminense, devido à alta produtividade obtida, problemas de contaminações microbiológicas por fungos e bactérias e pela falta de aplicação de métodos de conservação para o excesso da produção, geram perdas econômicas e do produto *in natura*. A higienização tem como objetivo básico preservar a qualidade microbiológica dos alimentos sem perder qualidade do produto e riscos à saúde do consumidor. A secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade dos produtos agrícolas, consistindo na retirada de grande parte da água do produto, possibilitando o seu armazenamento prolongado. No desenvolvimento de equipamentos utilizados para secagem, é importante a simulação e a obtenção de informações teóricas a respeito do comportamento de cada produto durante a remoção de água. Com a secagem, obtêm-se vantagens como a facilidade na conservação do produto e o controle no crescimento de microrganismos. Tendo em vista a crescente utilização e o potencial de comercialização de plantas condimentares, o trabalho teve como objetivo avaliar alguns aspectos que envolvem a pós-colheita de folhas de salsinha, observando as alterações na qualidade do produto. Além de determinar o calor isotérmico das folhas de salsinha e ajustar modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos na secagem em diferentes temperaturas do ar de secagem (40, 50 e 60°C) e nas curvas de dessorção nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C. Os tratamentos de secagem foram realizados em secador com sistema elétrico de aquecimento do ar. Para prever o fenômeno de secagem e higroscopicidade foram utilizados modelos de regressão não-linear. O grau de ajuste foi avaliado em função da magnitude do coeficiente de determinação, dos erros médio relativo, da estimativa e quadrático. A determinação da qualidade microbiológica da salsinha foi realizada para bactérias aeróbias mesófilas; bolores e leveduras, para *Salmonella* sp. e coliformes totais. A extração do óleo essencial foi feita pelo método de hidrodestilação e a identificação dos compostos do óleo foi realizada utilizando-se a técnica de Cromatografia Gasosa acoplada à Espectrometria de massas (CG-EM). O calor isotérmico foi determinado pelo método de linearização da equação de Clausius-Clapeyron. Dentre os modelos avaliados, a equação de GAB modificado e de Midilli foram os que se mostraram os mais adequados para descrever o fenômeno de higroscopicidade e de secagem de salsinha, respectivamente, para as temperaturas estudadas. O calor isotérmico variou de 3394,6 a 2830,0 kJ.kg<sup>-1</sup> para o teor de água de equilíbrio na faixa de 0,0154 a 3,7232 (b.s.). O processo de higienização combinado com a secagem em diferentes temperaturas proporcionou redução maior de todos os microrganismos estudados em relação a cada processo separado. Entretanto não proporcionou a redução da carga microbiana aos padrões preconizados pela OMS, exceto para os mesófilos aeróbicos quando a salsinha higienizada foi seca a 50 e 60°C e para *Salmonella* sp. que não foi evidenciada sua presença. A secagem não alterou o rendimento do óleo essencial em relação à planta fresca. Foram identificados a Miristicina e Apiol como principais compostos do óleo essencial de salsinha, correspondendo a aproximadamente 70% da composição. As temperaturas de 50 e 60°C foram as mais indicadas para a secagem de folhas de salsinha.

**PALAVRAS-CHAVE:** planta condimentar, processamento, microbiologia, óleo essencial, modelagem matemática.

## ABSTRACT

Parsley (*Petroselinum crispum* Mill.) is a plant species of large-scale production and trade in Brazil due to its high consumption as a condiment. In the region south of the Rio de Janeiro state, due to high productivity achieved, problems of microbiological contamination by fungi and bacteria and the lack of application of conservation methods for excess production generate economic and product losses in natura. The cleaning has as primary objective to preserve the microbiological quality of food without losing product quality and decrease the health risks to the consumer. Drying is the most used process to ensure the quality of agricultural products. It consists on removing a large amount of water from the product, enabling long-term storage. On the development of equipment used for drying, it is important to obtain the simulation and theoretical information about the behavior of the water loss for each product. With the drying, there are obtained advantages as ease of the product preservation and control the growth of microorganisms. Given the increasing use and potential commercialization of seasoning plants, the study aimed to evaluate some aspects involving post-harvest of parsley leaves, watching the changes in product quality. In addition to determining the isosteric heat of parsley leaves and mathematical fit to the experimental data obtained at different drying temperatures of the drying air (40, 50 and 60 ° C) and desorption curves at temperatures of 20, 30, 40, 50 and 60°C. The drying was performed in a dryer with an electric system to heat the air. To predict the drying phenomena and hygroscopicity models of non-linear regression were used. The degree of fit was evaluated according to the magnitude of the coefficient of determination, the average relative errors, and the estimated quadratic. Determination of microbiological quality of parsley was performed for mesophilic aerobic bacteria; molds and yeasts, *Salmonella* sp. and total coliforms. The essential oil extraction was taken by hydrodistillation method and the identification of compounds of the oil was performed using the technique of gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). The isosteric heat was determined by linearization of the Clausius-Clapeyron equation. Among the models evaluated, the modified GAB equation and Midilli were those who were the most appropriate to describe the phenomenon of hygroscopic and drying parsley for the temperatures studied respectively. The isosteric heat ranged from 3394.6 to 2830.0 kJ.kg<sup>-1</sup> for the equilibrium water content in the range from 0.0154 to 3.7232 (bs). The process of hygiene combined with drying at different temperatures resulted in greater reduction of all organisms studied for each separate process. However it didn't reduce the microbial load to current legal standards, except for aerobic mesophilic when the parsley was dried under 50 and 60 °C, and for *Salmonella* sp., that there was no evidence his presence. Drying did not alter the yield of essential oil for fresh plant. The apiole and myristicin were identified as the main compounds of the essential oil of parsley, corresponding to approximately 70% of the composition. Temperatures of 50 and 60 ° C were the most suitable for drying of parsley leaves.

**KEY WORDS:** spice plant, processing, microbiology, essential oil, mathematical modeling.

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO .....                                     | 13 |
| 2. OBJETIVOS .....                                      | 17 |
| 2.1. OBJETIVO GERAL.....                                | 17 |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                        | 17 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....                           | 18 |
| 3.1. PLANTAS CONDIMENTARES.....                         | 18 |
| 3.2. SALSINHA ( <i>Petroselinum crispum</i> Mill.)..... | 20 |
| 3.3. ÓLEOS ESSENCIAIS.....                              | 21 |
| 3.4. ISOTERMAS DE SORÇÃO DE ÁGUA.....                   | 24 |
| 3.5. SECAGEM.....                                       | 26 |
| 3.6. HIGIENIZAÇÃO DE ALIMENTOS <i>IN NATURA</i> .....   | 31 |
| 3.7. MICROBIOLOGIA EM ALIMENTOS .....                   | 33 |
| 4. MATERIAL E MÉTODOS .....                             | 38 |
| 4.1. COLHEITA E SELEÇÃO DAS FOLHAS DE SALSINHA .....    | 38 |
| 4.2. ISOTERMAS DE DESSORÇÃO DA SALSINHA .....           | 38 |
| 4.3. PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DA SALSINHA .....         | 42 |
| 4.4. PROCESSO DE SECAGEM DA SALSINHA.....               | 43 |
| 4.5. TEOR DE ÁGUA .....                                 | 45 |
| 4.6. MICROBIOLOGIA .....                                | 45 |
| 4.7. ÓLEO ESSENCIAL .....                               | 47 |
| 4.7.1. Extração.....                                    | 47 |
| 4.7.2. Análise dos constituintes do óleo essencial..... | 48 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....                          | 50 |
| 5.1. CURVAS DE ISOTERMAS DE DESSORÇÃO DA SALSINHA ..... | 50 |
| 5.2. CALOR ISOSTÉRICO .....                             | 55 |
| 5.3. CURVAS DE SECAGEM DA SALSINHA .....                | 57 |
| 5.4. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA.....                        | 61 |
| 5.5. ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL.....                     | 65 |
| 6. CONCLUSÕES .....                                     | 70 |
| 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                     | 73 |

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Figura 01. | Taxas generalizadas de reações de deterioração em alimentos em função da atividade de água em temperatura ambiente.....   | 24 |
| Figura 02. | Analizador de sorção de vapor: (a) compartimento aberto; (b) compartimento fechado.....   | 39 |
| Figura 03. | Centrifugador manual de vegetais: (a) Montado; (b) Desmontado....   | 43 |
| Figura 04. | Secador de bandejas para plantas: (a) visão interna; (b) visão externa.....   | 43 |
| Figura 05. | Kit 1-2 test para <i>Salmonella</i> da BioControl.....  | 46 |
| Figura 06. | Kit Simplate para coliformes totais: (a) coloração inicial; (b) mudança de coloração, apresentando presença de coliformes.....  | 47 |
| Figura 07. | Curva de dessorção de folhas de salsa ajustada ao modelo de GAB modificado nas diferentes temperaturas: (a) 20°C; (b) 30°C; (c) 40°C.....   | 53 |
| Figura 08. | Curva de dessorção de folhas de salsa ajustada ao modelo de GAB modificado nas diferentes temperaturas: (a) 50°C; (b) 60°C...   | 54 |
| Figura 09. | Valores observados e estimados do calor isostérico integral de dessorção em função do teor de água de equilíbrio para folhas de salsa.....  | 56 |
| Figura 10. | Teor de umidade (TU) observado e estimado pela equação de Midilli na secagem de folhas de salsa higienizadas ( <i>Petroselinum crispum</i> Mill) nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.....     | 59 |
| Figura 11. | Teor de umidade (TU) observado e estimado pela equação de Midilli na secagem de folhas de salsa sem higienização ( <i>Petroselinum crispum</i> Mill) nas temperaturas de 40, 50 e 60°C..... | 60 |
| Figura 12. | Rendimento médio do óleo essencial de salsa sem higienização sob os tratamentos estudados.....  | 66 |
| Figura 13. | Rendimento médio do óleo essencial de salsa higienizada sob os tratamentos estudados.....   | 66 |

## LISTA DE TABELAS

|            |   |    |
|------------|---|----|
| Tabela 01. | Modelos matemáticos utilizados para predizer o fenômeno de dessecção em folhas de salsaína.....   | 40 |
| Tabela 02. | Modelos de regressão não-linear utilizados para predizer o fenômeno de secagem em camada delgada.....   | 44 |
| Tabela 03. | Dados médios obtidos de atividade de água ( $a_w$ , decimal) e umidade de equilíbrio ( $U_e$ ), em base seca, para dessecção das folhas de salsaína nas temperaturas estudadas.....   | 50 |
| Tabela 04. | Coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio relativo (P), erro médio da estimativa (SE), erro quadrático e parâmetros estimados dos modelos matemáticos em cada temperatura para as isotermas de dessecção de folhas de salsaína..... | 51 |
| Tabela 05. | Valores do teor de água de equilíbrio e a respectiva atividade de água estimados pelo modelo de GAB modificado assim como o resultado das regressões lineares das curvas do calor isostérico de dessecção de folhas de salsaína.....        | 55 |
| Tabela 06. | Valores dos parâmetros para o modelo de Midilli para secagem de folhas de salsaína obtidos nos diferentes tratamentos.....  | 58 |
| Tabela 07. | Tempo de secagem, em horas, da salsaína higienizada e sem higienização para as temperaturas estudadas.....  | 60 |
| Tabela 08. | Valores da contagem dos microrganismos estudados presentes nas folhas de salsaína sem higienização sob os tratamentos analisados em UFC/g.....  | 62 |
| Tabela 09. | Valores da contagem dos microrganismos estudados presentes nas folhas de salsaína higienizadas sob os tratamentos analisados em UFC/g.....  | 62 |
| Tabela 10. | Composição química dos principais compostos da salsaína sem higienização para os tratamentos avaliados.....   | 68 |
| Tabela 11. | Composição química dos principais compostos da salsaína higienizada para os tratamentos avaliados.....  | 68 |

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

|   |   |
|---|---|
| a, b, c, k, k <sub>0</sub> , k <sub>1</sub> , n | Parâmetros de ajustes dos modelos matemáticos                   |
| ANVISA  | Agência Nacional de Vigilância Sanitária                        |
| AOAC  | Association of Official Analytical Chemists                     |
| a <sub>w</sub>                                  | Atividade de Água, decimal                                      |
| b.s.  | Base seca   |
| CG-EM   | Cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas        |
| <i>E.coli</i>                                   | <i>Escherichia coli</i>   |
| FAO   | Food and Agricultural Organization                              |
| GL  | Grau de liberdade do modelo                                     |
| L   | Calor latente de vaporização de água livre, kJ.kg <sup>-1</sup> |
| OMS   | Organização Mundial da Saúde                                    |
| P   | Erro médio relativo, %  |
| P <sub>v</sub>                                  | Pressão de vapor do alimento, Pa                                |
| P <sub>vs</sub>                                 | Pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura, Pa      |
| q <sub>ST</sub>                                 | Calor Isostérico líquido, kJ.kg <sup>-1</sup>                   |
| R <sup>2</sup>                                  | Coefficiente de determinação, %                                 |
| RDC   | Resolução da Diretoria Colegiada                                |
| RMSE  | Erro quadrático, adimensional                                   |
| RU  | Razão de Umidade  |
| SE  | Erro médio da estimativa, adimensional                          |
| T   | Temperatura, °C   |
| t   | Tempo, h  |
| T <sub>abs</sub>                                | Temperatura absoluta, K   |
| U <sub>e</sub>                                  | Teor de água de equilíbrio, %b.s.                               |
| Unicef  | Fundo das Nações Unidas para a Infância                         |
| UR <sub>e</sub>                                 | Umidade Relativa de equilíbrio, %                               |
| VSA   | Analisador de Sorção de Vapor                                   |
| Y   | Valor observado experimentalmente                               |
| Y <sub>0</sub>                                  | Valor estimado pelo modelo                                      |

## 1. INTRODUÇÃO

Desde a antiguidade até os dias atuais o homem busca alguma coisa além do alimento em si, e com isso vem desenvolvendo a arte de comer e beber, inovando gostos e sabores diferentes nos alimentos pelo uso de hortaliças (BERBERT et al., 1995; STEURER, 2008).

As plantas condimentares são aquelas usadas como tempero, realçando o sabor, aroma e ativando a ação das glândulas salivares, que iniciam o processo digestório. Além disso, cada tipo de espécie condimentar tem em sua composição substâncias diferentes que também apresentam propriedades de conservação alimentícias, aromáticas e simultaneamente medicinais, como no tratamento de resfriados, dores de cabeça, problemas respiratórios e cardiovasculares (CARDOSO et al., 2005; LENZ, 2005).

Os consumidores procuram alimentos de boa qualidade, livres de conservantes e com mínimo processamento e aditivos químicos possíveis, porém com vida-útil longa. Nesta perspectiva, os elementos vegetais, como as especiarias, recebem grande ênfase em um possível uso racional na linha de produção de indústrias alimentícias, por conferir sabores agradáveis e por apresentarem óleos essenciais, os quais mostram propriedades antimicrobianas, antivirais, antioxidante, antiparasíticas e inseticidas (STEURER, 2008).

A salsinha (*Petroselinum crispum* Mill.) é uma das espécies de hortaliças que não atingem sua importância pelo volume ou valor de comercialização, mas pela utilização comercial como condimento (HEREDIA et al, 2003). É largamente difundido em todo Brasil e no mundo sendo possivelmente a mais universal de todas as ervas condimentares. Seu óleo essencial obtido tanto das folhas quanto das sementes é também utilizado como *flavour* em muitas fragrâncias na perfumaria (LORENZI & MATOS, 2002; CARDOSO et al., 2005; LEAL, 2009). Além de ser utilizada na culinária

e em diversos produtos alimentícios, possui ação diurética, estimula a menstruação e previne doenças cardiovasculares. Ornamenta pratos, principalmente de peixes (LORENZI & MATOS, 2002; CARDOSO et al., 2005). Comumente, a comercialização de folhas de salsinha é realizada tanto na forma fresca quanto seca.

Na região Sul Fluminense, a salsinha tem sido cultivada nos últimos anos por agricultores familiares para o abastecimento da planta *in natura* em supermercados, feiras, sacolões, restaurantes e redes de franquia alimentícia instaladas na região. Em determinados segmentos de venda da produção, como supermercados e sacolões, o fornecimento é feito de forma consignada, onde o produtor é responsável pela entrega do produto, manutenção de um funcionário para reposição das hortaliças nas gôndolas, busca da “sobra” de produto não comercializado e recebimento somente sobre o que foi vendido.

Por meio do contato e diálogos realizados com os produtores familiares, localizados nos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa/RJ, que se organizam na forma de associação, é evidente que a comercialização de forma consignada apresenta diversas desvantagens para o produtor, algumas das listadas no caso da salsinha é em algumas épocas do ano, o excesso de plantas que voltam para o produtor, dentro do que é solicitado e o descuido do manuseio destas no varejo, comprometendo a qualidade do condimento.

Uma alternativa que pode ser implantada a estes pequenos produtores para agregar valor ao condimento e eliminar o desperdício do excesso produzido seria a secagem de parte das plantas produzidas para posterior comercialização. A inserção da técnica que colaboraria não somente para preservação do produto, viria ampliar o mercado para estes produtores familiares, para indústrias de alimentos e conservas tanto na região como em outros estados podendo se estender para outros países, tendo em vista que o óleo essencial extraído de folhas de salsinha é utilizado como agente flavorizante ou fragrância em perfumes, sabonetes e cremes.

Uma vez colhida, as plantas condimentares podem perder qualidade pela etapa de processamento como a secagem e o armazenamento, sendo esses processos fundamentais para a manutenção da qualidade final do produto (CARVALHO, 2010). A secagem é o processo comercial mais utilizado para a preservação da qualidade de produtos agrícolas. É realizada para a remoção de grande parte de água inicialmente contida no produto logo após a sua maturidade fisiológica, a um nível máximo de teor de umidade no qual possa ser armazenado por longos períodos, sem que ocorram

perdas significativas. Em plantas condimentares pode, caso não seja realizada adequadamente, possibilitar a degradação de componentes químicos importantes, permitir a infestação e crescimento de microrganismos comprometendo o teor dos princípios ativos. (MARTINAZZO, 2006).

Com o intuito de amenizar as alterações físicas, químicas e microbiológicas que podem ocorrer durante a secagem e o armazenamento de produtos agrícolas, se faz necessário o conhecimento das relações entre o produto, umidade relativa do ar e a temperatura através de estudos sobre a higroscopicidade desses produtos, uma vez que eles têm a capacidade de absorver e ceder água para o ambiente, tendendo para um equilíbrio (RESENDE et al., 2006). O estudo do teor de água de equilíbrio e da atividade da água constitui fator importante no desenvolvimento de projetos e estudos de sistemas pós-colheita, Além de serem importantes para estimar as mudanças de teor de água sobre diferentes condições de temperatura e umidade relativa do ar ambiente, bem como definir os teores de água adequados para que não ocorra o início da atividade de microrganismos e os limites de secagem do produto estudado (AYRANCI & DUMAN, 2005).

Uma vez obtidas as curvas de equilíbrio higroscópio de um produto, pode-se determinar o seu calor isostérico de sorção que representa a quantidade de energia necessária para evaporar a água adsorvida na fase sólida do produto. Além de se tratar de uma propriedade física de fundamental importância na composição dos modelos matemáticos de secagem, o calor isostérico é um bom parâmetro para se estimar a quantidade mínima de calor requerida para remover uma quantidade de água (CORRÊA & ALMEIDA, 1999).

É fato concreto que a qualidade dos procedimentos ao longo da cadeia de produção e comercialização é um forte determinante da qualidade final do produto disponível ao consumidor. Quando estas condições são inadequadas, gera-se um produto de má qualidade que poderá, entre outros problemas, veicular vários microrganismos ao consumidor (ELPO et al., 2001). A qualidade microbiológica dos alimentos está relacionada à presença de microrganismos indicadores que irão influenciar nas alterações sensoriais do produto durante sua vida útil (PINHEIRO et al., 2005). As hortaliças cruas e/ou secas são comumente associadas à presença de microrganismos tais como a bactéria *Salmonella* sp. e microrganismos indicadores tais como os bolores e leveduras, mesófilos aeróbios e coliformes totais que são

indicadores de condições de higiene associados à contaminação fecal (ARBOS, 2009). No Brasil, os agentes etiológicos como a *Salmonella* sp. e *E.coli* representam juntas 51,79% dos casos de surtos de doenças transmitidas por alimentos (BRASIL, 2011).

As hortaliças, condimentos e as frutas são, em geral, contaminados com microrganismos em sua superfície. Para que esses alimentos estejam propícios à alimentação é necessária uma higienização completa, com uma água de boa qualidade e com a adição de soluções sanitizantes adequadas, como o hipoclorito de sódio, água sanitária, que é um produto químico a base de cloro mais utilizado em vegetais a fim de manter a qualidade microbiológica. Possui uma ação rápida, tem completa dissociação na água e é de fácil aplicação (SREBERNICH, 2007).

A higienização tem como objetivo básico a preservação da pureza e da qualidade microbiológica dos alimentos manipulados, sem ocasionar perda da qualidade do produto e riscos à saúde do consumidor (BRASIL, 2004). No Brasil, não obstante a relevância e atualidade do tema, ainda são escassos os trabalhos que avaliam a qualidade das hortaliças consumidas pela população, o que se faz necessário aprofundar nos estudos de forma a garantir o pré-processamento eficiente e com qualidade (MOCELIN & FIGUEIREDO, 2009).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar os processos de higienização e secagem de folhas de salsinha (*Petroselinum crispum* Mill.), observando as alterações na qualidade do produto, assim como realizar a modelagem matemática dos processos de secagem e sorção da espécie.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter as curvas das isotermas de dessorção das folhas da salsinha fresca para as temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C e ajustá-las com modelos matemáticos usuais;
- Verificar o comportamento do calor isostérico compreendido no processo de dessorção.
- Obter e analisar as curvas de secagem em função da temperatura do ar (40, 50 e 60°C) e ajustar modelos matemáticos aos valores experimentais;
- Avaliar o efeito da sanitização com hipoclorito de sódio, após a colheita, e da secagem das folhas de salsinha, em diferentes temperaturas, sobre a qualidade microbiológica;
- Avaliar o efeito da sanitização com hipoclorito de sódio, após a colheita, e da secagem das folhas de salsinha, em diferentes temperaturas, no rendimento e na composição dos principais componentes do óleo essencial.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. PLANTAS CONDIMENTARES

Há mais de dois mil anos, Hipócrates escreveu: “cada uma das substâncias da dieta de um homem age sobre seu corpo, mudando-o de alguma forma, e toda a sua vida depende dessas mudanças, esteja ele saudável, doente ou convalescendo”. Nas últimas décadas, a procura por produtos naturais tem envolvido não só os naturalistas, mas também pesquisadores e todos aqueles que procuram investigar e divulgar os benefícios desses produtos. Esses, a cada dia, apresentam um maior emprego, sendo utilizados na alimentação, na indústria farmacêutica, na agroquímica, entre outros (CARDOSO et al., 2005). Entretanto o uso dessas plantas medicinais, aromáticas e condimentares tem como referência histórica os povos asiáticos, na Antiguidade, e os europeus na Idade Média. No Brasil, os índios antes da chegada dos colonizadores europeus já faziam uso de determinadas plantas nativas na alimentação, curas, dentre outras utilizações (CORRÊA Jr, 1994).

