

## **Nota do autor:**

Prezados leitores(as),

Caso encontrem algum problema na formatação e elaboração do texto, por favor, entrem em contato para posterior correção. Perfeição, só em Deus.

Atenciosamente,

Adriano Sant'Ana Silva

Contato: [mrsantana@gmail.com](mailto:mrsantana@gmail.com)

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**DISSERTAÇÃO**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM ARMAZENAMENTO E**  
**PROCESSAMENTO DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**MINI PROCESSAMENTO E SECAGEM DE FOLHAS E CAULE DO**  
**COENTRO (*Coriandrum sativum*) var. VERDÃO PARA A PRODUÇÃO**  
**DE EXTRATO SECO**

**ADRIANO SANT'ANA SILVA**

**Campina Grande - Paraíba**  
**Março, 2006**

**ADRIANO SANT'ANA SILVA**

**MINI PROCESSAMENTO E SECAGEM DE FOLHAS E CAULE DO  
COENTRO (*Coriandrum sativum*) var. VERDÃO PARA A PRODUÇÃO  
DE EXTRATO SECO**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola da  
Universidade Federal de Campina Grande,  
como parte dos requisitos necessários para  
obtenção do título de Mestre em Engenharia  
Agrícola.**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:** Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas

**ORIENTADOR:** Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida – UAEAg/CTRN/UFCG

**Campina Grande - Paraíba  
Março, 2006**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S586m Silva, Adriano Sant'Ana  
2006 Mini processamento e secagem de folha e caule do coentro (*Coriandrum sativum*) var. verdão para a produção de extrato seco/ Adriano Sant'Ana Silva. — Campina Grande, 2006.  
102f. il.

Inclui bibliografia.

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

Orientador: Prof. Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida.

1— Coentro - Preparo 2— Coentro - Desidratação 3- Coentro – Qualidade

CDU 631.56

## **AGRADECIMENTOS**

*Na realidade tenho muito que agradecer, mas as palavras seriam poucas para expressar a minha gratidão por tudo e a todos aqueles que contribuíram para nosso crescimento.*

*Deus obrigado por me mostrar o caminho da sabedoria e nos momento difíceis ser o meu afago.*

*Francisco Almeida, meu pai, e Severina Sant'Ana, minha mãe as palavras seriam poucas para expressar todo o amor que sinto por vocês.*

*Professor Dr. Francisco de Assis Cardoso Almeida obrigado por tudo, sua confiança, sabedoria, amizade e orientação foram e sempre serão eternas.*

*Professora Dra. Josivanda Palmeira muito lhe agradeço, sua fé e orientação foram de grande valo.*

*Dr. José Wellington dos Santos, EMBRAPA, e o professor Hans Raj Gheyi, obrigado por sua colaboração e confiança.*

*A professora Dra. Rossana Maria obrigado pela orientação e o apoio durante o curso.*

*Aos amigos Daniely, Fernanda, Ivonete, Sckaymenn, Taciana, Luciana, Neto, Jean, Karla, agradeço pelos momentos de descontração e sabedoria... Obrigado por cada momento que hoje guardo com muita alegria.*

*A Ezenildo Emanuel que, como muita alegria, tenho como amigo, obrigado por sua paciência, amizade e irmandade.*

*Obrigado a todos os professores que sempre colaboraram.*

*Obrigado a CAPES pelo financiamento do meu estudo.*

*Enfim, sou muito grato a todos.*

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	iii
LISTA DE TABELAS .....	v
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>2</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Coentro.....	5
2.2. Secagem .....	6
2.3. Atividade de água .....	9
2.4. Isotermas de sorção.....	10
2.5. Avaliações físicas e químicas.....	13
2.5.1. Ácido ascórbico .....	13
2.5.2. Clorofila .....	14
2.5.3. Proteína .....	16
2.5.4. Cor.....	17
2.6. Pré-tratamentos.....	19
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>21</b>
3.1. Matéria-prima.....	22
3.2. Desidratação .....	22
3.2.1. Modelos matemáticos .....	23
3.2.2. Coeficiente de difusividade efetiva.....	24
3.2.3. Energia de ativação .....	25
3.3. Avaliação da qualidade.....	26
3.3.1. Ácido ascórbico.....	26
3.3.2. Clorofila total.....	27
3.3.3. Proteína bruta.....	27
3.3.4. Cor .....	27
3.4. Branqueamento.....	28
3.5. Análises estatísticas .....	28
3.6. Isotermas de adsorção de umidade .....	28
3.6.1. Modelos matemáticos .....	29
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>

4.1. Cinética de secagem.....	33
4.2. Modelagem matemática do processo de secagem .....	40
4.3. Coeficiente de difusividade efetiva e energia de ativação .....	44
4.4. Caracterização físico-química da matéria-prima .....	47
4.5. Efeito da temperatura na qualidade do extrato seco .....	48
4.5.1. Ácido ascórbico .....	49
4.5.2. Proteína bruta.....	51
4.5.3. Clorofila total.....	53
4.5.4. Cor.....	55
4.6. Efeito do branqueamento na qualidade do extrato seco.....	57
4.7. Isotermas de adsorção .....	60
<b>5. CONCLUSÕES .....</b>	<b>69</b>
<b>6. SUGESTÕES.....</b>	<b>72</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>74</b>
<b>8. APÊNDICE .....</b>	<b>90</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Evolução da umidade, temperatura e velocidade de secagem ao longo do tempo.....	7
Figura 2.2 