Na Idade Média e na Renascença os condimentos eram muito apreciados e se chamavam especiarias, nome dado aos condimentos vegetais que possuem substâncias aromáticas ou picantes de origem tropical, constituídos de raízes, rizomas, bulbos, cascas, folhas, flores, frutos, sementes e outras partes das plantas. As especiarias passaram a ser utilizadas a partir do conhecimento de suas propriedades, como estimular o apetite, conferir aroma antes e durante a cocção, bem como para a conservação de alimentos. São largamente utilizadas em saladas, sopas, carnes, molhos, licores, cremes, chás, caldas, compotas, como enfeites decorativos entre outros (SOUZA et al, 2005; ALVES, 2007; STEURER, 2008).

As plantas condimentares possuem variados órgãos vegetais que são dotados de forte aroma e sabor sendo empregados na culinária, tornando o alimento mais saboroso. Muitas vezes o próprio condimento pode ser usado como conservante do alimento (ALVES, 2007).

O consumo de hortaliças tem aumentado, bem como a exigência do consumidor, havendo necessidade de manter seu fornecimento em quantidade e qualidade o ano todo, livre de conservantes (GUALBERTO et al., 2009).

A qualidade das plantas medicinais, aromáticas e condimentares é obtida durante todo o processo produtivo desde a identificação botânica, escolha do material vegetal, época e local de plantio, tratos culturais, determinação da época de colheita e cuidados na colheita de modo a garantir o máximo da qualidade para o produto. Não é possível melhorar esta qualidade através do processamento pós-colheita, mas sim, minimizar suas perdas (MARCHESE & FIGUEIRA, 2005)

A produção de plantas condimentares apresenta aspectos técnicos que podem definir a sua viabilidade econômica. O produto agrícola, planta medicinal, aromática ou condimentar, matéria prima para a indústria farmacêutica e/ou alimentícia, em geral é processado em locais distantes de seu cultivo, podendo ser armazenado para ser processado durante um período após sua colheita. Sendo assim, a secagem representa uma operação amplamente utilizada, porém as condições variam de acordo com a infraestrutura de cada propriedade, muitas vezes comprometendo a qualidade do produto no final de seu processo produtivo (MARCHESE & FIGUEIRA, 2005).

O cultivo é considerado como uma das etapas que mais poderá interferir na produção e qualidade de um condimento, tanto do ponto de vista qualitativo quanto quantitativo. Os objetivos da produção de plantas condimentares estão ligados não só a quantidade da biomassa vegetal produzida como também nos teores dos princípios ativos do óleo essencial que estão relacionados com a qualidade condimentar. Após colhida, para manter a qualidade final das plantas, o processamento como secagem e armazenamento são fundamentais (MADUEÑO BOX, 1973).

### 3.2. SALSINHA (*Petroselinum crispum* Mill.)

A espécie *Petroselinum crispum*, apreciada por mais de dois mil anos, é conhecida popularmente como salsa, salsinha ou cheiro-verde. Originária do sul da Europa, região do Mediterrâneo é cultivada em todo o mundo. Pertencente à família *Apiaceae* é uma erva anual ou bianual, ereta, fortemente aromática. As folhas são pinadas, de formas variadas dependendo do cultivar ou da variedade, as flores são pequenas de cor amarelo-esverdeada, reunidas em umbelas terminais dispostas acima da folhagem e os frutos são aquênios (LORENZI & MATOS, 2002).

O nome em latim vem do radical grego, *sélinon* que significa aipo, ou salsão, e quando se coloca o radical *petro* o significado passa a ser "aipo de pedra". Isto provavelmente devido a sua origem ser justamente de lugares rochosos (CHAVES, 2006).

Há poucas cultivares de salsinha, destacando-se a Lisa Preferida e a Graúda Portuguesa, ambas resistentes ao florescimento, de folhas lisas e aromáticas, a segunda produz folhas maiores. Também há cultivares de folhas crespas, como Crespa Decora. A cultivar Lisa Comum possui porte de 20 a 25 cm de altura e folhas de cor verde-clara; a cultivar Graúda Portuguesa é mais vigorosa atingindo 40 cm de altura, com folhas de cor verde-escura; a cultivar Crespa possui de 25 a 30 cm de altura e as folhas são de cor verde escura (ÁLVARES, 2006).

Produz melhor em solos arenos-argilosos, com alto teor de matéria orgânica, boa fertilidade e pH entre 5,8 e 6,8. A primeira colheita é feita entre 50 e 90 dias após a sementeira, quando as plantas atingirem cerca de 10 a 15 cm de altura, cujo o corte das plantas é feito acima da superfície do solo. O rebrotamento é aproveitado em novos cortes que quando o cultivo é conduzido em condições de clima ameno, pode ser explorado por dois a três anos (HEREDIA et al., 2003).

Seu uso já fazia parte do conhecimento dos gregos já no terceiro século antes de Cristo. É largamente difundido em todo Brasil e no mundo sendo possivelmente a mais universal de todas as ervas condimentares. Além de ser utilizada na culinária e em diversos produtos alimentícios, possui ação diurética, estimula a menstruação e previne doenças cardiovasculares. Ornamenta pratos, principalmente de peixes. Seu óleo essencial obtido tanto das folhas quanto das sementes é também utilizado como *flavour* em muitas fragrâncias na perfumaria (LORENZI & MATOS, 2002; CARDOSO

et al., 2005).

Os princípios ativos da salsinha consistem em óleos essenciais, cetonas, flavonoides, furanocumarinas, ácidos graxos, óleo resinas, pró vitamina A, ácido ascórbico, nutrientes (proteínas, gorduras, carboidratos, fibras, sódio, potássio, cálcio, ferro, etc.). É considerada como fonte rica em vitaminas C e E,  $\beta$ -caroteno, tiamina, riboflavina e minerais orgânicos, possuindo odor agradável quando utilizada na forma fresca. O óleo essencial obtido das folhas possui componentes como:  $\alpha$ -pineno,  $\beta$ -pineno, sabineno,  $p$ -cimeno, limoneno,  $\alpha$ -felandreno,  $\beta$ -felandreno,  $\alpha$ -terpineno, hexanal, carotol,  $\alpha$ -terpineno, cariofileno, fenilacetaldéido, terpineol, thujeno, canfeno, 3-careno, tolueno, campeno,  $\alpha$ -terpinoleno, eugenol,  $p$ -1,3,8-menthatrieno, cis-hex-3-en-1-ol, propanodiol, sendo a miristicina e o apiol os dois principais e responsáveis pela atividade antioxidante (MACLEOD et al, 1985; FARZAEI et al, 2013)

### 3.3. ÓLEOS ESSENCIAIS

O conhecimento sobre óleos essenciais de plantas iniciou-se alguns séculos antes da era cristã. As referências históricas de obtenção e utilização desses óleos estão ligadas, originalmente, aos países orientais, com destaque para o Egito, Pérsia, Japão, China e Índia (SILVA et al., 2010).

Os óleos essenciais não são substâncias puras, mas sim misturas complexas com muitos constituintes naturais, contendo variadas proporções de ésteres, éteres, álcoois, fenóis, aldeídos, cetonas e hidrocarbonetos de estrutura aromática ou terpênica das plantas e são caracterizados por um forte odor (POVH, 2000; SIMÕES & SPITZER, 2000).

Segundo Simões & Spitzer (2000), a International Santandard Organization (ISO) considera os óleos essenciais como constituintes da categoria de princípios ativos produzidos por vegetais, caracterizados por serem separados por destilação, pelo arraste a vapor. De modo geral, são misturas complexas de substâncias lipofílicas, geralmente odoríferas e líquidas.

Os óleos essenciais são misturas de substâncias orgânicas voláteis, de consistência semelhante ao óleo, límpidas, lipossolúveis e solúveis em solventes orgânicos, com uma densidade geralmente mais baixa do que a água e caracterizados por um conjunto de propriedades como o cheiro, sabor e elevada concentração, além

de serem conhecidos pela sua atividade bactericida, fungicida e virucida e propriedades medicamentosas e flavorizantes (OTTE, 1994; BAKKALI et al., 2008).

Os óleos essenciais são obtidos a partir de plantas aromáticas normalmente localizadas em países de clima temperado como Mediterrâneo e nos países tropicais (OTTE, 1994; BAKKALI et al., 2008). O uso dos óleos essenciais e seus componentes podem atender a indústria mundial de formas bem variadas como na elaboração de produtos naturais nas indústrias farmacêuticas, alimentícias, fabricação de bebidas aromatizadas, químicas, perfumarias, além do controle biológico de pragas ou doenças na agricultura (HAMMER et al, 1999; SIMÕES & SPITZER, 2000).

Os óleos podem ser sintetizados pela planta toda (menta, lavanda) ou estocados em determinados órgãos da planta, tais como flores (camomila, bergamoteira), folhas (eucalipto, manjerição, capim-limão), nos frutos (funcho, erva-doce), raízes (vetiver), rizomas (cúrcuma, gengibre) ou sementes (noz-moscada, cravo) (POVH, 2000).

A composição química, as características físico-químicas, os odores e a quantidade dos princípios ativos dos óleos essenciais de diferentes órgãos vegetais podem apresentar propriedades diferentes mesmo sendo obtidos da mesma planta durante o período de um dia como em épocas do ano e também pelo grau de desenvolvimento e o ambiente onde as plantas se encontram (POVH, 2000).

O método de extração dos óleos essenciais utilizado influencia diretamente na reprodução fiel das fragrâncias naturais dos vegetais. Com isso, várias técnicas para extração vêm sendo utilizadas como a extração com solventes, extração com dióxido de carbono supercrítico, a extração por arraste a vapor e a hidrodestilação (BAKKALI et al., 2008).

Na extração com solventes orgânicos, os óleos essenciais são extraídos com solventes como o diclorometano, éter, hexano, benzeno, metanol, propanol, pentano e diversos solventes clorados. Porém, possuem o inconveniente de extrair os compostos lipofílicos junto com os óleos voláteis. Após a extração, o solvente é removido por evaporação ou destilação, deixando um extrato denso e resinoso. É uma técnica usada no mundo todo para obter maior rendimento ou produtos que não podem ser obtidos por nenhum outro processo como resinas presentes nas plantas aromáticas (FILIPPIS, 2001; PEREIRA, 2010).

A extração com dióxido de carbono supercrítico é uma técnica onde não se utiliza um solvente tóxico. As vantagens são que esse método opera em temperatura baixa

e pressão próximas ao ponto crítico, onde ocorre as mudanças de fase, além de ser um solvente inodoro, quimicamente inerte e sem risco ambiental. Entretanto, devido ao alto custo é uma técnica difícil de ser implementada (CASSEL, 2008)

A extração por arraste de vapor é muito utilizado industrialmente por ser um método simples e econômico quando utilizado em grande escala. Baseia-se na diferença de solubilidade de alguns componentes da planta no vapor d'água. Consiste em passar uma corrente de vapor de água à 100°C pelo material vegetal. Pelo efeito da temperatura do vapor em fluxo ascendente, ocorre o rompimento das células odoríferas da planta aromática, em decorrência do aumento da pressão interna das células devido à vaporização parcial do óleo em seu interior. As misturas dos vapores de óleo e de água se condensam, sendo separadas pela diferença de densidade (FILIPPIS, 2001; CASSEL, 2008).

Na hidrodestilação, que é um método antigo e versátil sendo utilizado a nível laboratorial consiste em colocar o material vegetal em contato com a água em ebulição fazendo com que o óleo evapore junto com a água passando por um condensador formando o hidrolado (água + óleo) que é recolhido e separado posteriormente. No caso de produções em pequena escala, emprega-se o aparelho chamado Clevenger (FILIPPIS, 2001; SIMÕES et al., 2003)

Para análise dos componentes dos óleos essenciais extraídos é normalmente utilizado a técnica de cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas por ser mais eficiente e manter a qualidade (FILIPPIS, 2001).

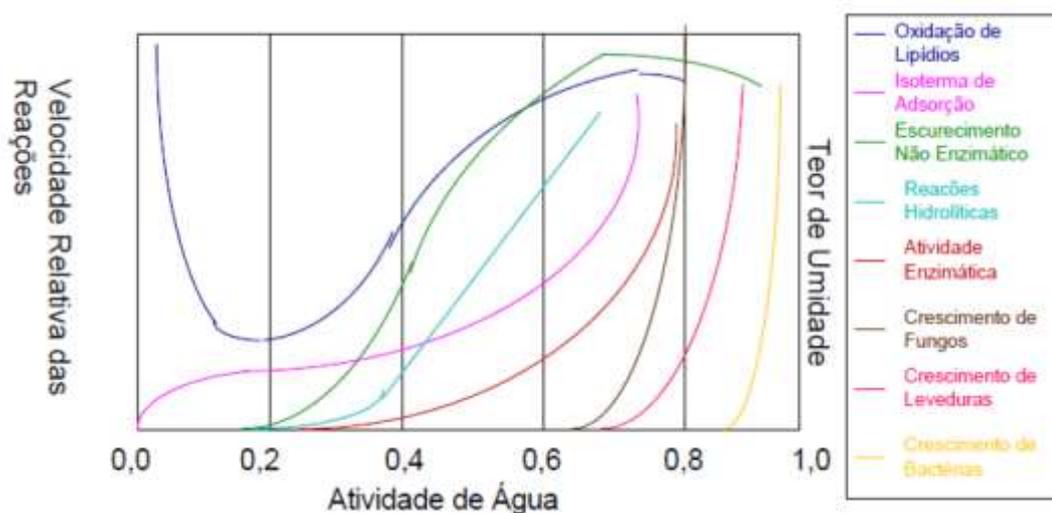
Na cromatografia gasosa (CG), consiste em separar e quantificar substâncias componentes de óleos voláteis. A identificação dos compostos individuais pode ser realizada por meio da comparação do tempo de retenção relativo da amostra com padrões existentes. Para maior segurança na identificação e quantificação dos picos individuais e controle da pureza de um pico cromatográfico é por meio da cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas (CG-EM) que, geralmente, indica a massa molecular e o padrão de fragmentação (SIMÕES & SPITZER, 2000; BORSATO, 2006).

### 3.4. ISOTERMAS DE SORÇÃO DE ÁGUA

Á água é o constituinte mais abundante nas células das plantas vivas e também é considerado o fator individual que mais influencia na alteração dos alimentos. Desde a pré-história é sabido, mesmo que variável, a existência de uma relação do conteúdo de água de um alimento e sua perecibilidade. Processos de secagem onde se retira grande parte de água disponível do alimento aumenta a quantidade de soluto e assim diminuindo a perecibilidade (ORDÓÑEZ, 2005; GAVA, 2009).

No entanto, diversos tipos de alimentos com o mesmo conteúdo de água não se comportam igualmente em termos de deterioração podendo afirmar que somente o teor de água não é um índice confiável de perecibilidade devido às diferenças da intensidade com a qual a água está associada a constituintes não aquosos. Por esse fato, apareceu o conceito de atividade de água ( $a_w$ ) que é uma propriedade fundamental para a conservação e armazenamento de um produto sendo um parâmetro muito mais importante que o pH, teor de água e outras propriedades estudadas nos alimentos (FELLOWS, 2006; FENNEMA, 2010).

A atividade de água afeta os atributos e as características dos alimentos e é utilizado no controle dos fatores estabilizantes, como as reações enzimáticas e não enzimáticas, a oxidação lipídica, incluindo reações de deterioração da qualidade e crescimento microbiano, demonstrado na Figura 1 (DITCHFIELD, 2000; GAVA, 2009).



**Figura 1.** Taxas generalizadas de reações de deterioração em alimentos em função da atividade de água em temperatura ambiente.

Fonte: DITCHFIELD, 2000

Nos alimentos ricos em água como hortaliças, a atividade de água acima de 0,8 tem a formação de soluções diluídas com os alimentos servindo de substratos para reações químicas e o crescimento de microrganismos. Entre 0,4 a 0,8, há uma aceleração das reações químicas pelo aumento da concentração de substratos. Quando a  $a_w$  fica próxima a 0,6, cessa a atividade microbiana e inferior a 0,3, atinge-se a zona de adsorção primária (SANTOS, 2011).

A atividade de água, segundo Fellows (2006), é definida como “a razão da pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura”, conforme a eq. 1.

$$a_w = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (1)$$

Em que:

$P_v$  – pressão de vapor do alimento, Pa;

$P_{vs}$  – é a pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura, Pa;

$a_w$  – atividade de água, adimensional.

O movimento do vapor d’água de um alimento para o ambiente depende tanto de sua composição e teor de água como das condições do ar como temperatura e umidade relativa. Sendo assim, o teor de água de equilíbrio é, sob uma temperatura constante, o ponto em que a umidade do alimento com o vapor d’água no ar circundante são iguais, onde o alimento não perde nem ganha peso na armazenagem sob essas condições. A atividade de água pode ser representada através da umidade relativa do ar, conforme a eq. 2. (FELLOWS, 2006).

$$a_w = \frac{UR}{100} \quad (2)$$

Em que:

UR = Umidade Relativa do ar, %;

$a_w$  – atividade de água, adimensional.

O estudo da atividade de água pode ser feito através das isotermas de sorção de água que é quando diferentes valores de umidade relativa são plotados em relação ao teor de umidade de equilíbrio, obtém-se uma curva chamada isoterma de sorção

de água que é a relação da quantidade de água de um alimento com sua atividade de água (LABUZA, 1984; FELLOWS, 2006). As isotermas representam o equilíbrio do teor de água do material com a umidade relativa do ambiente numa temperatura particular, sendo sua característica única para cada alimento. O equilíbrio do teor de água dita a estabilidade física, química e microbiológica dos alimentos, sendo usado também como parâmetro nos modelos de secagem (KOCKEL et al., 2002; SOGI et al., 2003).

O conhecimento e a compreensão das isotermas de sorção dos produtos agropecuários são de grande importância na área agrícola para a resolução de muitos problemas, tais como: avaliação e caracterização das ligações da água; análise do calor de sorção; otimização do processamento, como, por exemplo, nos processos de secagem, avaliação de problemas de estocagem e embalagem, na estimativa da estabilidade microbiana, química e física dos produtos agropecuários, entre outros (DITCHFIELD, 2000).

As isotermas de sorção podem ser classificadas em isotermas de adsorção quando o produto ganha umidade para entrar em equilíbrio com a umidade do ar e desorção quando o produto tem que perder umidade para entrar em equilíbrio e como essas duas curvas não se coincidem aparece o fenômeno chamado de histerese que é essa diferença entre as duas curvas (FIOREZE, 1993).

Comumente, dois métodos são usados para se determinar as curvas de umidade de equilíbrio: o método estático e o método dinâmico. No estático, a umidade de equilíbrio entre o produto e a atmosfera circundante é atingida sem movimentação do ar ou do material analisado. No método dinâmico, o ar ou o material é movimentado até que o equilíbrio seja atingido (BROOKER et al., 1992).

### 3.5. SECAGEM

A secagem é o processo comercial mais utilizado para a preservação da qualidade dos produtos agrícolas. Pode ser definida como um processo simultâneo de transferência de calor e massa entre o produto e o ar de secagem, que consiste na remoção da umidade excessiva contida no seu interior por meio de evaporação, geralmente causada por convecção forçada de ar aquecido, de modo a permitir a manutenção de sua qualidade durante o armazenamento, por longos períodos de

tempo (AFONSO JR & CORRÊA, 1999; MARTINAZZO, 2006).

As vantagens do processo de secagem são inúmeras, dentre elas pode-se destacar manutenção mais eficiente das características originais do produto, redução de seu peso e um preço relativamente compensatório, devido à perda de água. A umidade é um fator fundamental ao crescimento e desenvolvimento dos microrganismos. Dessa forma, ao diminuir significativamente o seu conteúdo, se estará criando condições desfavoráveis para o desempenho das atividades metabólicas dos microrganismos (ALESSI, 2010).

A secagem de produtos perecíveis com altos teores de umidade inicial possui vantagens como: manutenção dos constituintes minerais, inibição da ação de microrganismos, redução dos custos de transporte, manuseio e estocagem e alternativa para solução dos problemas de desperdício, descarte e poluição (ALESSI, 2010).

A secagem de plantas condimentares tem por objetivo retirar uma porcentagem elevada de água livre das células e dos tecidos, impedindo os processos de degradação enzimática e proporcionando a sua conservação, com manutenção da qualidade em composição química. Com a diminuição da água disponível, conseqüentemente baixa atividade de água e a velocidade de reações químicas são reduzidos, bem como o crescimento de microrganismos. O maior problema da secagem e armazenamento é a alta sensibilidade do princípio biologicamente ativo e a sua preservação no produto final (HANSEN et al., 1993; SANTOS, 2009).

O sucesso da secagem depende da técnica utilizada para aumentar a capacidade higroscópica do ar, ou seja, a capacidade de absorver a umidade. Por isso, o processo pode ser definido pelo equilíbrio entre temperatura, circulação e umidade relativa do ar. Se a temperatura for muito alta, ou a umidade muito baixa, o produto secará rapidamente ocasionando algo assemelhado a uma casca externa, que impede a saída da umidade, causando deste modo, deterioração do produto. Entretanto, se a temperatura for muito baixa, o produto secará lentamente, permitindo a proliferação de microrganismos (CRUZ, 1990).

A secagem de plantas medicinais, condimentares e aromáticas pode ser realizada de forma natural ou artificial: ao ar livre e ao sol, à sombra sob abrigo e por meio de ar quente e seco em secadores ou estufas (CARVALHO, 2010).

A secagem ao sol é o método mais antigo e simples de secagem, sendo ainda

utilizado em regiões de clima quente e seco. Nesta técnica, o material é colocado sobre lonas ou bandejas e deixado ao ar livre para secar. Esse processo tem como desvantagens, o risco de perda do produto devido às condições climáticas adversas e à perda de componentes químicos fotossensíveis e também a necessidade de grandes áreas para secagem, em geral 10% a 20% da área de cultivo (BRASIL, 2006).

A secagem à sombra é a técnica mais utilizada pelos produtores. Neste caso, se colocam, em local sombreado (galpões), partes da planta dependuradas ou dispostas sobre estrados, lonas ou bandejas. É uma técnica não recomendada para regiões com alta umidade relativa, onde a secagem se torna um processo lento, possibilitando o desenvolvimento de microrganismos (BRASIL, 2006).

A secagem com ar aquecido e baixa umidade relativa é a técnica mais utilizada em países de clima úmido e chuvoso. O aquecimento do ar pode ser realizado em secadores ou estufas. O tempo de secagem nesses equipamentos é de poucas horas, originando um material de melhor qualidade, sendo recomendado para cultivos em grande escala. Os limites de temperatura do ar de secagem são determinados em função da sensibilidade dos compostos químicos presentes nas plantas e de suas estruturas armazenadoras. Segundo Corrêa Jr. (1994) as temperaturas de secagem, em geral, variam de 20 a 40°C para flores e folhas e de 60 a 70°C para cascas e raízes. Atualmente pesquisas tem demonstrado a possibilidade de realizar secagem em temperaturas mais elevadas sem o comprometimento da composição química de plantas como guaco (*Mikania glomerata*) (RADÜNZ et al., 2010), erva cidreira do campo (*Lippia alba*) (BARBOSA et al., 2006) e capim-limão (*Cymbopogon citratus*) (MARTINAZZO, 2006).

Oliveira et al. (2011) avaliaram o efeito da temperatura do ar de secagem no teor e na composição do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata* buscando as condições de secagem que preservem as características químicas e biológicas do óleo essencial e concluíram que a secagem por convecção tanto em temperatura ambiente quanto em altas temperaturas, 50 e 60°C, teve efeito deletério sobre o teor de óleo essencial nas folhas da planta e que a secagem a 40°C é a indicada para que se mantenha o teor de óleo essencial observado na planta *in natura*.

Segundo Berbert et al. (1995), estudos de sistemas de secagem, seu dimensionamento, otimização e determinação da viabilidade de sua aplicação comercial podem ser feitos por simulação matemática. Para a simulação, cujo

princípio se fundamenta na secagem de sucessivas camadas delgadas do produto, utiliza-se um modelo matemático que represente satisfatoriamente a perda de umidade do produto durante o processo de secagem. A secagem em camada delgada é definida como aquela com a espessura de apenas uma unidade do produto. A equação de secagem em camada delgada, combinada com as equações representativas de outras propriedades físicas específicas do produto em estudo, forma um conjunto de relações matemáticas que auxiliam nos cálculos e no entendimento dos processos de secagem em camada espessa. Considera-se que uma camada espessa seja constituída de uma sucessão de camadas delgadas superpostas.

As características específicas do produto como a espécie e variedade, condições ambientais, métodos de preparo pós-colheita associadas às propriedades do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. O processo de secagem, baseado na transferência de calor e de massa, pode ser dividido em três períodos (PARK et al., 2001; RESENDE et al., 2008).

O primeiro período representa o início da secagem. Nesse período ocorre uma elevação gradual da temperatura do produto e da pressão de vapor de água. Essas elevações têm prosseguimento até o ponto em que a transferência de calor seja equivalente à transferência de água (PARK et al., 2001).

O segundo período caracteriza-se pela taxa constante de secagem. A água evaporada é a água livre. A transferência de massa e de calor é equivalente e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto suficiente para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante (PARK et al., 2001).

No terceiro período, a taxa de secagem é decrescente. A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa. A transferência de calor não é compensada pela transferência de massa; o fator limitante nessa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto. A temperatura do produto aumenta, atingindo a temperatura do ar de secagem. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado. Esse período é quase sempre o único observado para a secagem de produtos agrícolas e alimentícios. Pela complexidade

dos fenômenos, colocados em jogo durante a secagem, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas (PARK et al., 2001; RESENDE et al., 2008).

Estes modelos, geralmente, baseiam-se em variáveis externas ao produto, como a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem. Entretanto, não fornecem indicações sobre os fenômenos de transporte de energia e de água no interior dos produtos e consideram que todo o processo de secagem ocorre somente no período de taxa decrescente (RESENDE et al., 2008).

Atualmente têm sido realizadas pesquisas sobre a cinética de secagem em camada delgada com o objetivo de identificar as características de diversos produtos agrícolas como sementes, grãos, frutos e em algumas espécies de plantas com importância econômica.

Panchariya et al. (2002) aplicaram várias equações aos dados experimentais da secagem de “chá-preto” e concluíram que o modelo de Lewis reproduziu melhor os dados experimentais de secagem em camada delgada, para as faixas de temperatura de 80 a 120°C.

Demir et al. (2004), ao avaliarem diferentes modelos matemáticos para a secagem de louro (*Laurus nobilis L.*) observaram ser o modelo de Page o que melhor descreveu o processo.

Doymaz et al. (2006), avaliando a secagem de folhas de endro (*Anethum graveolens L.*) e de salsa (*Petroselinum crispum Mill.*), definiram o modelo de Midilli como o mais adequado para descrever as curvas de secagem nas temperaturas de 40 a 70°C.

Martinazzo et al. (2007) analisaram as características da secagem de folhas de capim-limão (*Cymbopogon citratus*) (D.C.) Stapf para a faixa de temperatura de 30-60°C, utilizando-se diversos modelos semi-teóricos e empíricos e determinaram que o modelo de Midilli foi o que melhor descreveu as curvas de secagem.

Radunz et al (2010) avaliaram a cinética de secagem de carqueja (*Baccharis trimera*) para faixa de temperaturas de 40 a 90°C utilizando um secador de bandejas e concluíram que o modelo de Midilli foi o que apresentou um melhor ajuste aos dados experimentais para toda a faixa de temperatura estudada. Entretanto para a temperatura de 60 a 90°C, o modelo de Page teve um ajuste adequado.

Reis et al (2012) modelaram curvas de secagem das folhas de manjeriço

(*Ocimum basilicum*) por infravermelho nas temperaturas de 50 a 80°C e concluíram que o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais e que os tempos de secagem foram menores do que observados em secadores com circulação forçada do ar.

Dantas et al (2013) determinaram o comportamento da secagem para hortelã (*Mentha* sp.) da folha miúda, secando-a em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 45, 55 e 65°C e verificaram que os modelos de Midilli e Cavalcanti Mata foram os que melhores se ajustaram aos dados experimentais, obtendo alto coeficiente de determinação.

### 3.6. HIGIENIZAÇÃO DE ALIMENTOS *IN NATURA*

As hortaliças, condimentos e as frutas são, em geral, contaminados com microrganismos em sua superfície. O tipo de produto, o manejo e as práticas agrícolas utilizadas para a cultura na sua produção são fatores que determinam a quantidade e que tipo de população microbiana está presente. O uso de água com má qualidade na irrigação e também de esterco não curtido podem ser fontes de contaminações microbianas como a *Salmonella* (CENCI, 2006).

Os condimentos são produtos prontos para o consumo e para serem seguros à alimentação devem estar livres de microrganismos patógenos. Para garantir isso se faz necessário uma higienização completa, com uma água de boa qualidade e com a adição de soluções sanitizantes adequadas (SREBERNICH, 2007).

A higienização é definida pela ANVISA como sendo a operação que compreende duas etapas, a limpeza e a desinfecção. A etapa de limpeza é a remoção de substâncias minerais e/ou orgânicas indesejáveis, tais como terra, poeira, gordura e outras sujidades. A sanitização ou desinfecção é a redução por um agente químico, do número de microrganismos em nível que não comprometa a qualidade higiênico-sanitária do alimento (BRASIL, 2004).

Segundo Gomes et al. (2005), a lavagem eficiente, associada à sanitização, é o único tratamento eficaz que reduz os microrganismos existentes em hortaliças minimamente processadas.

Os procedimentos de higienização aplicados em geral podem ser resumidos em quatro etapas descritas a seguir: a remoção de resíduos, que é a limpeza grosseira

dos resíduos em contato com a superfície, a lavagem que é a remoção dos resíduos através da água, a sanitização e o enxágue para remover os resíduos da solução sanitizante com água potável de boa qualidade (SILVA JR., 2002).

Os sanitizantes ou desinfetantes são agentes, normalmente químicos, que eliminam formas vegetativas, mas não necessariamente as formas esporuladas de microrganismos (PELCZAR JR, 2008; NASCIMENTO et al., 2010).

O uso de desinfetantes nos alimentos pode não eliminar totalmente microrganismos patogênicos, por isso, nessa etapa, é importante a escolha do sanitizante ideal que além de eficaz não pode ser tóxico. Normalmente, utiliza-se compostos à base de cloro (NASCIMENTO et al., 2003). Na sanitização de frutas e hortaliças, segundo Lund et al. (2005), as recomendações quanto à concentração e o tempo de exposição do produto ao cloro são entre 50-200 ppm e de 3 a 20 min. Já Gomes et al. (2005) e Silva Jr. (2002) recomendam à concentração de 100 a 200 ppm por 15 min.

O hipoclorito de sódio ou água sanitária, é um produto químico a base de cloro mais utilizado como agente sanitizante em vegetais a fim de manter a qualidade microbiológica. Possui uma ação rápida, tem completa dissociação na água e é de fácil aplicação (SREBERNICH, 2007).

Rodrigues et al. (2011) avaliaram dois métodos de higienização alimentar em frutas e hortaliças quanto à presença de coliformes totais. Amostras foram submetidas a sanitização com água e sabão (grupo I) e outras a solução de hipoclorito de sódio com concentração recomendada de 100 – 250 ppm de cloro ativo durante 15 min. Concluíram que o método utilizado no grupo II foi o mais eficaz onde observaram uma diminuição da carga microbiana até a sua ausência.

Corrêa et al. (2011) avaliaram a eficiência de quatro desinfetantes, hipoclorito de sódio, vinagre, permanganato de potássio e um produto comercial para desinfecção de vegetais, em hortaliças frescas, alface, agrião, almeirão, rúcula e salsa e observaram que todos os desinfetantes foram eficientes na redução da carga microbiana de coliformes termotolerantes. Entretanto o hipoclorito de sódio foi o desinfetante com maior eficiência.

Costa et al. (2012) avaliaram a eficiência do processo de higienização na qualidade microbiológica de alfaces convencionais e orgânicas e observaram que o procedimento com o hipoclorito de sódio foi eficaz para garantir a segurança

microbiológica de alfaces.

### 3.7. MICROBIOLOGIA EM ALIMENTOS

Os microrganismos estão intimamente associados com a disponibilidade, a abundância e a qualidade do alimento para consumo humano. Alimentos são facilmente contaminados na natureza, durante manipulação e processamento. Após ter sido contaminado, o alimento serve como meio para o crescimento de microrganismos. Se tiverem condições de crescer, podem mudar as características físicas e químicas do alimento e podem causar deterioração. São também responsáveis por intoxicações e infecções transmitidas por alimentos (PELCZAR Jr, 2008).

A microbiologia de alimentos vegetais é multifatorial, dependendo de diversos fatores que vão desde as etapas de produção primária até o seu preparo para o consumo final. Fatores como o tipo do vegetal, pH, atividade de água, nutrientes, sua procedência, etapas de processamento, lavagem, sanificação, descascamento, corte, embalagem, temperatura de armazenamento e condições higiênico-sanitárias do manipulador, dos equipamentos e utensílios, bem como do ambiente. O solo parece ser o responsável pela maioria das contaminações, seguido da utilização de água não tratada para irrigação e condições impróprias de lavagem e estocagem (PINHEIRO et al., 2005; ALMEIDA, 2006).

A qualidade microbiológica dos alimentos está relacionada à presença de microrganismos indicadores que irão influenciar nas alterações sensoriais do produto durante sua vida útil. Contudo, a maior preocupação está relacionada à sua segurança, não apresentando contaminação por agentes químicos, físicos e microbiológicos em concentrações prejudiciais à saúde (PINHEIRO et al., 2005).

Microrganismos indicadores são grupos ou espécies que, quando presentes em um alimento, podem fornecer informações sobre a ocorrência de contaminação de origem fecal, sobre a provável presença de patógenos ou sobre a deterioração potencial do alimento, além de poderem indicar condições sanitárias inadequadas durante o processamento, produção ou armazenamento. Esses microrganismos podem ser agrupados em aqueles que não oferecem risco a saúde como os bolores e leveduras e os mesófilos aeróbios e naquelas que oferecem um risco baixo ou

indireto a saúde como os coliformes totais, fecais e a *Escherichia coli* (SILVA, 2002).

As hortaliças cruas e/ou secas são comumente associadas à presença de microrganismos tais como a bactéria *Salmonella* sp., os bolores e leveduras, os mesófilos aeróbios e a *E.coli* que são indicadores de condições de higiene associados à contaminação fecal (ARBOS, 2009).

A *Salmonella* sp. é um microrganismo amplamente difundido na natureza, sendo o homem e animais seus principais reservatórios naturais. Trata-se de um patógeno muito envolvido em casos e surto de doenças de origem alimentar em diversos países. Seu estudo tem grande importância para a saúde coletiva pelo fato de causar uma enfermidade de difícil controle, em virtude de se apresentar distribuído amplamente na natureza. Seu principal habitat é o trato intestinal de animais, tais como aves, répteis, animais de granja, pessoas e insetos. Como formas intestinais, também podem se encontrar na água. Quando a água utilizada nos alimentos está contaminada por insetos ou por outros meios, e contamina pessoas, fecha-se o ciclo na natureza (ELPO et al., 2001; BERSOT, 2006).

As bactérias do gênero *Salmonella* pertencem à família *Enterobacteriaceae*, sendo anaeróbicas facultativas, não formam esporos e tem a forma de bastonetes curtos. A maioria é móvel devido a presença de flagelos (FORSYTHE, 2002). Apresenta grande adaptação fisiológica devido ao crescimento entre o pH de 4,5 a 9,5 e temperaturas que variam de 5 a 47 °C, sendo seu pH ótimo e sua temperatura ideal de crescimento é próximo de 7 e 36 °C, respectivamente. O período de incubação varia de 16 a 72 horas (FRANCO & LANDGRAF, 2003).

O grupo dos coliformes diferencia-se em coliformes totais e coliformes os termotolerantes. O índice de coliformes totais, inclui bactérias na forma de bastonetes Gram-negativos, não esporogênicos, aeróbios ou aeróbios facultativos, capazes de fermentar a lactose com produção de gás, em 24 a 48 horas à 35 °C. Contém cerca de 20 gêneros, dentre os quais se encontram tanto bactérias originárias do trato intestinal de humanos quanto de outros animais homeotérmicos. É utilizado para avaliar as condições higiênicas, sendo que altas contagens significam contaminação pós-processamento, limpeza e sanitização deficientes, tratamentos térmicos ineficientes ou multiplicação durante o processamento e estocagem (ELPO et al., 2001; SILVA, 2002).

Os coliformes termotolerantes, são caracterizados pela presença da enzima  $\beta$ -

galactosidade e definidas como bacilos aeróbios e anaeróbios facultativos, gram-negativos, não formadores de esporos, capazes de crescer na presença de concentrações relativamente elevadas de sais biliares e fermentar a lactose na temperatura de 44 a 45 °C, com formação de ácido, gás e aldeído, em 24 a 48 h. Essas bactérias são empregadas como indicador de contaminação fecal, ou seja, condições higiênico-sanitárias, visto presumir-se que a população deste grupo é constituída de uma proporção de *Escherichia coli*, que tem seu habitat exclusivo no trato intestinal do homem e de outros animais de sangue quente, sendo assim a mais importante indicadora de contaminação fecal, ou melhor, a espécie que quando presente garante o contato direto do alimento com fezes (ELPO et al., 2001; SILVA, 2002).

Os bolores são fungos multicelulares, podendo estar presentes no solo, no ar, na água e em matéria orgânica em decomposição, tem a capacidade de se desenvolver em todos os tipos de alimentos, podendo ser responsáveis por alterações de sabor, produção de toxinas, descolorações e apodrecimento. As leveduras são fungos predominantemente unicelulares disseminados por insetos vetores, pelo vento e pelas correntes aéreas (SIQUEIRA, 1995). A temperatura ótima de crescimento da maioria dos fungos encontra-se na faixa de 25-28°C, não crescendo bem em temperaturas mesófilas (35-37°C) e raramente em temperaturas acima de 45°C (SILVA, 2007). A presença de grandes quantidades de bolores e leveduras indicam uma ineficiência nas práticas de sanitização de equipamentos, utensílios e do produto durante a produção e beneficiamento de alimentos (VERLINDER & NICOLAI, 2000; RODRIGUES, 2005).

Os microrganismos aeróbios mesófilos são bactérias que se desenvolvem na presença de oxigênio apresentando crescimento ótimo entre 20 e 45°C. Sua contagem fornece uma estimativa da contaminação microbiana total indicando a qualidade sanitária dos alimentos. A presença em grande número indica matéria-prima contaminada, limpeza, sanitização e o controle da temperatura durante os processos de tratamento industrial, transporte e armazenamento foram realizados de forma inadequada (FRANCO & LANDCRAF, 2003).

Os microrganismos podem causar doenças através de intoxicação, na ingestão de uma toxina previamente formada pelos microrganismos no alimento, ou de uma infecção, provocada pela ingestão de células microbianas em concentração suficiente

de se tornarem prejudiciais à saúde. Assim, segundo a OMS, doença de origem alimentar pode ser definida como aquela, de natureza infecciosa ou tóxica, sendo causada por agentes que entram nos organismos através da ingestão de alimentos (WHO, 1998; VIEIRA et al. 2004).

As doenças transmitidas por alimento, provocadas por microrganismos, são identificadas por sintomas gastrintestinais com diarreia, vômitos, dores abdominais, febre alta (FORYSTHE, 2002; SHINOHARA et al., 2008).

Padrões e regulamentos têm sido desenvolvidos para assegurar que o alimento recebido pelo consumidor seja saudável, seguro e apresente a qualidade especificada na embalagem. Uma variedade de agências tem cooperado para definir estes padrões e regulamentações. Algumas dessas agências trabalham em nível internacional – por exemplo, agências das Nações Unidas, tais como Food and Agricultural Organization (FAO), Organização Mundial da Saúde (OMS) e Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) (PELCZAR Jr, 2008).

Para garantir a qualidade e segurança de hortaliças a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) N<sup>o</sup>12, de 2 de janeiro de 2001, do Ministério da Saúde (ANVISA, 2001), estabelece os padrões microbiológicos sanitários para alimentos, existindo padrões específicos para especiarias, temperos, condimentos e molhos preparados e similares, sendo inseridos no subgrupo de especiarias íntegras e moídas, isolados ou em mistura, colorífico e similares (PINHEIRO et al., 2005).

As hortaliças têm sido consideradas como veículos de contaminação impactantes para a Saúde Pública, representando 20% dos surtos de doenças nos EUA, provocados por *Escherichia coli* enteropatogênicas (MOCELIN & FIGUEIREDO, 2009). A cada ano, pelo menos dois bilhões de pessoas no mundo sofrem de doenças de origem alimentar, tornando-se este um dos maiores problemas de saúde pública no mundo contemporâneo (BEHRENS et al, 2010).

No Mundo, os casos registrados e notificados de doenças provocadas por alimentos constituem apenas uma pequena parte em relação a todas que de fato ocorreram. A participação dos consumidores, do registro por parte das autoridades médicas e das ações desenvolvidas pela vigilância sanitária são alguns fatores para que aumente a efetividade no registro de ocorrência dessas doenças (FORSYTHE, 2002).

No Brasil, segundo dados da Análise Epidemiológica dos Surtos de Doenças

Transmitidas por Alimentos, no período de 2000 a 2011, foram registrados 8.663 surtos de doenças transmitidas por alimentos com 163.425 enfermos e 112 mortes, tendo sido a *Salmonella* sp. a maior responsável, com incidência em 42,27% destas ocorrências e a *E.coli* é o quarto maior agente etiológico identificado com incidência em 10,47% dos casos de surto. As hortaliças de folhas e raízes foram responsáveis por 96 (2,8%) surtos (BRASIL, 2011).

Na União Europeia, segundo o último relatório sobre doenças de origem alimentar, foram reportados 5.311 surtos envolvendo um total de 47.251 pessoas, resultando em 5.330 hospitalizações e 24 mortes no ano de 2005. A *Salmonella* spp. foi o agente causador de doenças mais comum, responsável por 63,6% de todos os surtos relatados (EFSA, 2006).

Em 2011, na Alemanha, brotos de feijão contaminados pela bactéria *Escherichia coli* causaram danos à saúde dos consumidores sendo registradas 48 mortes e mais de quatro mil enfermos e danos econômicos na ordem de centenas milhões de euros pelo fato de que toneladas de verduras e legumes frescos foram jogados fora e pela grande queda nas vendas e preços (GALLAGHER, 2011).

## 4. MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1. COLHEITA E SELEÇÃO DAS FOLHAS DE SALSINHA

O trabalho foi desenvolvido conforme a época de colheita indicada para a *Petroselinum crispum* (Mill.) nos meses de janeiro a maio de 2014. As plantas utilizadas na secagem foram obtidas por meio de produtores rurais dos municípios de Volta Redonda e Barra Mansa/RJ.

Os testes e análises do material foram realizados nos Laboratórios de Pós-colheita e Pré-processamento de Produtos Agrícolas e de Biotecnologia, da Escola de Engenharia de Volta Redonda (EEIMVR), pertencente à Universidade Federal Fluminense (UFF).

Antes de se iniciar o processo de higienização, secagem e demais análises, as folhas foram selecionadas, retirando-se as partes doentes e danificadas, assim como qualquer parte de outro vegetal ou material estranho os quais foram descartados. O material selecionado foi homogeneizado e utilizado para as análises descritas a seguir.

### 4.2. ISOTERMAS DE DESSORÇÃO DA SALSINHA

Para avaliação do processo de dessorção das folhas de salsinha foram utilizadas diferentes temperaturas do ar (20, 30, 40, 50 e 60°C), visando conhecer o comportamento das isotermas. Para obtê-las, utilizou-se o equipamento Aqualab Analisador de sorção de vapor (VSA), mostrado na Figura 02, o qual foi projetado para gerar automaticamente isotermas de sorção de umidade à temperatura controlada.



(a)



(b)

**Figura 02.** Analisador de sorção de vapor: (a) cápsula de amostra fechado; (b) cápsula de amostra aberto.

Amostras de aproximadamente 300 mg de salsinha foram pesadas em balança analítica e colocadas na cápsula de amostra do aparelho, devidamente calibrado, para o processo de dessorção. Terminado o processo os dados contidos foram retirados através do software do aparelho e realizada a modelagem dos dados para prever o comportamento da higroscopicidade das folhas de salsinha, utilizando os modelos matemáticos, eq. 03 a 12, apresentados na Tabela 01.

**Tabela 01** - Modelos matemáticos utilizados para prever o fenômeno de dessecção em folhas de salsa.

| Denominação          | Modelo  |      |
|----------------------|---|------|
| Chung Pfost          | $U_e = a - b \cdot \ln[-(T + c) \cdot \ln(a_w)]$  | (03) |
| Copace               | $U_e = \exp [a - (b \cdot T) + (c \cdot a_w)]$  | (04) |
| GAB Modificado       | $U_e = \frac{a \cdot b \cdot (c/T) \cdot a_w}{\{[1-b \cdot a_w] \cdot [1-b \cdot a_w + b \cdot (c/T) \cdot a_w]\}}$ | (05) |
| Halsey Modificada    | $U_e = [\exp(a - b \cdot T) / -\ln(a_w)]^{1/c}$   | (06) |
| Henderson            | $U_e = [\ln(1 - a_w) / -a \cdot T_{abs}]^{1/c}$   | (07) |
| Henderson Modificada | $U_e = \{\ln(1 - a_w) / [-a \cdot (T + b)]\}^{1/c}$   | (08) |
| Sabbab               | $U_e = a \cdot \left(\frac{a_w^b}{T^c}\right)$  | (09) |
| Sigma Copace         | $U_e = \exp\{a - b \cdot T + [c \cdot \exp(a_w)]\}$   | (10) |
| Oswin                | $U_e = \frac{(a - b \cdot T)}{[(1 - a_w) / a_w]^{1/c}}$   | (11) |
| Corrêa               | $U_e = 1 / (a \cdot T^b + a_w^c)$   | (12) |

$U_e$ - Teor de água do produto, em b.s.;  $a_w$ - Atividade de água, decimal;  $T$ - Temperatura do ar ambiente, °C;  $T_{abs}$ - Temperatura absoluta do ar ambiente, K;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - Parâmetros que dependem da natureza do produto.

Fonte: CORREA et al., 2002; TEIXEIRA et al., 2012; SMANIOTTO et al., 2012 .

Para o ajuste dos modelos matemáticos de dessecção, aos dados experimentais, foi realizada análise de regressão não linear. O grau de ajuste do modelo aos dados experimentais foi avaliado em função da magnitude do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e, conforme descrito nas equações (13), (14) e (15), da magnitude do erro médio relativo (P), do erro médio da estimativa (SE) e do erro quadrático (RMSE), respectivamente. (MADAMBA et al., 1996, AFONSO Jr & CORRÊA, 1999; MOHAPATRA e RAO, 2005).

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|Y - Y_0|}{Y} \quad (13)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y-Y_0)^2}{GLM}} \quad (14)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y-Y_0)^2} \quad (15)$$

Em que:

n – Número de observações;

Y – Valor observado experimentalmente;

Y<sub>0</sub> – Valor estimado pelo modelo;

GL – Graus de liberdade do modelo (diferença entre o número de observações e o número de parâmetros do modelo).

O calor isostérico líquido de desorção (q<sub>st</sub>) foi determinado pelo método de linearização da equação de Clausius-Clapeyron, modificada por Wang & Brennan (1991) conforme descrito na eq. 16.

$$\ln(a_w) = -\frac{q_{st}}{R} \cdot \frac{1}{T_{abs}} + C \quad (16)$$

Em que:

q<sub>st</sub> – Calor isostérico líquido de sorção, kJ.kg<sup>-1</sup>

R – Constante universal dos gases, para o vapor d'água, 0,4619 kg<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>

a<sub>w</sub> – Atividade de água, decimal.

T<sub>abs</sub> – Temperatura absoluta, K

C – Coeficiente do modelo

O calor isostérico líquido de sorção (q<sub>st</sub>) foi obtido a partir da regressão linear dos logaritmos naturais da atividade de água versus o inverso da temperatura absoluta a diferentes teores de água de equilíbrio, em b.s. Os valores de atividade de água, teor de água de equilíbrio foram obtidos utilizando-se o modelo que melhor representou as isotermas, aos dados experimentais, nas temperaturas estudadas. Em seguida testou-se o modelo exponencial, descrito na eq. 17, que prediz o comportamento do calor isostérico de sorção em função do conteúdo de umidade de equilíbrio.

$$q_{ST} = A \cdot \exp(B \cdot x) \quad (17)$$

Em que:

$q_{ST}$  – Calor isostérico líquido,  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

A e B – Parâmetros de ajuste; e

x – Conteúdo de umidade de equilíbrio expressa em base seca, decimal.

O calor isostérico integral de sorção é a soma do calor isostérico líquido de sorção com o calor latente de vaporização de água livre que foi determinado segundo Brooker et al (1992), descrito na eq. 18.

$$L = 2502,2 - 2,39 \cdot T_m \quad (18)$$

Em que:

L – Calor latente de vaporização de água livre,  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;

$T_m$  – Temperatura média na faixa de estudo, em  $^{\circ}\text{C}$ .

#### 4.3. PROCESSO DE HIGIENIZAÇÃO DA SALSINHA

Para avaliação do processo de higienização nas folhas de salsinha, foram feitos dois processos, sendo: “processo A”, no qual a planta foi obtida no mês de fevereiro e não foi feito o processo de higienização, como comumente é vendido no mercado brasileiro e o “processo B”, no qual a espécie foi obtida no mês de março e foi realizado o processo de higienização. De ambos os processos, foram também selecionadas aleatoriamente amostras frescas para realizar as análises microbiológicas e o teor de água, conforme descrito posteriormente.

Para a higienização, as amostras foram lavadas em água corrente e em seguida imergidas durante 15 minutos em uma solução de hipoclorito de sódio a 200 ppm, sendo então enxaguadas duas vezes com água destilada corrente (COSTA et al., 2012). Antes de serem pesadas, para a realização da secagem, foi retirado o excesso da água superficial das plantas através de um centrifugador manual de vegetais como ilustra a Figura 03.

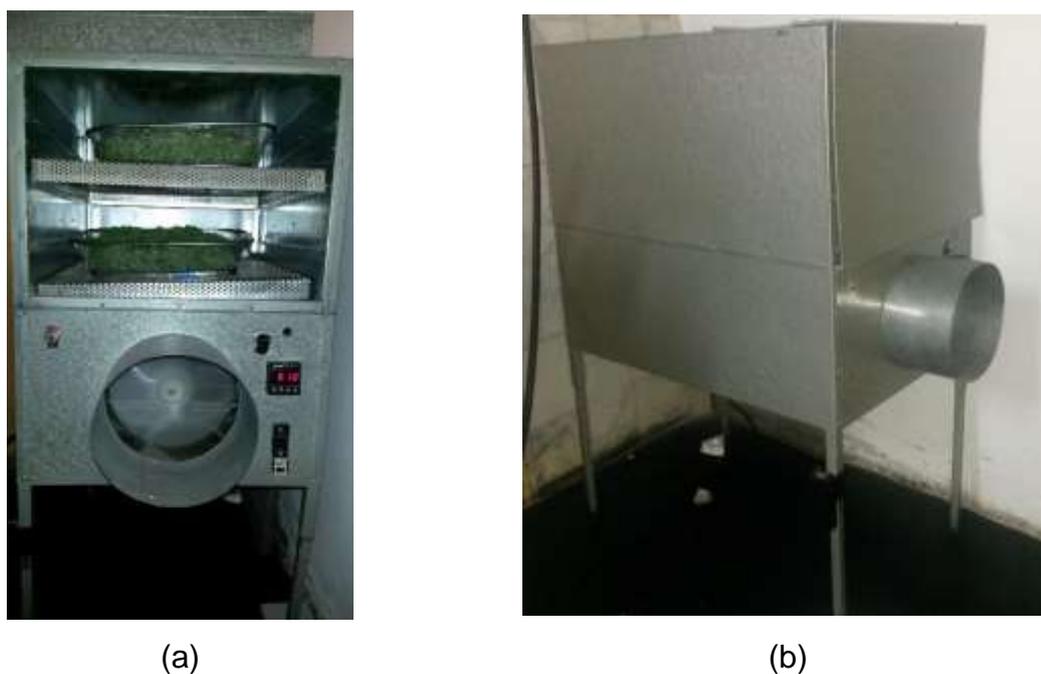


**Figura 03.** Centrifugador manual de vegetais: (a) Montado; (b) Desmontado.

#### 4.4. PROCESSO DE SECAGEM DA SALSINHA

Para avaliação do processo de secagem das folhas de salsa foram utilizadas diferentes temperaturas do ar de secagem (40, 50 e 60°C), visando a possibilidade de diminuição do tempo necessário para a secagem do produto, conservação da sua qualidade microbiológica e o melhor rendimento do óleo essencial entre os tratamentos com e sem higienização.

Foi utilizado um secador, conforme ilustra a Figura 04, dotado de sistema elétrico de aquecimento do ar, ventilador para insuflação do ar de secagem com fluxo ascendente e duas bandejas com fundo telado, dispostas horizontalmente.



**Figura 04.** Secador de bandejas para plantas: (a) visão interna; (b) visão externa.

A secagem foi finalizada quando o produto alcançou teor de umidade em torno de 0,149 base seca (b.s.). Tal valor foi fixado como uma média entre os valores estabelecidos para plantas medicinais em diferentes Farmacopéias de diversos países, que varia entre 0,087 e 0,163 b.s. (SIMÕES et al., 2003).

Para a obtenção das curvas de secagem, foi avaliada a perda de umidade ao longo da secagem, calculada por diferença de massa, pesando-se as bandejas em intervalos regulares de tempo, até o produto atingir o teor de umidade final. Para o ajuste das curvas de secagem foram utilizadas as eqs. 19 a 31 apresentadas no Tabela 02.

**Tabela 02** - Modelos de regressão não-linear utilizados para predizer o fenômeno de secagem em camada delgada.

| Denominação                  | Modelo  |    |
|------------------------------|---|----|
| Aproximação da difusão       | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$                    | 19 |
| Dois termos                  | $RU = a \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + b \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$                            | 20 |
| Exponencial de dois termos   | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k \cdot a \cdot t)$                    | 21 |
| Henderson e Pabis            | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t)$   | 22 |
| Henderson e Pabis modificado | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + b \cdot \exp(-k_0 \cdot t) + c \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$ | 23 |
| Logaritmo                    | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + b$   | 24 |
| Midilli                      | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$   | 25 |
| Newton                       | $RU = \exp(-k \cdot t)$   | 26 |
| Page                         | $RU = \exp(-k \cdot t)^n$   | 27 |
| Page Modificado              | $RU = \exp[-(k \cdot t)^n]$   | 28 |
| Thompson                     | $RU = \left[ \frac{-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{1/2}}{2 \cdot b} \right]$              | 29 |
| Verna                        | $RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1-a) \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$                          | 30 |
| Wang e Sing                  | $RU = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2$  | 31 |

RU – Razão de Umidade; t – tempo; a, b, c, k, k<sub>0</sub>, k<sub>1</sub>, n – Termos de ajuste da regressão do Modelo.

Fonte: MADAMBA et al., 1996; DOYMAZ, 2004; MOHAPATRA & RAO, 2005.

Para o cálculo da razão de umidade (RU), durante a secagem nas diferentes condições de ar, foi utilizada a eq.32:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (32)$$

Em que:

RU – Razão de umidade do produto (adimensional);

U – Teor de umidade do produto, decimal (b.s.);

$U_e$  – Teor de umidade de equilíbrio de produto, decimal (b.s.);

$U_i$  – Teor de umidade inicial do produto, decimal (b,s).

Para o ajuste dos modelos matemáticos de secagem, aos dados experimentais, foi realizada análise de regressão não linear. O grau de ajuste do modelo aos dados experimentais foi avaliado conforme descrito anteriormente para as isotermas de dessecção.

#### 4.5. TEOR DE ÁGUA

O teor de água das amostras foi determinado pelo método gravimétrico recomendado pela ASAE STANDARDS (2000), para forrageiras e plantas similares, utilizando-se 25 g de produto, em três repetições, em estufa com circulação forçada de ar a  $103 \pm 2^\circ\text{C}$ , durante 24 h.

#### 4.6. MICROBIOLOGIA

A determinação da qualidade microbiológica das plantas foi realizada para *Salmonella* sp., coliformes totais; bactérias aeróbicas mesófilas; bolores e leveduras;

A pesquisa de *Salmonella* sp. foi efetuada através do kit 1-2 Test da empresa BioControl, conforme ilustra a Figura 05. Trata-se de um método rápido qualitativo para detecção das espécies móveis de *Salmonella* em alimentos aprovado pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2005). As amostras foram submetidas a um pré-enriquecimento, onde foram adicionados 25g de salsinha em um erlenmeyer contendo 225 mL de caldo tripticase de soja (TSB). A solução obtida foi homogeneizada e incubada durante 24h a  $35^\circ\text{C}$ . Feito isso, foi transferido 0,1 mL

dessa solução para a câmara de inoculação do kit. Posteriormente, o kit inoculado foi incubado por 14-30 horas a 35°C.



**Figura 05.** Kit 1-2 test para *Salmonella* da BioControl.

Para a detecção e quantificação de coliformes totais foi utilizado o kit Simplate desenvolvido pela empresa BioControl, conforme ilustra a Figura 06. Trata-se de um método aprovado pela AOAC que equaciona a presença de Coliformes totais com a mudança de coloração do meio. Para o preparo da amostra foram pesados e adicionados 25g de salsinha em um erlenmeyer contendo 225 mL de solução tampão monofosfato pH 7,2 estéril. A amostra foi homogeneizada e corresponderá à diluição  $10^{-1}$ . Para proceder o teste, o meio fornecido foi hidratado com 100 mL de água destilada estéril até dissolver todo o pó. Posteriormente, foi pipetado na placa Simplate 1 mL da amostra no centro da mesma e em seguida adicionados 9 mL do meio hidratado sobre a amostra. A placa foi tampada e o líquido espalhado, cuidadosamente com movimentos circulares sobre a bancada e o excesso foi removido, depois foram incubadas na posição invertida a 35°C durante 24 a 48h. Após a incubação, foram contados os coliformes totais através da quantidade de cavidades que apresentarem colocação diferente da inicial.



**Figura 06.** Kit Simplate para coliformes totais: (a) coloração inicial; (b) mudança de coloração, apresentando presença de coliformes.

Para as bactérias mesófilas aeróbias foi utilizado o meio de cultura Ágar Padrão de Contagem (PCA) e para bolores e leveduras o meio Ágar Sabouraud. No preparado das amostras, foram pesados 25g de salsinha e adicionados em 225 mL de solução tampão monofosfato pH 7,2 estéril. A mistura foi homogeneizada, obtendo-se a diluição  $10^{-1}$ . Foi retirado 1 ml dessa solução, colocando-o em um tubo de ensaio contendo 9 ml de solução tampão monofosfato 7,2, sendo esta a diluição  $10^{-2}$ . Desta última, foi retirado também 1 ml, adicionando a um outro tubo de ensaio contendo 9 ml de solução tampão monofosfato pH 7,2 obtendo a diluição  $10^{-3}$ . O procedimento descrito foi feito até que se obteve a diluição  $10^{-5}$ . Após preparado as diluições, cada tubo foi homogeneizado por 1 minuto e transferido 0,1 mL do material para a placa de petri contendo o meio de cultura correspondente. Esse procedimento foi repetido por mais duas vezes, obtendo-se assim 3 repetições para cada meio e diluição. As placas contendo o meio PCA foram incubadas à  $35^{\circ}\text{C}$  por 48h e contendo o meio Sabouraud foram incubadas à  $30^{\circ}\text{C}$  por 48h.

## 4.7. ÓLEO ESSENCIAL

### 4.7.1. Extração

A extração do óleo essencial foi feita pelo método de hidrodestilação, utilizando-se o aparelho Clevenger adaptado a um balão de 2000 mL no qual a amostra foi colocada juntamente com 1500 ml de água destilada.

Foram utilizadas amostras de 100 g de folhas de salsinha fresca para o tratamento fresco e de 14 g de folhas secas em três repetições. O tempo de extração,

contato a partir do momento de ebulição, foi determinado por meio de testes preliminares, com duração de 2 horas e retirada do hidrolato a cada trinta minutos.

Finalizada a extração, fez-se a separação do óleo essencial, com o solvente orgânico pentano (3 x 50 mL), em funil de separação. A fração orgânica obtida foi tratada com sulfato de magnésio anidro em excesso. Depois de alguns minutos de repouso, a solução foi filtrada e concentrada em evaporador rotativo a 40°C até redução expressiva do volume do solvente. A fração resultante foi transferida para um frasco de 5 mL, o qual era mantido em banho-maria à temperatura de 40°C, até evaporação total do solvente. Nesse momento a massa de óleo foi determinada em balança analítica. Posteriormente os resultados foram expressos em porcentagem de óleo em relação à matéria seca do produto (% m.s.). Os frascos com óleo essencial foram tampados, vedados e mantidos em ultrafreezer a -80°C para posterior análise por cromatografia (MARTINAZZO, 2006).

#### 4.7.2. Análise dos constituintes do óleo essencial

A cromatografia gasosa foi realizada com equipamento Shimadzu modelo CG – 2010, com detector seletivo de massa, modelo com QP 2010 plus – EM. A coluna cromatográfica utilizada foi do tipo capilar de sílica fundida com fase estacionária DB-5 de 0,25 µm de espessura, 30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno.

Utilizou-se hélio como gás carreador a um fluxo de 1,0 mL/minuto. A temperatura foi de 220 °C no injetor e 240 °C no detector. A temperatura inicial do forno foi mantida a 60 °C por dois minutos, sendo programada para ter acréscimos de 3 °C a cada minuto até atingir a temperatura máxima de 240 °C, na qual foi mantida por mais 30 minutos fornecendo um tempo de análise de 91 minutos. A razão de split utilizada foi de 1:20 e o tempo de corte do solvente de 5 minutos. Foram detectados no espectrômetro de massas somente íons com a razão carga massa m/z entre 29 e 600. O volume da amostra injetado foi de 1 µL, na concentração de 10.000 ppm, utilizando como solvente o hexano.

A identificação dos compostos foi realizada por comparação dos espectros de massas obtidos com os do banco de dados do aparelho e pelo Índice de Retenção de Kovats (IK) de cada componente, determinada por meio da Equação 33 (LANÇAS, 1993), os índices de retenção foram calculados utilizando uma série de n-alcenos (C6

– C20). A análise quantitativa de cada componente do óleo essencial, expressa em porcentagem, foi realizada pelo método de normalização de integração de área dos picos, conforme descrito por ZHANG et al. (2006).

$$IK = 100.NC + 100. \left( \frac{\log t_{RX} - \log t_{RZ}}{\log t_{R(Z+1)} - \log t_{RZ}} \right) \quad (33)$$

em que:

IK – índice de Kovats;

NC – número de carbonos do hidrocarboneto imediatamente anterior ao componente avaliado;

$t_{RX}$  – tempo de retenção do componente avaliado;

$t_{RZ}$  - tempo de retenção do hidrocarboneto imediatamente anterior ao componente avaliado;

$t_{R(Z+1)}$  - tempo de retenção do hidrocarboneto imediatamente posterior ao componente avaliado

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. CURVAS DE ISOTERMAS DE DESSORÇÃO DA SALSINHA

Os dados experimentais obtidos da atividade de água e umidade de equilíbrio para as curvas de isotermas de dessorção para as temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C de folhas de salsinha, estão apresentados na Tabela 03.

**Tabela 03.** Dados médios obtidos de atividade de água ( $a_w$ , decimal) e teor de água de equilíbrio ( $U_e$ , decimal), em base seca, para dessorção das folhas de salsinha nas temperaturas estudadas.

| Temperatura |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 20°C        |       | 30°C  |       | 40°C  |       | 50°C  |       | 60°C  |       |
| $a_w$       | $U_e$ | $a_w$ | $U_e$ | $a_w$ | $U_e$ | $a_w$ | $U_e$ | $a_w$ | $U_e$ |
| 0,956       | 5,815 | 0,989 | 7,365 | 0,964 | 4,697 | 0,981 | 4,365 | 0,971 | 3,616 |
| 0,852       | 2,314 | 0,886 | 2,016 | 0,852 | 1,245 | 0,884 | 1,308 | 0,875 | 1,053 |
| 0,755       | 1,005 | 0,786 | 1,076 | 0,750 | 0,797 | 0,789 | 0,852 | 0,770 | 0,589 |
| 0,657       | 0,690 | 0,685 | 0,804 | 0,655 | 0,633 | 0,689 | 0,681 | 0,676 | 0,447 |
| 0,549       | 0,534 | 0,584 | 0,659 | 0,552 | 0,545 | 0,584 | 0,582 | 0,576 | 0,367 |
| 0,450       | 0,475 | 0,480 | 0,577 | 0,450 | 0,488 | 0,492 | 0,526 | 0,490 | 0,335 |
| 0,417       | 0,466 | 0,381 | 0,511 | 0,350 | 0,460 | 0,392 | 0,489 | 0,358 | 0,290 |
|             |       |       |       | 0,252 | 0,440 | 0,298 | 0,453 | 0,247 | 0,259 |
|             |       |       |       | 0,162 | 0,424 | 0,170 | 0,429 | 0,151 | 0,243 |

Observa-se que o conteúdo de umidade de equilíbrio diminui com a redução da atividade de água para as temperaturas estudadas, estando de acordo com a maioria dos produtos higroscópicos. Esse comportamento foi observado, também, por diversos autores como Silva et al. (2007) para Calêndula (*Calendula officinalis*) L., Oliveira et al. (2009) para casca de maracujá (*Passiflora edulis*) e Smaniotto, et al. (2012) para grãos de milho (*Zea mays*).

Na Tabela 04 são apresentados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio relativo (P), erro médio da estimativa (SE), o erro quadrático (RMSE) e os parâmetros estimados dos modelos matemáticos ajustados por meio de regressão não linear aos dados experimentais, para o ajuste das isotermas de dessorção de folhas de salsa.

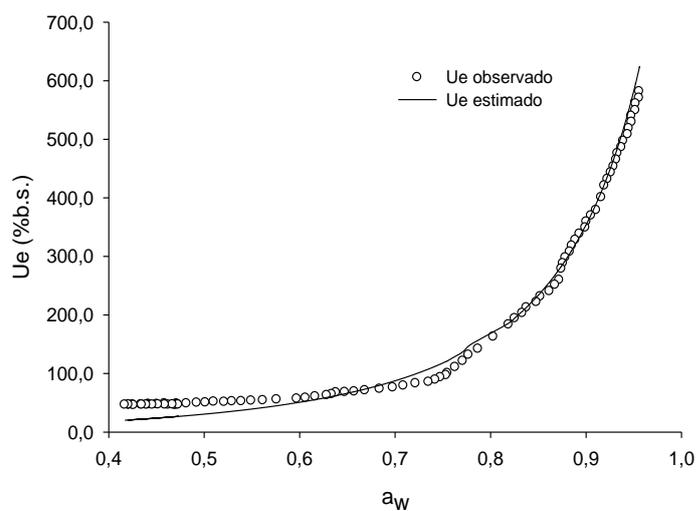
**Tabela 04.** Coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio relativo (P), erro médio da estimativa (SE), erro quadrático e parâmetros estimados dos modelos matemáticos em cada temperatura para as isotermas de dessorção de folhas de salsa.

| Modelos Matemáticos  | Parâmetros estatísticos |          |           |            | Parâmetros estimados do modelo |        |         |
|----------------------|-------------------------|----------|-----------|------------|--------------------------------|--------|---------|
|                      | P (%)                   | SE (adm) | $R^2$ (%) | RMSE (adm) | a                              | b      | C       |
| Chung Pfof           | 78,20                   | 0,7913   | 80,05     | 0,7880     | 518,949                        | 128,31 | 20,7593 |
| Halsey Modificado    | 29,29                   | 0,5012   | 92,00     | 0,4991     | 7,640                          | 0,0347 | 1,59721 |
| Oswin                | 28,04                   | 0,4792   | 92,68     | 0,4772     | 112,27                         | 1,28   | 1,71    |
| Sabbab               | 59,73                   | 0,4770   | 92,75     | 0,4750     | 6468,39                        | 9,70   | 0,62    |
| Sigma Copace         | 46,50                   | 0,3856   | 95,26     | 0,3840     | -3,282                         | 0,0197 | 3,88573 |
| Copace               | 53,58                   | 0,4233   | 94,29     | 0,4216     | -2,679                         | 0,0197 | 9,94634 |
| GAB Modificado       | 38,34                   | 0,3383   | 96,35     | 0,3369     | 165,22                         | 0,9133 | 2,66971 |
| Henderson            | 47,38                   | 0,6201   | 87,72     | 0,6183     | 0,00069                        | -      | 0,44069 |
| Henderson Modificado | 32,92                   | 0,3691   | 95,66     | 0,3676     | 0,00138                        | 39,645 | 0,56514 |
| Corrêa               | 137,22                  | 1,7226   | 5,45      | 1,7154     | 0,000606                       | 0,6728 | 62650,6 |

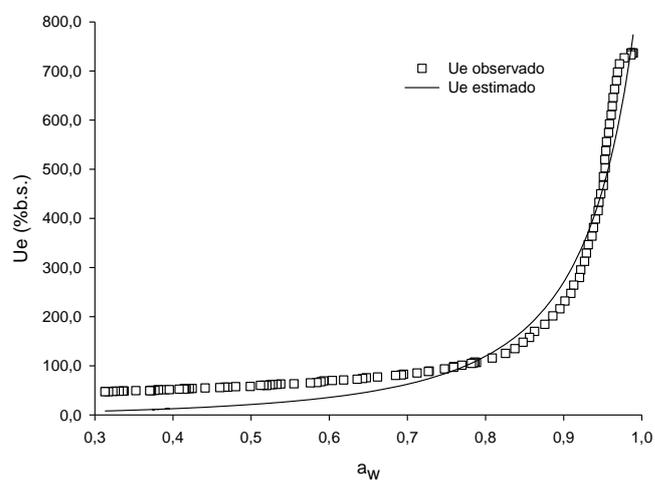
De acordo com Madamba et al. (1996), o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), sozinho, não constitui bom critério para a seleção de modelos não lineares; sendo considerados os valores para o erro médio estimado (SE), erro médio relativo (P) e erro quadrático (RMSE). Segundo Kashaninejad et al (2007), os valores de erro médio relativo (P) indicam desvio dos valores observados em relação à curva estimada pelo modelo, ou seja, quanto menor esses valores, melhor será a fidelidade do modelo. De acordo com Draper & Smith (1998), a capacidade de um modelo para melhor descrever um determinado processo físico é inversamente proporcional ao valor do desvio padrão da estimativa (SE), assim, quanto menor for o valor desta variável, melhor será a qualidade de ajuste do modelo, em relação aos dados observados.

Dentre os dez modelos avaliados, verificou-se que o modelo de GAB Modificado foi o que melhor se ajustou aos dados observados de umidade de equilíbrio de folhas de salsinha, com alto coeficiente de determinação e os menores valores de do erro quadrático e erro médio da estimativa, justificando a escolha desse modelo para representar as curvas de dessorção da salsinha. Resultados semelhantes foram encontrados por Edoun et al (2010) ao determinarem o teor de água de equilíbrio das folhas de Eru (*Gnetum africanum*) para a faixa de temperatura de 30 a 50°C e ajustarem aos modelos de GAB, Halsey, Oswin, Henderson e Smith, verificaram que o modelo de GAB foi o que melhor descreveu as isotermas de dessorção.

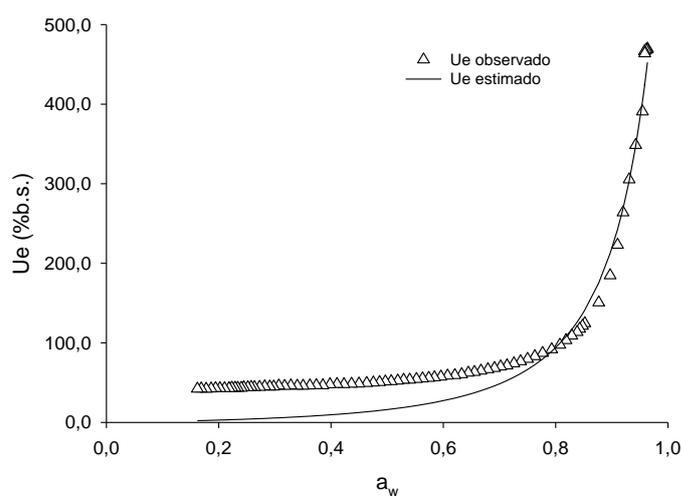
Nas Figuras 07 e 08 são apresentadas as isotermas de dessorção das folhas de salsinha ajustadas no modelo de GAB modificado nas temperaturas estudadas.



(a)

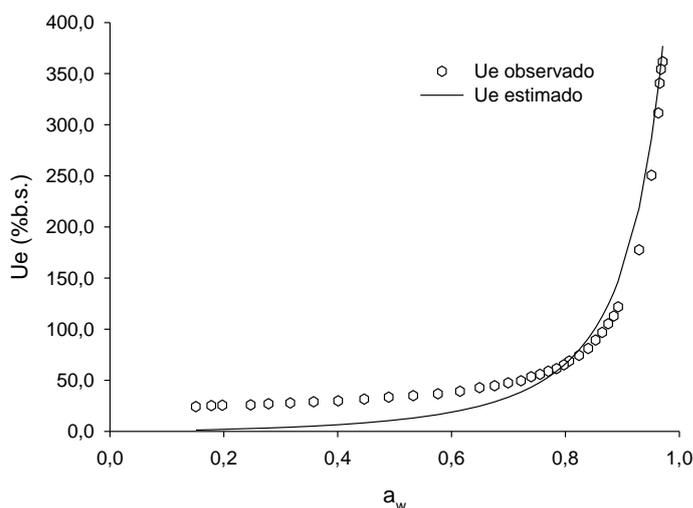
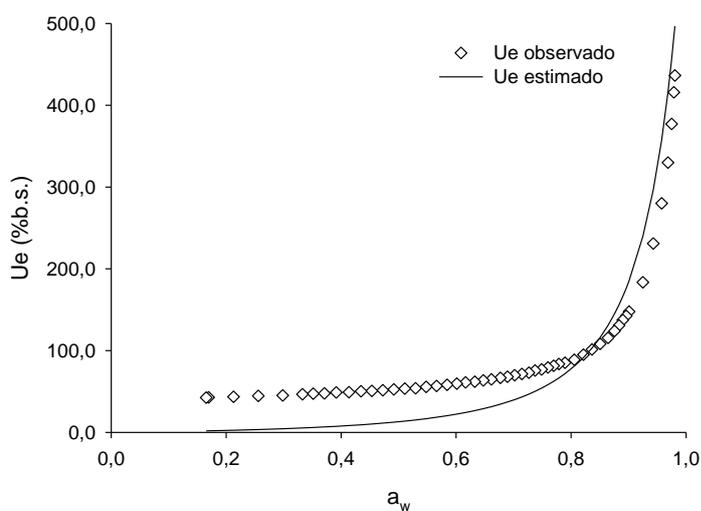


(b)



(c)

**Figura 07.** Curva de desorção de folhas de salsinha ajustada ao modelo de GAB modificado nas diferentes temperaturas: (a) 20°C; (b) 30°C; (c) 40°C.



**Figura 08.** Curva de dessorção de folhas de salsa ajustada ao modelo de GAB modificado nas diferentes temperaturas: (a) 50°C; (b) 60°C.

Verifica-se pelas Figuras 07 e 08 que as isotermas de dessorção das folhas de salsa, de acordo com a classificação de IUPAC (1985) e Brunauer et al (1940) apresentaram na forma típica do tipo III, em formato “J”, como foi observado em diferentes produtos como folhas de coentro (*Coriandrum sativum*) por Silva et al, (2010), folhas de mastruz (*Chenopodium ambrosioides*) por Jamali et al (2006) e para grão de bico (*Cicer arietinum*) por Menkov (2000).

## 5.2. CALOR ISOSTÉRICO

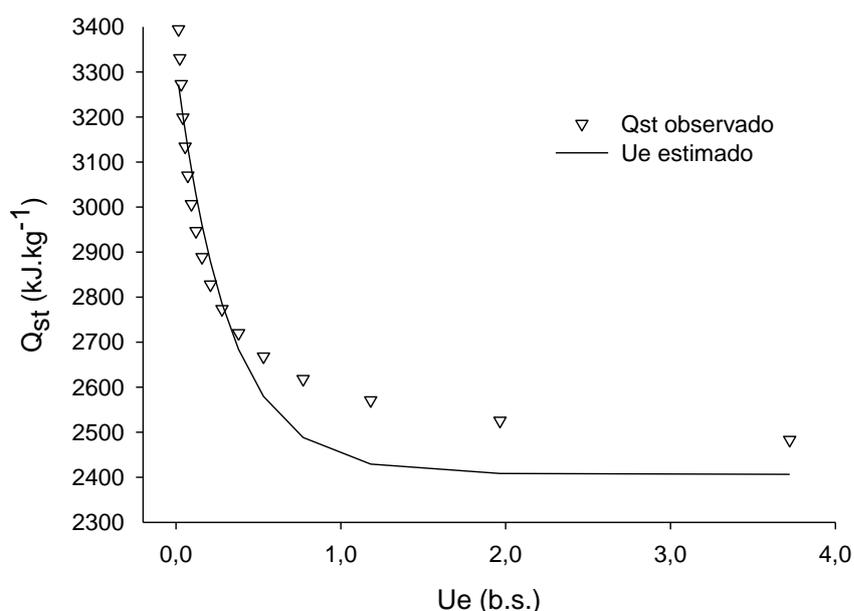
O modelo de GAB modificado foi utilizado para a análise do calor isostérico de sorção de folhas de salsa por ter apresentado o melhor ajuste nos fenômenos de higroscopicidade, conforme apresentado anteriormente. A Tabela 05 apresenta os valores do teor de água de equilíbrio e a respectiva atividade de água, para cada temperatura estudada, estimados pelo modelo de GAB modificado, assim como o resultado das regressões lineares das curvas do calor isostérico de dessorção de salsa.

**Tabela 05.** Valores do teor de água de equilíbrio e a respectiva atividade de água, estimados pelo modelo de GAB modificado e o resultado das regressões lineares das curvas do calor isostérico de dessorção de folhas de salsa.

| Teor de água de equilíbrio (b.s.) | a <sub>w</sub> |       |       |       |       | Inclinação | R <sup>2</sup> (%) | Q <sub>st</sub> (kJ.kg <sup>-1</sup> ) |
|-----------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|------------|--------------------|--|
|                                   | 20°C           | 30°C  | 40°C  | 50°C  | 60°C  |            |                    |  |
| 3,7232                            | 0,906          | 0,931 | 0,948 | 0,961 | 0,970 | -165,35    | 97,01              | 2483,0                                 |
| 1,9653                            | 0,827          | 0,865 | 0,889 | 0,907 | 0,920 | -257,35    | 96,59              | 2525,5                                 |
| 1,1813                            | 0,750          | 0,799 | 0,830 | 0,853 | 0,870 | -355,68    | 96,46              | 2570,9                                 |
| 0,7714                            | 0,678          | 0,735 | 0,772 | 0,799 | 0,820 | -458,08    | 96,36              | 2618,2                                 |
| 0,5313                            | 0,608          | 0,672 | 0,715 | 0,746 | 0,770 | -566,1     | 96,3               | 2668,1                                 |
| 0,3798                            | 0,543          | 0,612 | 0,659 | 0,693 | 0,720 | -678,09    | 96,3               | 2719,8                                 |
| 0,2794                            | 0,481          | 0,554 | 0,604 | 0,641 | 0,670 | -793,65    | 96,3               | 2773,2                                 |
| 0,2094                            | 0,424          | 0,498 | 0,550 | 0,589 | 0,620 | -912,34    | 96,39              | 2828,0                                 |
| 0,1584                            | 0,369          | 0,443 | 0,496 | 0,537 | 0,570 | -1044,2    | 96,55              | 2888,9                                 |
| 0,1217                            | 0,320          | 0,392 | 0,445 | 0,487 | 0,520 | -1168,8    | 96,58              | 2946,5                                 |
| 0,0937                            | 0,274          | 0,343 | 0,395 | 0,436 | 0,470 | -1298,9    | 96,66              | 3006,6                                 |
| 0,0722                            | 0,231          | 0,296 | 0,346 | 0,386 | 0,420 | -1436,1    | 96,79              | 3069,9                                 |
| 0,0554                            | 0,192          | 0,252 | 0,299 | 0,337 | 0,370 | -1574,8    | 96,96              | 3134,0                                 |
| 0,0421                            | 0,157          | 0,210 | 0,253 | 0,289 | 0,320 | -1714,5    | 97,12              | 3198,5                                 |
| 0,0314                            | 0,124          | 0,170 | 0,210 | 0,241 | 0,270 | -1875,2    | 97,03              | 3272,8                                 |
| 0,0228                            | 0,096          | 0,133 | 0,166 | 0,194 | 0,220 | -1999,6    | 97,55              | 3330,2                                 |
| 0,0154                            | 0,070          | 0,095 | 0,120 | 0,143 | 0,170 | -2138,9    | 99,16              | 3394,6                                 |

Observa-se pela Tabela 05 que os valores de calor isostérico integral de sorção das folhas de salsa com o teor de água variando de 0,0154 a 3,7232 (b.s.) ficaram na faixa de 3394,6 a 2483,0 kJ.kg<sup>-1</sup>. Nota-se ainda que medida que o teor de água de equilíbrio diminui ocorre o aumento do calor isostérico integral ( $Q_{st}$ ), verificando que quanto menor o teor de água da salsa mais energia é requerida para a evaporação da água ligada a estrutura biológica do produto. Estes resultados estão de acordo com Campos et al (2009), Ghodake et al. (2007) e Ait Mohamed et al. (2005a) ao estudarem isotermas de sorção em palma forrageira (*Opuntia ficus*), folhas secas de chá preto e verde e em folhas de laranja (*Citrus aurantium*), respectivamente.

Na Figura 09 é mostrada a representação do calor de dessorção em função do teor de água de equilíbrio, obtido pela equação 17.



**Figura 09.** Valores observados e estimados do calor isostérico integral de dessorção em função do teor de água de equilíbrio para folhas de salsa.

Os parâmetros estimados para este modelo foram:  $A = 908,071$  e  $B = 3,12182$  com um coeficiente de determinação de 91,63%, assim matematicamente chegou-se à equação de calor isostérico integral de sorção de folhas de salsa, representada na equação 34, em função do teor de água de equilíbrio e das temperaturas médias estudadas. Verifica-se pela Figura 09, a proporcionalidade inversa do calor de dessorção com o teor de umidade de equilíbrio estando de acordo com Iglesias & Chirife (1976) que atribuíram este comportamento ao processo de sorção de umidade.

Outros produtos agrícolas mostraram o mesmo comportamento como a polpa e a casca do abacaxi (*Ananas comosus*) (TEIXEIRA et al, 2012) e folhas de hortelã (*Mentha sp.*) (AIT MOHAMED et al, 2005b).

$$Q_{st} = 908,071 \cdot \exp(-3,12182 \cdot U_e) + 2406,6 \quad (34)$$

### 5.3. CURVAS DE SECAGEM DA SALSINHA

Nas Tabela 01 e 02 do Apêndice A são apresentados o coeficiente de determinação ( $R^2$ ), o erro médio relativo (P), o erro médio da estimativa (SE) e o erro quadrático (RMSE) dos modelos matemáticos ajustados por meio de regressão não linear aos dados experimentais de secagem de folhas de salsinha higienizada e sem higienização, respectivamente, para cada temperatura estudada.

Dentre os modelos avaliados para prever o fenômeno de secagem de salsinha com e sem a higienização, descritos na Tabela 01 e 02 do Apêndice A, verificou-se que a equação de Midilli melhor se ajustou aos dados observados de razão de umidade para ambos os tratamentos. Enquanto os valores de SE, RMSE e P(%) variaram entre 0,0027 a 0,594, 0,022 a 0,561 e 1,25 a 35,3, respectivamente, para todos os modelos avaliados, estes valores variaram entre 0,0026 a 0,0075, 0,0023 a 0,0054 e 1,25 a 7,11, para o modelo de Midilli nos dois tratamentos utilizados. A equação apresentou também elevados valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ), estando para todas as temperaturas acima de 99,95% o que, segundo Madamba et al (1996), significa um bom ajuste do modelo para representação do fenômeno de secagem.

Em trabalhos com outras espécies de plantas, o modelo de Midilli foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais de secagem como determinaram Ayadi et al (2014) na secagem convectiva de hortelã (*Mentha sp.*) nas temperaturas constantes de 40, 45, 50 e 55°C, Radünz et al (2010) na secagem de folhas de sálvia (*Salvia officinalis*) em secadores de bandejas nas temperaturas de 40, 50, 60, 70, 80 e 90°C.

A Tabela 06 apresenta os valores das constantes para o modelo de Midilli para a secagem de folhas de salsinha nos diferentes tratamentos.

**Tabela 06.** Valores dos parâmetros para o modelo de Midilli para secagem de folhas de salsinha obtidos nos diferentes tratamentos.

| Tratamento         | Temperatura<br>(°C) | Parâmetros do modelo |         |        |        |
|--------------------|---------------------|----------------------|---------|--------|--------|
|                    |                     | a                    | b       | k      | n      |
| Com<br>Hipoclorito | 40                  | 0,9981               | -0,0008 | 0,1451 | 0,9058 |
|                    | 50                  | 0,9986               | -0,0014 | 0,1910 | 0,9495 |
|                    | 60                  | 1,0009               | -0,0033 | 0,2641 | 0,9501 |
| Sem<br>Hipoclorito | 40                  | 1,0034               | -0,0007 | 0,0908 | 0,8741 |
|                    | 50                  | 0,9993               | -0,0014 | 0,1350 | 0,8782 |
|                    | 60                  | 0,9916               | -0,0024 | 0,2377 | 0,8925 |

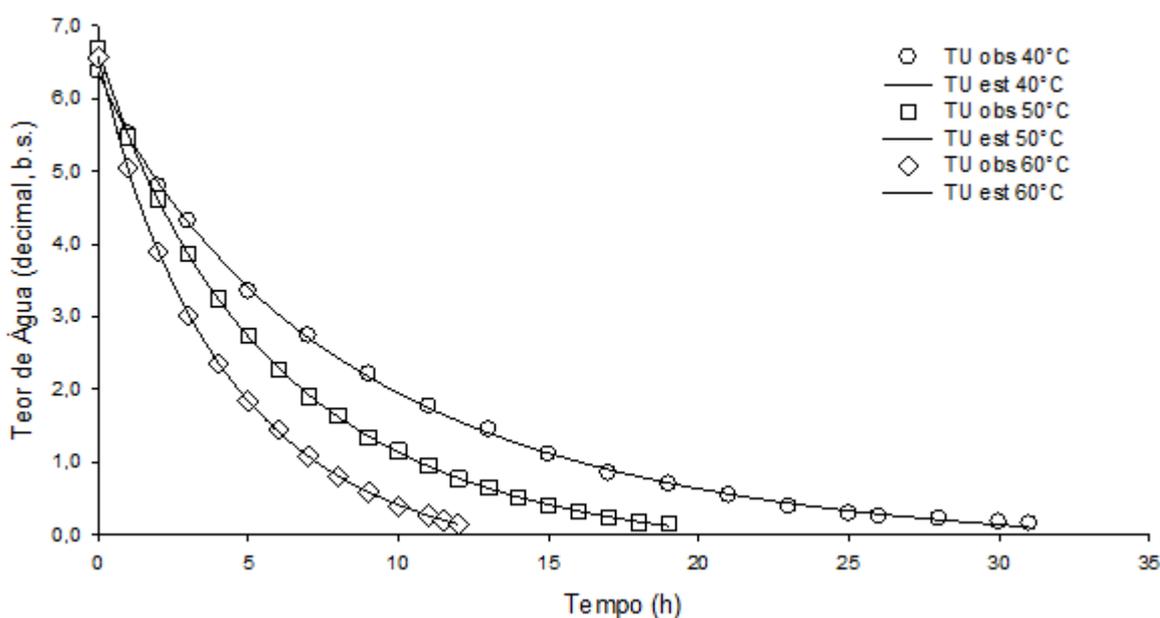
As variações dos parâmetros “a” e “b” se devem mais a ajustes matemáticos relacionados a algum fenômeno de secagem, uma vez que o modelo de Midilli é semiempírico (MIDILLI et al, 2002).

Segundo Madamba et al (1996); Babalis & Belessiotis (2004), a constante de secagem (k) pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura do ar de secagem e está relacionada à difusividade efetiva no processo de secagem no período decrescente, sendo a difusão líquida que controla o processo de secagem. Para os valores dos parâmetros obtidos descritos na Tabela 06, observa-se que a constante de secagem “k” do modelo de Midilli aumenta de acordo com o incremento da temperatura do ar de secagem para os ambos tratamentos, representando o efeito das condições externas de secagem. Temperatura e a umidade relativa do ar são exemplos de fatores externos que influenciam no processo de secagem durante qualquer fase de escoamento da água, uma vez que a saída de água do produto ocorre em função da diferença entre as características do ar de secagem e do produto submetido ao processo. Estes resultados corroboram com Goneli et al (2014) para a secagem de folhas de aroeira em secador de bandejas na faixa de temperatura de 40 a 70°C e Prates et al (2012) para a secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (fruta-de-lobo) nas temperaturas de 40, 50 e 60°C num secador de leito fixo em camada fina.

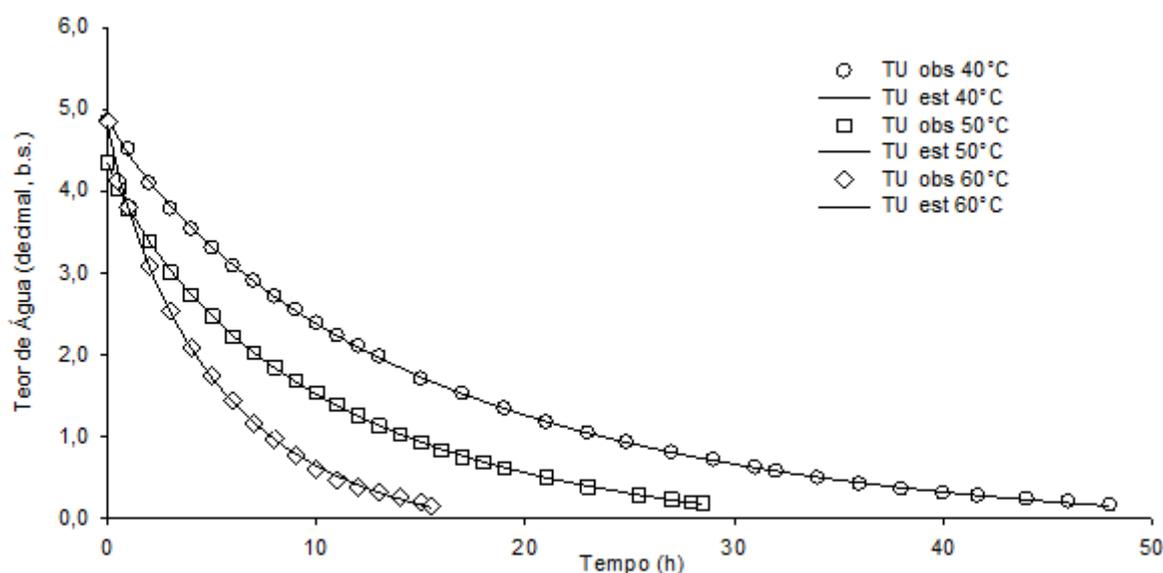
Para o valor de “n”, os resultados evidenciaram aumento do valor deste parâmetro com o aumento da temperatura do ar de secagem. Este parâmetro depende do produto e das condições de secagem, refletindo a extensão da resistência interna do

produto à secagem, para determinadas condições, explicando assim os gradientes de umidade estabelecidos dentro do produto durante o processo sob a taxa em que ocorre (MISRA & BROOKER, 1980).

Nas Figuras 10 e 11 são demonstradas as curvas de secagem elaboradas com os dados experimentais e os valores estimados de teor de água pela equação de Midilli para folhas de salsa higienizadas e sem higienização obtidas respectivamente, sob diferentes condições de temperaturas avaliadas.



**Figura 10.** Teor de umidade (TU) observado e estimado pela equação de Midilli na secagem de folhas de salsa higienizadas (*Petroselinum crispum* Mill) nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.



**Figura 11.** Teor de umidade (TU) observado e estimado pela equação de Midilli na secagem de folhas de salsinha sem higienização (*Petroselinum crispum* Mill) nas temperaturas de 40, 50 e 60°C.

O teor de água inicial das amostras de salsinha higienizada para fazer a secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60°C foi, respectivamente, 6,37; 6,68 e 6,56 b.s. e o teor de água final foi de 0,158; 0,159 e 0,151 b.s. Para as amostras de salsinha sem sofrerem o processo de higienização, o teor de água inicial para fazer a secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60°C foi, respectivamente, 4,85; 4,34 e 4,84 b.s. e o teor de água final foi de 0,161; 0,180 e 0,157 b.s.

A Tabela 07 apresenta o tempo necessário para a obtenção dos teores de água citados anteriormente em cada tratamento realizado.

**Tabela 07.** Tempo de secagem, em horas, da salsinha higienizada e sem higienização para as temperaturas estudadas.

| Temperatura (°C) | Salsinha sem higienização | Salsinha Higienizada |
|------------------|---------------------------|----------------------|
|                  | Tempo (h)                 | Tempo (h)            |
| 40°C             | 48                        | 31                   |
| 50°C             | 28,5                      | 19                   |
| 60°C             | 15,5                      | 12                   |

Através dos resultados apresentados na Tabela 07, observa-se o decréscimo do

tempo de secagem com o aumento da temperatura do ar. No processo sem higienização o tempo necessário para completar o processo de secagem a 40°C foi de 48 h, com um incremento de 10°C na temperatura inicial houve uma redução de 40,6% do tempo de secagem. Para 60°C, o tempo de secagem reduziu em 67,7%, verificando que a temperatura de secagem exerce influência sobre a velocidade de secagem do produto estudado. Resultados semelhantes foram encontrados em estudos realizadas na secagem de diferentes produtos biológicos, como folhas de tomilho (ROCHA, 2012), folhas de sálvia (*Salvia officinalis*) (RADUNZ et al, 2010), *Pectis brevipedunculata* (OLIVEIRA et al, 2011), tubérculos de inhame (*Dioscorea* sp.) (MONTES, 2008), onde o acréscimo da temperatura reduziu o tempo de secagem.

Observa-se ainda, ao comparar o tempo de secagem entre os processos estudados, que após a higienização, ao se realizar a centrifugação manual das folhas, houve uma redução do tempo em torno de 30%, devido à retirada do excesso de água do produto. Ainda em relação ao processo de higienização, observou-se que com o aumento da temperatura de 40 para 50°C, houve redução de 38,7% no tempo de secagem. Consequentemente, com o incremento de mais 20°C na temperatura de ar de secagem inicial, o tempo reduziu 61,3%.

#### 5.4. ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

A análise microbiológica visa assegurar o consumo de produtos de boa qualidade; ou seja, que os microrganismos patogênicos ou potencialmente prejudiciais, estejam em um número limite de microrganismos aceitáveis, assegurando qualidade microbiológica do produto (PINTO et al, 2010). As Tabela 08 e 09 apresentam a contagem de microrganismos presentes nas folhas frescas e secas nas temperaturas avaliadas de salsinha que não sofreram o processo de higienização e as higienizadas, respectivamente.

**Tabela 08.** Valores da contagem dos microrganismos estudados presentes nas folhas de salsinha sem higienização sob os tratamentos analisados em UFC/g\*.

| Processo A – Salsinha sem Higienização |                       |                       |                       |                       |                       |
|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tratamentos                            | Microrganismos        |                       |                       |                       |                       |
|  | Bolores               | Leveduras             | Mesófilos             | Coliformes totais     | <i>Salmonella</i> sp. |
| Fresca Testemunha**                    | 15,7E+02 <sup>a</sup> | 36,3E+04 <sup>a</sup> | 54,8E+04 <sup>a</sup> | 28,6E+05 <sup>a</sup> | Ausente               |
| 40°C                                   | 0 <sup>b</sup>        | 28,9E+04 <sup>a</sup> | 47,4E+04 <sup>a</sup> | 36,4E+05 <sup>a</sup> | Ausente               |
| 50°C                                   | 0 <sup>b</sup>        | 17,2E+04 <sup>b</sup> | 19,3E+04 <sup>b</sup> | 15,0E+05 <sup>b</sup> | Ausente               |
| 60°C                                   | 0 <sup>b</sup>        | 14,1E+04 <sup>b</sup> | 12,5E+04 <sup>b</sup> | 6,41E+05 <sup>b</sup> | Ausente               |

\*UFC/g de matéria seca.

\*\* Fresca testemunha – Não sofreu nenhum processo de higienização.

\*\*\* As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

**Tabela 09.** Valores da contagem dos microrganismos estudados presentes nas folhas de salsinha higienizadas sob os tratamentos analisados em UFC/g\*.

| Processo B – Salsinha Higienizada |                |                       |                       |                       |                       |
|-----------------------------------|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Tratamentos                       | Microrganismos |                       |                       |                       |                       |
|                                   | Bolores        | Leveduras             | Mesófilos             | Coliformes totais     | <i>Salmonella</i> sp. |
| Fresca Testemunha**               | 0              | 400E+04 <sup>a</sup>  | 346E+04 <sup>a</sup>  | 1020E+04 <sup>a</sup> | Ausente               |
| Fresca Higienizada                | 0              | 25,2E+04 <sup>b</sup> | 25,2E+04 <sup>b</sup> | 6,06E+04 <sup>b</sup> | Ausente               |
| 40°C                              | 0              | 18,8E+04 <sup>b</sup> | 17,6E+04 <sup>b</sup> | 196E+04 <sup>b</sup>  | Ausente               |
| 50°C                              | 0              | 9,28E+04 <sup>b</sup> | 9,59E+04 <sup>c</sup> | 124E+04 <sup>b</sup>  | Ausente               |
| 60°C                              | 0              | 5,06E+04 <sup>b</sup> | 4,76E+04 <sup>c</sup> | 5,22E+04 <sup>b</sup> | Ausente               |

\*UFC/g de matéria seca.

\*\* Fresca testemunha – Não sofreu nenhum processo de higienização.

\*\*\* As médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

No processo A, conforme descrito na Tabela 08 e 09, houve uma contaminação de bolores variando de zero a 15,7E+02 UFC/g e leveduras de 14,1E+04 a 36,3E+04 UFC/g. Enquanto para o processo B não foi evidenciado a presença de bolores e os níveis de leveduras variaram de 5,06E+04 a 400E+4 UFC/g. Como não há um padrão estabelecido no Brasil, para presença desses microrganismos em hortaliças e

condimentos como a salsinha, para fins de comparação, foi considerado os limites aceitáveis preconizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) para plantas medicinais/condimentares que estabelece o máximo de  $10^3$  UFC/g (WHO, 1998). Em ambos os processos a salsinha apresentou valores acima do limite não sendo adequado para o consumo tanto fresca como seca. O excesso de bolores e leveduras pode ser justificado pela precária condição higiênica em qualquer etapa da cadeia produtiva e merece atenção pois estes podem produzir micotoxinas, além de poderem agir acelerando a deterioração dos alimentos. Lucca et al. (2010) ao avaliarem a qualidade microbiológica de amostras da droga vegetal camomila (*Chamomilla recutita* L.) procedentes de farmácias, ervarias e supermercados da cidade de Cascavel/PR observaram valores superiores ao limite preconizado pela Organização Mundial de Saúde.

Os níveis encontrados de contaminação por microrganismos mesófilos aeróbios, conforme a Tabela 08 e 09, no processo A foram de  $12,5E+04$  a  $54,8E+04$  UFC/g e no processo B foram de  $4,76E+04$  a  $346E+04$  UFC/g. Como também não há padrão estabelecido no país, para fins de comparação, foi considerado limite até  $10^5$  UFC/g conforme preconizado pela OMS (WHO, 1998). Altos níveis de contaminação pode ocorrer perdas do valor nutricional, da atratividade do alimento e estar presentes patógenos e deterioradores. Com isso, observa-se que apenas a salsinha higienizada seca a 50 e 60°C estão de acordo com o que é proposto pela OMS. Silva (2002) encontrou cargas superiores a  $10^5$  para cheiro-verde fresco (salsinha e cebolinha) deixando-o inapto para o consumo e Zaroni et al. (2004) encontraram níveis de contaminação acima de  $10^5$ , preconizado pela OMS para o consumo, em 45,83% das 72 amostras de plantas medicinais de produtores de sete regiões do Estado do Paraná.

A legislação brasileira especifica por meio da RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001 (ANVISA, 2001) que hortaliças e condimentos frescos devem ser isentos de *Salmonella* sp. Observa-se, pela Tabela 08 e 09, que não foi encontrado este microrganismo em ambos os processos para todos os tratamentos analisados, estando assim de acordo com a legislação vigente. Resultado semelhante encontrado por Santarém et al. (2012) ao avaliar a contaminação por *Salmonella* em hortaliças, como a salsinha, comercializada em estabelecimentos do município de Presidente Prudente/SP.

Embora não existam limites para coliformes totais na legislação brasileira, tais análises foram realizadas considerando-se que os resultados positivos indicam condições inadequadas de higiene do local, do produto e risco da presença de patógenos nesses alimentos, como a *E.coli*. A partir disso, observa-se, através das Tabelas 08 e 09, que foram encontrados altos valores para este microrganismo, tanto no processo A quanto no B. Resultados semelhantes encontrados por Bruno et al (2005) que ao analisarem a presença de coliformes totais em hortaliças minimamente processadas comercializadas em Fortaleza (CE) encontraram em 53,3% das amostras valores acima de  $10^3$  que segundo os autores indicam condições inadequadas de higiene durante o processamento e sugerem a adoção de Boas Práticas de Fabricação durante o processamento mínimo para garantir a segurança microbiológica dos produtos.

Analisando o efeito apenas da higienização feita na salsinha fresca em relação a população microbiana, observa-se pela Tabela 09 que este processo, exceto para *Salmonella* sp e bolores, que não foram detectados presença nas amostras, reduziu a população microbiana em 92,71; 93,70 e 99,21% para os mesófilos, leveduras e coliformes totais, respectivamente. Havendo diferença estatística significativa entre os tratamentos de higienização feito no processo B.

Apesar, como visto anteriormente, que mesmo com a higienização, apenas as bactérias mesófilas no processo A quando a salsinha sem higienização foi seca a 50 e 60°C no processo B ficaram dentro dos limites aceitáveis para consumo, observa-se que a higienização é capaz de reduzir mais de 88% da carga microbiana. O que justifica não ter reduzido a limites aceitáveis propostos pela legislação foi o fato da alta contaminação por esses microrganismos presentes na salsinha após a colheita sem higienização. Srebernich, 2007, ao sanitizar cheiro-verde (cebolinha e salsinha) minimamente processado adquirido com produtores de Campinas/SP, observou que é um produto altamente contaminado e que a sanitização se mostrou eficiente na redução da população microbiana.

Analisando o efeito apenas da secagem (Processo A) da salsinha na população microbiana, observa-se pela Tabela 08 que a cada incremento da temperatura do ar de secagem inicial proporciona a redução dos microrganismos para os mesófilos e as leveduras. Houve a redução de 13,61% quando seca a 40°C chegando até 77,22% a 60°C para os mesófilos. Enquanto a população de leveduras houve a redução de

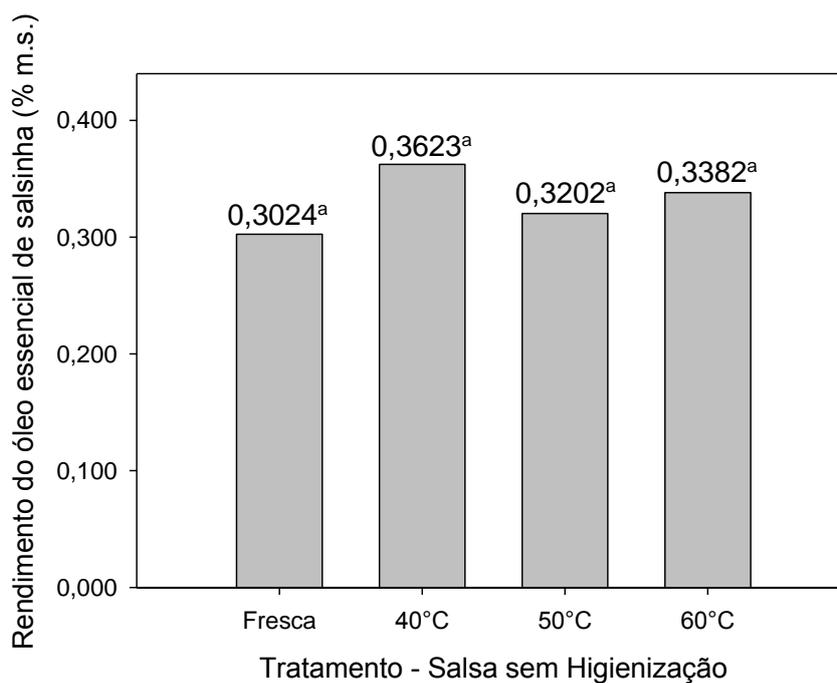
20,45 e 61,05% quando secas a 40 e 60°C respectivamente. Observa-se ainda que a população de coliformes totais houve um aumento da população, em relação a planta fresca testemunha, quando seca a 40°C, entretanto, a partir da secagem a 50°C, observa-se a redução de 47,60% para esta temperatura chegando a 77,61% quando seca a 60°C. Pelo teste de médias, observa-se que houve diferença significativa da planta fresca e do tratamento de secagem a 40°C em relação a secagem a 50 e 60°C para todos os microrganismos estudados.

Avaliando o efeito do processo de higienização combinado com a secagem de folhas de salsa (processo B), observa-se pela Tabela 08, que antes de submeter ao processo de secagem e após a higienização houve a redução da carga microbiana em dos microrganismos, exceto para *Salmonella*, que não foi evidenciado em nenhum tratamento. Nota-se que, para os mesófilos e as leveduras, a secagem auxiliou a reduzir a carga microbiana a medida que o ar de secagem era incrementado. Para os mesófilos, houve a redução de 30,22% quando a salsa seca a 40°C chegando a 81,12% a 60°C em relação a planta fresca higienizada. Enquanto para as leveduras houve a redução de até 79,90% quando seca a 60°C. Observa-se ainda que a secagem proporcionou o crescimento dos coliformes totais quando a salsa foi seca a 40 e 50°C porém quando seca a 60°C houve a redução de 35,28% da carga microbiana em relação a planta fresca higienizada. Estatisticamente, apenas para as bactérias mesófilas houve diferença significativa da secagem a 50 e 60°C em relação a planta fresca higienizada e a secagem a 40°C.

O processo de higienização combinado com a secagem proporcionou uma redução maior, a níveis percentuais, em relação ao processo apenas de secagem. O aumento da população de coliformes totais observados nos processos "A" e "B", pode ser explicado por ser a faixa de temperatura ótima entre 35 a 45°C para o crescimento deste tipo de microrganismo (SILVA, 2002).

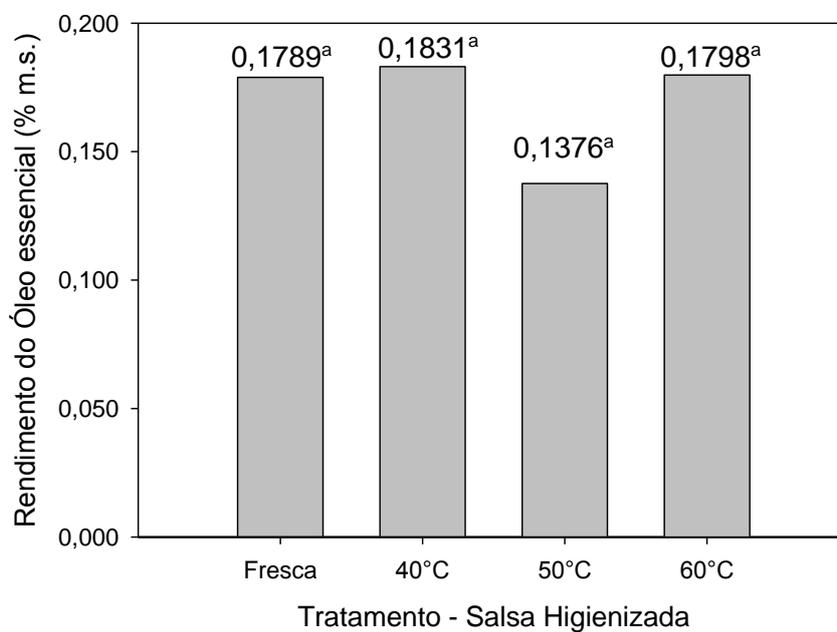
## 5.5. ANÁLISE DO ÓLEO ESSENCIAL

Nas Figuras 12 e 13 são demonstrados o rendimento médio, em porcentagem, do óleo essencial em relação à matéria seca das folhas de salsa para a salsa sem higienização e higienizada, respectivamente.



**Figura 12.** Rendimento médio do óleo essencial de salsinha sem higienização sob os tratamentos estudados.

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade



**Figura 13.** Rendimento médio do óleo essencial de salsinha higienizada sob os tratamentos estudados.

\* As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Observa-se, pelas Figuras 12 e 13, o menor rendimento de óleo essencial obtido das amostras da salsinha higienizada comparada quando ela não foi submetida ao processo de higienização. A diferença, se justifica pelo fato das plantas terem sido colhidas em épocas diferentes, em um intervalo de 2 meses, pois espécies condimentares, possuem maior concentração de princípios ativos em determinados períodos do ano ou estágio de desenvolvimento como informa Radunz et al (2010) e atribui essa variação na quantidade de óleo essencial, a fatores fisiológicos, idade, fatores climáticos, como temperatura e estresse hídrico.

Analisando o efeito da secagem sobre o rendimento do óleo essencial, nota-se pelas Figuras 12 e 13, que tanto na salsinha sem higienização como higienizada, houve um maior rendimento do óleo essencial em relação a planta fresca quando foi submetida a secagem a 40°C. Verificou-se ainda, na salsinha higienizada, uma perda maior no rendimento do óleo essencial na secagem a 50°C, porém, pelo teste de média, estatisticamente não houve diferença significativa entre os tratamentos tanto na salsinha sem o processo de higienização como a higienizada.

A influência da temperatura sobre o rendimento do óleo essencial de plantas aromáticas tem sido objeto de estudo de diversos autores como Silva (2005) que avaliou o rendimento do óleo essencial de calêndula (*Calendula officinalis*) e carqueja (*Baccharis trimera*), após ter sido submetida a secagem em diferentes tipos de secadores na faixa de 30 a 60°C, verificou que não houve diferença estatística entre os teores de óleo nas diferentes temperaturas. Radunz et al (2010) ao estudarem a influência da secagem no rendimento extrativo do óleo de folhas de guaco (*Mikania glomerata*), concluíram que o tratamento com ar de secagem na temperatura de 50°C, possibilitou maior rendimento do óleo, e não diferiu estatisticamente da planta fresca.

Em relação à avaliação dos diferentes tratamentos sobre a composição do óleo essencial, iniciou-se as análises com as amostras da planta fresca, para as quais identificou-se os seguintes componentes:  $\beta$ -pineno,  $\beta$ -mirceno,  $\beta$ -felandreno,  $p$ -1,3,8-Menthatrieno, Germacreno, Miristicina, Apiol. Dentre estes, a miristicina e o apiol destacaram-se como os principais, correspondendo a aproximadamente 70% da composição do óleo. A identificação destes como os principais compostos do óleo essencial de salsinha está de acordo com resultados encontrados por vários autores como Zhang et al. (2006), Petropoulos et al. (2008) e Farzaei et al. (2013).

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentadas a quantificação dos principais compostos, apiol e miristicina, presentes no óleo essencial da salsinha sem higienização e higienizada, respectivamente.

**Tabela 10.** Composição química e o índice de Kovats dos principais compostos da salsinha sem higienização para os tratamentos avaliados.

| Componente  | Índice de Kovats | Composição (%)     |                    |                    |                    |
|-------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|             |                  | Fresca             | 40°C               | 50°C               | 60°C               |
| Miristicina | 1470             | 23,05 <sup>a</sup> | 21,11 <sup>a</sup> | 23,01 <sup>a</sup> | 20,64 <sup>a</sup> |
| Apiol       | 1653             | 40,42 <sup>a</sup> | 42,41 <sup>a</sup> | 41,48 <sup>a</sup> | 34,45 <sup>b</sup> |

\* As médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se pela Tabela 10, que o teor médio de miristicina dentre os tratamentos de secagem, na temperatura de 60°C foi a que apresentou perda maior em relação a planta fresca, entretanto não houve diferença estatística significativa entre eles. Para o apiol, é observado, a perda significativa na secagem a 60°C diferindo estatisticamente nos demais tratamento de secagem e na salsinha fresca.

**Tabela 11.** Composição química e o índice de Kovats dos principais compostos da salsinha higienizada para os tratamentos avaliados.

| Componente  | Índice de Kovats | Composição (%)     |                    |                    |                    |
|-------------|------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
|             |                  | Fresca             | 40°C               | 50°C               | 60°C               |
| Miristicina | 1470             | 31,97 <sup>a</sup> | 23,20 <sup>b</sup> | 28,90 <sup>c</sup> | 26,14 <sup>d</sup> |
| Apiol       | 1653             | 47,93 <sup>a</sup> | 49,56 <sup>a</sup> | 46,96 <sup>a</sup> | 46,67 <sup>a</sup> |

\* As médias seguidas pela mesma letra, nas linhas, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

Houve perda do composto miristicina, conforme descrito na Tabela 11, para todos os tratamentos de secagem e em relação a salsinha fresca. Observa-se ainda que a secagem a 40°C promoveu a perda maior deste composto. Para o teor de apiol, não foi observado influência da secagem, não havendo diferença estatística significativa entre os tratamentos analisados.

O processo de secagem pode propiciar a transformação e degradação dos compostos químicos. O aumento ou a redução dos compostos pode ser ocasionado por reações de oxidação, redução e rearranjos devido a temperatura ou ao longo do tempo de secagem (RADUNZ et al. 2002; MELO, 2004). Barbosa et al, (2006) ao analisarem a influência da temperatura do ar de secagem, variando de ambiente até

80°C, sobre a composição química do óleo essencial de erva cidreira do campo (*Lippia alba* Mill) verificaram que o teor de citral no óleo essencial obtido das folhas secas foi maior que o encontrado das plantas frescas. Soares et al. (2007) ao avaliarem a influência da temperatura do ar de secagem, variando de 40 a 70°C, em folhas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) com a relação ao teor de linalol e observaram que o teor de linalol foi maior nas temperaturas de 50 e 60°C e que reduziu quando secas a 40 e 70°C.

## 6. CONCLUSÕES

Tendo em vista os objetivos propostos no presente trabalho e os resultados obtidos, pode-se concluir que:

O modelo de GAB modificado, em função dos valores obtidos para os coeficientes de determinação, erros padrão de ajuste, se mostrou o mais adequado para descrever as curvas de dessecamento das folhas de salsa para a faixa de temperatura de 20 a 60°C. Nas análises das curvas, observa-se que as isotermas de dessecamento apresentaram na forma tipo III, em formato de “J” e que o teor de água de equilíbrio diminuiu com a redução da atividade de água para as temperaturas estudadas.

O calor isostérico variou de 3394,6 a 2830,0 kJ.kg<sup>-1</sup> para o teor de água de equilíbrio na faixa de 0,0154 a 3,7232 (b.s.), ou seja, a medida que o teor de equilíbrio diminuiu, se faz necessário fornecer uma maior quantidade de energia para remover a água contida nas folhas de salsa.

O modelo de Midilli, em função dos valores obtidos para os coeficientes de determinação e os erros padrão de ajuste, se mostrou o mais adequado para descrever a cinética de secagem tanto para a salsa higienizada como dela sem higienização, não tendo influência esse processo na secagem, para a faixa de temperatura de 40 a 60°C. Nas análises das curvas de secagem observou-se que pequenos incrementos no valor da temperatura do ar de secagem promovem redução no tempo de secagem para os ambos tratamentos. Houve uma redução de 61% no tempo de secagem de 40 a 60°C para salsa higienizada e 67% para a salsa que não sofreu o processo de higienização.

Não foi evidenciado a presença de *Salmonella* sp. em nenhum tratamento estudado. Exceto para os mesófilos aeróbios que no processo B quando a salsa é seca a 50 e 60°C, as contagens da população microbiana observadas para bolores e

leveduras e mesófilos aeróbios em todos os tratamentos não se adequam ao recomendado por órgãos internacionais. Foi observado que o processo de higienização combinado com a secagem proporciona uma redução maior, a níveis percentuais, em relação aos processos isolados, porém devido alta população dos microrganismos na planta ainda fresca, após a colheita, impossibilitou a redução a limites aceitáveis para o consumo.

A secagem em diferentes temperaturas ar (40, 50 e 60°C) não apresentou efeito no rendimento do óleo essencial das amostras secas em relação à planta fresca. Foram identificados a Miristicina e Apiol como principais compostos do óleo essencial de salsa.

No tratamento sem higienização, a secagem não apresentou efeito na quantidade de miristicina e para o apiol, apenas a secagem a 60°C reduziu significativamente em relação à planta fresca. Para a salsa higienizada, na secagem a 40°C houve a maior perda de miristicina dentre os tratamentos. Já em relação à quantidade de apiol, a secagem da planta fresca não apresentou efeito.

Para indicação da melhor temperatura de secagem, em relação ao tempo de secagem, observou-se redução deste após o processo de higienização, sendo explicado pela centrifugação manual das folhas inserida ao processo, sendo a temperatura de 60°C a que apresentou melhor resultado nos processos com o tempo de secagem de 15,5 e 12 h para não higienizada e sem higienizada, respectivamente

Em termos de microbiologia, observou-se que as temperaturas de 50 e 60°C apresentaram maior controle dos microrganismos principalmente no processo sem higienização.

Em termos de óleo essencial, todas as temperaturas apresentaram o mesmo rendimento em relação a planta fresca em ambos os processos.

Em relação a quantidade dos principais compostos do óleo essencial, para miristicina, houve diferença estatística em relação a planta fresca no processo de higienização nas diferentes temperaturas

Observou-se diferenças significativas entre as temperaturas estudadas, o que leva a considerar a temperatura de 50°C a mais indicada para preservação dos componentes em ambos os processos, porém, mesmo com os resultados estatísticos cabe a consideração do tempo necessário para realização da secagem o qual a 60°C tem o custo reduzido e rendimento do óleo essencial equivalente aos demais

tratamentos, cabendo a opção da melhor temperatura a ser adotada em função da comercialização a ser realizada pelo produtor e/ou empresa.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSO Jr, P.; CORRÊA, P.C. Comparação de modelos matemáticos para descrição da cinética de secagem em camada fina de sementes de feijão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 3, n.3, p. 349-353, 1999.

AIT MOHAMED, L.; KOUHILA, M.; JAMALI, A.; LAHSASNI, S.; MAHROUZ, M. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of bitter orange leaves (*Citrus aurantium*). **Journal of Food Engineering**, v.67, p.491-498. 2005a.

AIT MOHAMED, L.; KOUHILA, M.; LAHSASNI, S.; JAMALI, A.; IDLIMAM, A.; RHAZI, M.; AGHFIR, M.; MAHROUZ, M. Equilibrium moisture content and heat of sorption of *Gelidium sesquipedale*. **Journal of Stored Products Research**, v.41, p.199-209. 2005b.

ALESSI, E.S. Tomate seco obtido por energia solar e convencional a partir de mini – tomates congelados. 2010. 73f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia em Alimentos). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba – SP, 2010.

ALMEIDA, M.T.T. **Avaliação microbiológica de alfaces (*Lactuca sativa*) em restaurantes self-service no município de Limeira - SP**. 2006. 92f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Piracicaba, SP, 2006

ÁLVARES, V.S. Pré-resfriamento, embalagem e hidratação pós – colheita de salsinha. 2006. 161f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2006.

ALVES, J.N.. **Utilização da radiação gama do cobalto – 60 como tratamento quarentenário de plantas medicinais, aromáticas e condimentares desidratadas infestadas por *Lasioderma serricorne* (Fabricius,1792) (Coleoptera, Anobiidae) e *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813) (Lepidoptera, Pyralidae)**. 2007. 83f. Dissertação (Mestrado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo – SP, 2007.

ANVISA. Ministério Da Saúde. Resolução RDC N°12 de 02 de Janeiro de 2001. Brasília: ANVISA

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis, 18th ed, Gaithersburg, Maryland, 2005.

ARBOS, K.A. **Qualidade sanitária e nutricional de hortícolas orgânicas**. 2009. 161p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009.

ASAE STANDARDS. Standards engineering practices data. Adopted and published by: **American Society of Agricultural Engineers**. p.565-565. 2000.

AYADI, M.; MABROUK, S.B.; ZOUARI, I.; BELLAGI, A.; Kinetic study of the convective drying of spearmint. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v.13, p.1-7, 2014.

AYRANCI, E.; DUMAN, O. Moisture sorption isotherms of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) and its protein isotate at 10, 20 and 30°C. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 70, p. 83-91, 2005.

BABALIS, S.J.; BELESSIOTIS, V.G. Influence of the drying conditions on the drying constants and moisture diffusivity during the thin-layer drying figs. **Journal of Food Engineering**, Londres, v.65, n.3, p. 449-458, 2004.

BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBERCK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – A review. **Food and Chemical Toxicology**. v. 46, p. 446-475, set. 2008.

BARBOSA, F. F.; BARBOSA, L. C. A.; MELO, E. C.; BOTELHO, F. M.; SANTOS, R. H. S. Influência da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Lippia alba* (Mill) N. E. Brown. **Quimica Nova**, v.29, n.6, p.1221-1225. 2006.

BEHRENS, J. H.; BARCELLOS, M. N.; FREWER, L. J.; NUNES, T. P.; FRANCO, B. D. G. M.; DESTRO, M. T.; LANDGRAF, M. Consumer purchase habits and views on food safety: A Brazilian study. **Food Control**, Guildford, v. 21, n. 7, p. 963-969, 2010.

BERBERT, P.A. QUEIROZ, D.M. SILVA, J.S. PINHEIRO FILHO, J.B. Simulation of coffee drying in a fixed bed with periodic airflow reversal. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 60, n. 3, p. 167 – 173, 1995.

BERSOT, L.S. Salmonella no Brasil: Sua importância no abate de aves. In: Simpósio de Sanidade Avícola da UFSM, 5., 2006, Anais. Santa Maria, RS. p.90-94, 2006.

BORSATO, A.V. Rendimento e composição química do óleo essencial da camomila submetida à secagem em camada fixa. Curitiba, 2006. 166f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 216 de 15 de setembro de 2004. Dispõe sobre o regulamento técnico de boas práticas para serviço de alimentação. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília,

DF, 16 set. 2004. Disponível em: <http://elegis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=12546>. Acesso em: 20 agosto. 2013.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Boas Práticas Agrícolas (BPA) de plantas medicinais, aromáticas e condimentares / ed. Preliminar. Marianne Christina Scheffer, Cirino Corrêa Júnior; Coordenação, Maria Consolacion Udry, Nivaldo Estrela Marques e Rosa Maria Peres Kornijezuk. – Brasília : MAPA/SDC, 2006. 48 p. (Plantas Medicinais & Orientações Gerais para o Cultivo ; 1)

BRASIL. Ministério da Saúde. **Dados epidemiológicos - DTA período de 2000 a 2011\***. Brasília: SVS, 2011. Disponível em: <[http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/10\\_passos\\_para\\_investigacao\\_surtos.pdf](http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/10_passos_para_investigacao_surtos.pdf)>. Acesso em: 14 maio. 2014.

BROOKER, D. B.; Bakker-Arkema, F. W.; Hall, C. W. Drying and storage of grains and oilseeds. New York: Van Nostrand Reinold, 1992. 450p

BRUNAUER, S.; DEMING, L.S.; TELLER, E. on a theory of the van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v.62, p. 1723-1732. 1940

BRUNO, L.M.; QUEIROZ, A.A.M.; ANDRADE, A.P.C.; VASCONDELOS, N.M.; BORGES, M.F.; Avaliação microbiológica de hortaliças e frutas minimamente processadas comercializadas em Fortaleza (CE). **B.CEPPA**, v.23, n.1, p.75-84. 2005.

CAMPOS, A.R.N.; SILVA, F.L.H.; GOMES, J.P.; OLIVEIRA, L.S.C.; OLIVEIRA, M.M. Isotermas de adsorção e calor isostérico da palma forrageira enriquecida proteicamente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.734-740. 2009.

CARDOSO, M.G. CASTRO, D.P. AGUIAR, P.M. SILVA, V.F. SALGADO, A.P.S.P. MUNIZ, F.R. GAVILANES, M.L. PINTO, J.E.B. **Plantas aromáticas e condimentares**. (Boletim Técnico, 78p.) Lavras – MG. 2005 Disponível em: <[http://www.editora.ufla.br/site/boletim\\_list.php?menu=m11&t=boletins-tecnicos](http://www.editora.ufla.br/site/boletim_list.php?menu=m11&t=boletins-tecnicos)>. Acesso em: 10 de agosto de 2013.

CARVALHO, L.M.. Qualidade em plantas medicinais. Aracaju: **Embrapa Tabuleiros Costeiros**, 2010. 54 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1517-1329; 162). Disponível em: [http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes\\_2010/doc\\_162.pdf](http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/doc_162.pdf). Acesso em: 09 de maio de 2011.

CASSEL, E.; VARGAS, R.M.F. Processo industrial de destilação por arraste a vapor de aceite essencial de romero. **Revista de investigacion**, v. 01, p.11-18, 2008.

CENCI, S.A. Boas Práticas de Pós-colheita de Frutas e Hortaliças na Agricultura Familiar. In: Fenelon do Nascimento Neto. (Org.). **Recomendações Básicas para a Aplicação das Boas Práticas Agropecuárias e de Fabricação na Agricultura Familiar**. 1a ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p. 67-80. 2006.

CHAVES, D.S.A. Estudo químico e potencial antitrombótico da espécie medicinal

*Petroselinum crispum* (Apiaceae). 2006. 138f. Dissertação (Mestrado em Química de Produtos Naturais). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro – RJ, 2006.

CORRÊA Jr. C., MING, L.C., SCHEFFER, M.C. Cultivo de plantas medicinais, condimentares e aromáticas. 2 ed. Jaboticabal: FUNEP, 1994. 151p.

CORRÊA, P. C.; ALMEIDA, F. de A. C. Comparação de modelos matemáticos de equilíbrio higroscópico para semente e fibra de algodão herbáceo, cultivar redenção. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas, Campina Grande**, v. 3, n. 1, p. 1-6, 1999.

CORRÊA, T. A. F.; SILVA, M. G.; BALESTRIN, E. C. C.; RALL, V. L. M. Eficiência da lavagem e dos desinfetantes sobre coliformes termotolerantes em vegetais frescos. **Higiene alimentar**, v.25, p. 154-157. 2011.

CORRÊA, P.C.; AFONSO JÚNIOR, P.C.; MARTINS, P.M.; MELO, E.C.; RADÜNZ, L.L. Modelo matemático para representação da higroscopicidade de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa, v.27, n.1, p.01-15, 2002.

COSTA, E.A.; FIGUEIREDO, E.A.T.; CHAVES, C.S.; ALMEIDA, P.C.; VASCONCELOS, N.M.; MAGALHÃES, I.M.C.; MORAES, A.F.; PAIXÃO, L.M.N. Avaliação microbiológica de alfaces (*Lacuta sativa* L.) convencionais e orgânicas e a eficiência de dois processos de higienização. **Alim. Nutr.** v.23, n.3, p-387-392. 2012.

CRUZ, G. A. Desidratação de Alimentos. São Paulo, SP, 1990, 207p.

DANTAS, R.L.D; PÊ, R.L.; ROCHA, A.P.T. Comportamento da secagem da hortelã da folha miúda. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v.8, nº 02. 2013.

DEMIR, V.; GUNHAN, T.; YAGCIOGLU, A.K.; DEGIRMENCIOGLU, A. Mathematical modelling and the determination of some quality parameters of air-dried bay leaves. **Biosystems Engineering**, v. 88, n. 3, p. 325-335, 2004.

DITCHFIELD, C. Estudo dos métodos para a medida da atividade de água. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade de São Paulo. SP. 2000.

DOYMAZ I.; Drying kinetics of White mulberry, **Journal of Food Engineering**, v.74, n.3, p. 370-375, 2006.

DRAPER, N.R.; SMITH, H. Applied regression analysis. 3,ed. New York: John Wiley E sons, 1998.

EDOUN, M.; KUITCHE, A.; KAPSEU, C. Determination of the *Gnetum africanum* water sorption isotherms for use in the design of an adapted dryer. **International Journal of Food Science and Technology**, v.45, n.1, p.105-112, 2010.

EFSA – European Food Safety Authority. The Community Summary Report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agentes, antimicrobial resistance and foodborne

outbreaks in the European Union in 2005. The EFSA journal, 94. 2006.

ELPO, E.R.S.; NEGRELLE, R.R.B.; GOMES, E.C. Avaliação da qualidade microbiológica do gengibre “in natura” comercializado na região metropolitana de Curitiba , PR. **Visão Acadêmica**, Curitiba, PR, v. 5, n.2, p. 139 – 146, 2001.

FARZAEI, M.H.; ABBASABADI, Z.; ARDEKANI, M.R.S.; RAHIMI, R.; FARZAEI, F. Parsley: a review of ethnopharmacology, phytochemistry and biological activities. **Journal of traditional Chinese medicine**, v.33, n.6, p.815-826. 2013

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática 2. ed Porto Alegre : Artmed, 2006. 602 p

FENNEMA, O.R. Química de alimentos de Fennema. Porto Alegre : Artmed, 2010. 900 p.

FILIPPIS, F.M. Extração com CO<sub>2</sub> supercrítico de óleos essenciais de Hon-sho e Ho-sho – Experimentos e modelagem. Porto Alegre, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2001.

FIGUEROA, R. Princípios de secagem de produtos biológicos. Editora Universitária. João Pessoa. 2003. 263p.

FORSYTHE, S.J. Microbiologia da segurança alimentar. Porto Alegre: Artmed. 2002. 424p.

FRANCO, B.D.G.M.; LANDGRAF, M.. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, 2º edição. 182p. 2003

GALLAGHER, J. Origem de surto de E.coli pode estar ligada a sementes do Egito. BBC News. 30/06/2011, Saúde. Disponível em: [http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2011/06/110630\\_e\\_coli\\_egito\\_fn.shtml](http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2011/06/110630_e_coli_egito_fn.shtml). Acesso em: 24 de agosto de 2013.

GAVA, Altanir Jaime. Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações 2ed.rev e ampl. São Paulo : Nobel, 2009. 511p

GHODAKE, H.M.; GOSWAMI, T.K.; CHAKRAVERTY, A. Moisture sorption isotherms, heat of sorption and vaporization of withered leaves, black and green tea. **Journal of Food Engineering**, v.78, p.827-835. 2007

GOMES, C.A.O.; ALVARENGA, A.L.B.; JUNIOR, M.F.; CENCI, S.A. Hortaliças minimamente processadas. Embrapa Informação Tecnológica. Brasília, DF, 34p. 2005.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; VILHASANTI, H. C. B.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pes. Agropec. Trop.**, v.44, n.1, p.56-64, 2014.

GUALBERTO, R.; OLIVEIRA, P.S.R.; GUIMARAES, A.M. Adaptabilidade e

estabilidade fenotípica de cultivares de alface do grupo crespa em cultivo hidropônico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.27, n.1, p.7-11, 2009.

HAMMER, K.A.; CARSON, C.F.; RILEY, T.V. Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts. **Journal of Applied Microbiology**. v. 86, p. 985-990. 1999.

HANSEN, R.C.; KEENER, H.M.; ELSOHLY, H.N. Thin layer drying of cultivated taxus clippings. **Transactions of the ASAE**, v.36, n.5, p. 1387-1391, 1993.

HEREDIA, Z.N.A.; VIEIRA, M.C.; WEISMANN, M.; LOURENÇÃO, A.L.F. Produção e renda bruta de cebolinha e de salsa em cultivo solteiro e consorciado. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 21, n. 3, p. 574-577, 2003.

IGLESIAS, H.; CHIRIFE, J. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material. **Journal of Food Technology**, v.11, p.109-116, 1976.

IUPAC – International Union of Pure and Applied Chemistry. Reporting physisorption data for gas/solid system. *Pure and Applied Chemistry*, v.57, p.603-619. 1985.

JAMALI, A.; KOUHILA, M.; AIT MOHAMED, L.; JAOUHARI, J.T.; IDLIMAM, A.; ABDENOURI, N. Sorption isotherms of *Chenopodium ambrosioides* leaves at three temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.72, p.77-84. 2006.

KASHANINEJAD, M.; MORTAZAVI, A.; SAFEKORDI, A.; TABIL, L.G. Thin-layer drying characteristics and modeling of pistachio nuts. **Journal of Food Engineering**, Londres, v.78, n.1, p.98-108, 2007.

KOCKEL, T. K.; ALLEN, S.; HENNIGS, C.; LANGRISH, T. A. G. An experimental study of the equilibrium for skim milk powder at elevated temperature. **Journal of Food Engineering**, v.51, p. 291–297, 2002.

LABUZA, T.P. Moisture Sorption: Practical aspects of isotherm measurement and use. **American Association of cereal chemists**, 1984

LANÇAS, F. M. Cromatografia em fase gasoso, São Carlos: Editora Acta, 1992, 254p.

LEAL, J.A.C.. Elaboração de salsa desidratada. **Revista eletrônica**, 2009,. vol. 5, n. 1. Disponível em: <http://www.inesul.edu.br/revista/index.php?vol=6>. Acesso em: 10 de novembro de 2013. ISSN 1980 – 5969.

LENZ, M.H. **Viabilidade agroeconômica da produção orgânica de plantas condimentares para o desenvolvimento sustentável em propriedades familiares na região do Vale do Rio Pardo/RS**. 2005. 100f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional) – Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC. Santa Cruz do Sul/RS. 2005.

LORENZI, H.; MATOS, F.J.A.. **Plantas Medicinais no Brasil. Nativas e Exóticas**. 2ªed. Plantarum, 2002. 576p.

LUCCA, P.S.R.; ECKERT, R.G.; SMANHOTTO, V.; KUHN, L.M.; MINANTI, L.R.

Avaliação farmacognóstica e microbiológica da droga vegetal camomila (*Chamomilla recutita* L.) comercializada como alimento em Cascavel – Paraná. **Rev. Bras. Pl. Med. Botucatu**, v.12, n.2, p.153-156, 2010.

MACLEOD, A.J.; SNYDER, C.H.; SUBRAMANIAN, G. Volatile aroma constituents of parsley leaves. **Phytochemistry**, v.24, n.11, p. 2623-2627. 1985.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. Thin layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v. 29, p. 75 – 97, 1996.

MADUEÑO BOX, M. Cultivo de plantas medicinales, 2 ed., Madrid: **Publicaciones de Extension Agrária**, 1973. 490 p

MARCHESE, J.A., FIGUEIRA, G.M.. O uso de tecnologias pré e pós – colheita e boas práticas agrícolas na produção de plantas medicinais e aromáticas. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.7, n.3, p.86-96, 2005.

MARTINAZZO, A.P., D.S., **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf**. 2006. 156f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2006.

MARTINAZZO, A.P.; CORRÊA, P.C.; RESENDE, O.; MELO, E.C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p.301-306, 2007

MELO, E.C.; RADÜNZ, L.L.; MELO, R.C.A. Influência do Processo de Secagem na Qualidade de Plantas Mediciniais. Revisão. **Engenharia na Agricultura**. v.12, n.4, 307-315. 2004.

MENKOV, N.D. Moisture sorption isotherms of chickpea seeds at several temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.45, n.04, p. 189-194, 2000.

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

MISRA, M.K.; BROOKER, D.B. Thi-layer drying and rewetting equation for shelled yellow corn. **Transactions of the ASAE**, v.23, n.5, p. 1254 – 1260.

MOCELIN, A.F.B.; FIGUEIREDO, P.M.S.. Avaliação microbiológica e parasitológica das alfaces comercializadas em São Luís – MA. **Revista de Investigação Biomédica do Uniceuma**, n.1, p. 97 – 107, 2009.

MOHAPATRA, D.; RAO, P.S.. A thin layer drying model of parboiled wheat. **Journal of Food Engineering**, v. 66, n. 54, p. 513 – 518, 2005.

MONTES, E.J.M; GALLO, R.T.; PIZARRO, R.D.A.; SIERRA, O.A.P.; ESCOBAR, J.L.M.; HERAZO, I.I.M. Modelado de la cinética de secado de ñame (*Dioscorea rotundata*) em capa delgada. **Ingeniería e investigación**. Bogotá, v.28, n.2, p. 45-52, 2008.

NASCIMENTO, H.M.; DELGADO, D.A.; BARBARIC, I.F. Avaliação da aplicação de agentes sanitizantes como controladores do crescimento microbiano na indústria alimentícia. **Revista Ceciliana**. v.2. n.1. p. 11-13. 2010.

NASCIMENTO, M.S.; SILVA, N.; CATANOZI, M.P.L.M. Emprego de sanitizantes na desinfecção de vegetais. **Higiene Alimentar**, São Paulo, v. 17, n.112, p. 42-46, 2003.

OLIVEIRA, M.M.; CAVALCANTI, M.E.; SANTOS, J.F.; GRANGEIRO, J.I.; PEREIRA, L.C.; SILVA, F.L.H. Isotermas de dessecção da casca de maracujá em diferentes temperaturas. **Tecnol. & Ciên. Agropec**. João Pessoa, v.3, n.1, p.67-72, 2009.

OLIVEIRA, M.T.R.; BERBERT, P.A; MARTINAZZO, A.P.; BERBERT-MOLINA, M.A. Drying kinetics of lemon-scented grass. **Transactions of the ASAE**, v.54, n.5, p.1837-1846. 2011.

ORDÓÑEZ, J.A.P, MURAD, F. Tecnologia de alimentos. Porto Alegre: Artmed, 2005. V.2

OTTE, S. Los aceites esenciales – medicina redescubierta. **Dragoco report**, n.3, p.91-109, 1994.

PANCHARIYA, P.C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A.L. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, v. 52, p. 349 – 357, 2002

PARK, K.J.; YADO, M.K.M.; BROD, F.P.R. Estudos de secagem de pêra bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciência Tecnol. Aliment**. Campinas, 21(3): 288-292, 2001.

PELCZAR JR, J.M.; CHAN, E.C.S.; KRIEG, N.R. Microbiologia: Conceitos e Aplicações 2ªed. São Paulo: Makron Books. 524p. v.2. 2008.

PEREIRA, M.A.A. Estudo da atividade antimicrobiana de óleos essenciais extraídos por destilação por arraste a vapor e por extração supercrítica. Porto Alegre. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2010.

PETROPOULOS, S. A.; DAFERERA, D.; POLISSIOU, M. G.; PASSAM, H. C.; The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. **Scientia horiculturae**, v.115, p.393-397, 2008

PINHEIRO, N.M.S.; FIGUEIREDO, E.A.T.; FIGUEIREDO, R.W.; MAIA, G.A.; SOUZA, P.H.M. Avaliação da qualidade microbiológica de frutos minimamente processados comercializados em supermercados de Fortaleza. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, SP, v.27, n.1, p.153 – 156, 2005.

PINTO, T. J. A.; KANEKO, T. M.; PINTO, A. F. Controle biológico de qualidade de produtos farmacêuticos, correlatos e cosméticos. 3 ed. São Paulo. Atheneu. 2010.

POVH, N.P. Obtenção do óleo essencial da camomila (*Matricaria recutita* [L.] Rauschert) por diferentes métodos: destilação por arraste a vapor, extração com solventes orgânicos e extração com CO<sub>2</sub> supercrítico. Campinas, 2000. 217 f. Tese

(Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. 2000.

PRATES, M. F. O.; REIS, R.C.; DEVILLA, I. A.; FARIA, R. Q.; LIMA JÚNIOR, A. F. Cinética de secagem de folhas de *Solanum lycocarpum* A. St.-Hil. (fruta-de-lobo). **Ver. Bras. Pl. Med.**, v.14, n.3, p.514-521, 2012.

RADUNZ, L.L.; MELO, E.C.; ROCHA, R.P.; BERBERT, P.A.; GRACIA, L.M.N. Study of essential oil from Guaco leaves submitted to different drying air temperature. **Engenharia na Agricultura**, v.18, n.3, p. 241-247. 2010.

RADUNZ, L. L.; MELO, E. C.; BERBERT, P. A.; BARBOSA, L. C. A.; ROCHA, R. P.; GRANDI, A. M. Efeitos da temperatura do ar de secagem sobre a qualidade do óleo essencial de alecrim pimenta (*Lippia sidoides* Cham. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.27, n.2, p.9-13, 2002.

REIS, R.C.; DEVILLA, I.A.; ASCHERI, D.P.R.; SERVULO, A.C.O.; SOUZA, A.B.M. Cinética de secagem de folhas de manjerição (*Ocimum basilicum* L.) via infravermelho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.16. n.12. p.1346-1352. 2012.

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; RIBEIRO, D. M. Isotermas e calor isostérico de sorção do feijão. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 26, n. 3, p. 626-631, 2006.

RESENDE, O.; CORRÊA, P.C.; GONELI, A.L.D.; BOTELHO, F.M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.10, n.1, p.17-26, 2008.

RODRIGUES, P.M. Microbiologia dos processos alimentares. São Paulo: Varela, 2005.

RODRIGUES, D. G.; SILVA, N. B. M.; REZENDE, C.; JACABUCCI, H. B.; FONTANA, E. A. Avaliação de dois métodos de higienização alimentar. **Revista Saúde e Pesquisa**, v.4, n.3, p. 341-350, 2011.

ROCHA, R.P.; MELO, E.C.; CORBÍN, J.B.; BERBERT, P.A.; DONZELE, S.M.L.; TABAR, J.A. Cinética del secado de tomillo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.16, n.6, p.675-683, 2012.

SANTARÉM, V.A.; GIUFFRIDA, R.; CHESINE, P.A.F.; Contaminação de hortaliças por endoparasitas e *Salmonella* spp. em Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. **Colloquium Agrariae**, v.8, n.1, p.18-25. 2012.

SANTOS, K.C.A.. **Estudo da viabilidade técnica da implantação de agroindústria para processamento de tomates secos no Distrito Federal** (Boletim Técnico. 66p.). Brasília: UPIS, 2009.

SANTOS, I.P. **Parâmetros de qualidade na produção de abacaxi desidratado.**

2011. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual de Montes Claros. MG. 2011

SHINOHARA, N.K.S.; BARROS, V.B.; JIMENEZ, S.M.C.; MACHADO, E.C.L.; DUTRA, R.A.F.; LIMA FILHO, G.L. Salmonella spp. Importante agente patogênico veiculado em alimentos. **Ciência e saúde coletiva**. v.13, n. 5. p.1675-1683, 2008.

SMANIOTTO, T.A.S.; RESENDE, O.; OLIVEIRA, D.E.C.; SOUSA, K.A.; CAMPOS, R.C. Isothermas e calor latente de dessecção dos grãos de milho da cultivar AG7088. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.11, n.3, p.312-322, 2012.

SILVA, A.S.S.; ALMEIDA, F.A.C.; ALVES, N.M.C; MELOS, K.S.; GOMES, J.P. Característica higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.2, p.237-244. 2010.

SILVA, F.; PARK, K.J.; MAGALHÃES, P.M. Isothermas de dessecção de *Calendula officinalis* L.: determinação experimental e modelagem matemática. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu, v.9, n.1, p.21-28, 2007.

SILVA, F. **Avaliação do teor e da composição química do óleo essencial de plantas medicinais submetidas a processos de secagem e armazenamento**. 2005. 168f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Estadual de Campinas. Campinas/SP. 2005

SILVA, M.C.. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos com a utilização de metodologias convencionais e do sistema simplate**. 2002. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba – SP, 2002.

SILVA JR, E. A. Manual de controle higiênico-sanitário em alimentos. 5.ed. São Paulo: **Varela**, 2002. 479p.

SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P. de; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 5.ed. Porto Alegre/Florianópolis: Editora da UFRGS/ Editora de UFSC. 1102p. 2003.

SIMÕES, C. M. O.; SPITZER, V. Óleos voláteis. In: SIMÕES, C.M.O.; SCHENKEL, E.P.; GOSMANN, G.; MELLO, J.C.P. de; MENTZ, L.A.; PETROVICK, P.R. **Farmacognosia – da planta ao medicamento**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

SOARES, R. D.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L.; SILVA, M. V.; SOUZA, B. S. Influência da temperatura e velocidade do ar na secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol. **Ciênc. Agrotec.** v.31, n.4, p.1108-1113. 2007.

SOGI, B. S.; SHIVHARE, V. S.; GARE, S. K.; BAWA, A. S. Water sorption isotherm and drying characteristics of tomato seeds. **Biosystems Engineering**, v.84, n.3, p. 297-301, 2003.

SOUZA, E.L.; STAMFORD, T.L.M.; LIMA, E.O.; BARBOSA FILHO, J.M. Orégano

(*Origanum vulgare* L., Lamiaceae): Uma especiaria como potencial fonte de compostos microbianos. **Revista Higiene Alimentar**, v. 19, n.132, p.40-45, 2005.

SIQUEIRA, R.S. Manual de microbiologia de alimentos. Brasília: Embrapa, SPI: Rio de Janeiro: Embrapa, CTAA, 1995. 159p.

SREBERNICH, S.M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Ciência Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP. v.27, n.4. p. 744-750. 2007.

STEURER, F. **Especiarias: aplicações e propriedades**. 2008. 30f. Trabalho Acadêmico (Bacharelado em Química de Alimentos), Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

TEIXEIRA, L.P.; ANDRADE, E.T.de.; SILVA, P.G.L.da. Determinação do equilíbrio higroscópico e do calor isostérico da polpa e da casca do abacaxi (*Ananas comosus*). **Engvista**, v.14, n.2, p.172-184. 2012

VERLINDER, B.E; NICOLAI, B.M. Fresh-cut fruits and vegetables. **Acta Horticulturae**, v.5, n.18, 2000.

VIEIRA, R. H. S. F.; RODRIGUES, D. P.; BARRETO, N. S. E.; SOUZA, O. V.; TORRES R. C. O.; RIBEIRO, R. V. et al. Microbiologia, higiene e qualidade do pescado; teoria e prática. São Paulo: **Varela**; 2004.

WANG, N.; BRENNAN, J.G. Moisture sorption isotherm characteristics of potatoes at four temperatures. *Journal of Food Engineering*, v.14, n.1. 1991

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Quality control methods for medicinal plant materials. New York: **WHO**, 1998. 122p.

ZARONI, M.; PONTAROLO, R.; ABRAHÃO, W.S.M.; FÁVERO, M.L.D.; CORREA JÚNIOR, C.; STREMEL, D.P. Qualidade microbiológica das plantas medicinais produzidas no Estado do Paraná. **Rev. Bras. Farmacognosia**, v.14, n.1, 2004.

ZHANG, H.; CHEN, F.; WANG, X.; YAO, H. Evaluation of antioxidant activity of parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil and identification of its antioxidant constituents. **Food Research Internation**, v.39, p.833-839, 2006.

**APÊNDICE A – Eficiência dos modelos ajustados aos dados de secagem de salsinha**

**Tabela 01.** Coeficiente de determinação ( $R^2$ ), erro médio relativo (P) e erro médio da estimativa (SE) dos modelos matemáticos em cada temperatura para secagem de folhas de salsinha com higienização.

| Modelos                    | T (°C) | $R^2$ (%) | P(%)  | SE (adm.) | RMSE (adm.) |
|----------------------------|--------|-----------|-------|-----------|-------------|
| Aproximação da difusão     | 40     | 99,82     | 5,97  | 0,0141    | 0,0129      |
|                            | 50     | 99,93     | 9,38  | 0,0081    | 0,0075      |
|                            | 60     | 99,90     | 12,02 | 0,0104    | 0,0092      |
| Dois Termos                | 40     | 99,89     | 7,18  | 0,0114    | 0,0101      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,76 | 0,0083    | 0,0074      |
|                            | 60     | 99,86     | 17,45 | 0,0128    | 0,0108      |
| Exponencial de dois termos | 40     | 99,85     | 11,49 | 0,0126    | 0,0119      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,38 | 0,0080    | 0,0076      |
|                            | 60     | 99,86     | 17,70 | 0,0118    | 0,0109      |
| Wang e Sing                | 40     | 96,64     | 54,63 | 0,0059    | 0,0561      |
|                            | 50     | 97,41     | 43,31 | 0,0047    | 0,0450      |
|                            | 60     | 98,40     | 32,92 | 0,0400    | 0,0370      |
| Thompson                   | 40     | 99,85     | 11,57 | 0,0134    | 0,0117      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,38 | 0,0080    | 0,0076      |
|                            | 60     | 99,86     | 17,70 | 0,0118    | 0,0109      |
| Newton                     | 40     | 99,82     | 5,97  | 0,0133    | 0,0129      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,38 | 0,0078    | 0,0076      |
|                            | 60     | 99,86     | 17,70 | 0,0113    | 0,0109      |
| Page                       | 40     | 99,91     | 11,57 | 0,0098    | 0,0093      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,57 | 0,0080    | 0,0076      |
|                            | 60     | 99,88     | 14,54 | 0,0108    | 0,0099      |
| Page Modificado            | 40     | 99,91     | 11,57 | 0,0098    | 0,0093      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,57 | 0,0080    | 0,0076      |
|                            | 60     | 99,88     | 14,54 | 0,0108    | 0,0099      |
| Henderson e Pabis          | 40     | 99,89     | 7,18  | 0,0107    | 0,0101      |
|                            | 50     | 99,93     | 10,76 | 0,0078    | 0,0074      |
|                            | 60     | 99,86     | 17,45 | 0,0117    | 0,0108      |

| Modelos                      | T (°C) | R <sup>2</sup> (%) | P(%)  | SE (adm.) | RMSE (adm.) |
|------------------------------|--------|--------------------|-------|-----------|-------------|
| Henderson e Pabis Modificado | 40     | 99,89              | 7,18  | 0,0126    | 0,0101      |
|                              | 50     | 99,93              | 10,76 | 0,0088    | 0,0074      |
|                              | 60     | 99,86              | 17,45 | 0,0143    | 0,0108      |
| Logaritmo                    | 40     | 99,89              | 4,99  | 0,0109    | 0,0100      |
|                              | 50     | 99,96              | 4,20  | 0,0058    | 0,0054      |
|                              | 60     | 99,97              | 4,53  | 0,0060    | 0,0054      |
| Midilli                      | 40     | 99,97              | 7,11  | 0,0061    | 0,0054      |
|                              | 50     | 99,99              | 3,06  | 0,0032    | 0,0028      |
|                              | 60     | 99,99              | 1,25  | 0,0026    | 0,0022      |
| Verna                        | 40     | 99,95              | 9,03  | 0,0077    | 0,0070      |
|                              | 50     | 99,93              | 10,37 | 0,0083    | 0,0076      |
|                              | 60     | 99,98              | 2,66  | 0,0043    | 0,0038      |

**Tabela 02.** Coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), erro médio relativo (P) e erro médio da estimativa (SE) dos modelos matemáticos em cada temperatura para secagem de folhas de salsinha sem higienização.

| Modelos                    | T (°C) | R <sup>2</sup> (%) | P(%)  | SE (adm.) | RMSE (adm.) |
|----------------------------|--------|--------------------|-------|-----------|-------------|
| Aproximação da difusão     | 40     | 99,96              | 5,15  | 0,0059    | 0,0057      |
|                            | 50     | 99,76              | 4,74  | 0,0148    | 0,0139      |
|                            | 60     | 99,74              | 4,46  | 0,0166    | 0,0152      |
| Dois Termos                | 40     | 99,96              | 5,16  | 0,0059    | 0,0056      |
|                            | 50     | 99,88              | 4,63  | 0,0105    | 0,0097      |
|                            | 60     | 99,86              | 5,92  | 0,0126    | 0,0111      |
| Exponencial de dois termos | 40     | 99,94              | 8,15  | 0,0069    | 0,0067      |
|                            | 50     | 99,82              | 7,41  | 0,0125    | 0,0121      |
|                            | 60     | 99,77              | 4,91  | 0,0153    | 0,0145      |
| Wang e Sing                | 40     | 96,58              | 35,30 | 0,0547    | 0,0530      |
|                            | 50     | 97,42              | 23,03 | 0,0473    | 0,0455      |
|                            | 60     | 97,53              | 30,57 | 0,0499    | 0,0470      |
| Thompson                   | 40     | 99,88              | 7,50  | 0,0104    | 0,0101      |
|                            | 50     | 99,83              | 7,28  | 0,0123    | 0,0118      |
|                            | 60     | 99,77              | 8,33  | 0,0152    | 0,0143      |

| Modelos                            | T (°C) | R <sup>2</sup> (%) | P(%) | SE (adm.) | RMSE (adm.) |
|------------------------------------|--------|--------------------|------|-----------|-------------|
| Newton                             | 40     | 99,81              | 4,34 | 0,0127    | 0,0125      |
|                                    | 50     | 99,76              | 4,74 | 0,0142    | 0,0139      |
|                                    | 60     | 99,74              | 4,46 | 0,0156    | 0,0152      |
| Page                               | 40     | 99,93              | 6,65 | 0,0079    | 0,0076      |
|                                    | 50     | 99,90              | 6,54 | 0,0092    | 0,0088      |
|                                    | 60     | 99,84              | 9,12 | 0,0125    | 0,0118      |
| Page<br>Modificado                 | 40     | 99,93              | 6,65 | 0,0079    | 0,0076      |
|                                    | 50     | 99,90              | 6,54 | 0,0092    | 0,0088      |
|                                    | 60     | 99,84              | 9,12 | 0,0125    | 0,0118      |
| Henderson e<br>Pabis               | 40     | 99,90              | 4,56 | 0,0095    | 0,0092      |
|                                    | 50     | 99,88              | 4,63 | 0,0101    | 0,0097      |
|                                    | 60     | 99,86              | 5,93 | 0,0118    | 0,0111      |
| Henderson e<br>Pabis<br>Modificado | 40     | 99,90              | 4,56 | 0,0102    | 0,0092      |
|                                    | 50     | 99,88              | 4,63 | 0,0110    | 0,0097      |
|                                    | 60     | 99,86              | 5,93 | 0,0136    | 0,0111      |
| Logaritmo                          | 40     | 99,90              | 4,79 | 0,0096    | 0,0091      |
|                                    | 50     | 99,88              | 4,26 | 0,0103    | 0,0097      |
|                                    | 60     | 99,87              | 3,20 | 0,0118    | 0,0108      |
| Midilli                            | 40     | 99,98              | 1,86 | 0,0040    | 0,0037      |
|                                    | 50     | 99,99              | 1,30 | 0,0028    | 0,0025      |
|                                    | 60     | 99,95              | 3,99 | 0,0075    | 0,0068      |
| Verna                              | 40     | 99,96              | 5,15 | 0,0059    | 0,0056      |
|                                    | 50     | 99,96              | 4,82 | 0,0064    | 0,0060      |
|                                    | 60     | 99,74              | 4,46 | 0,0166    | 0,0152      |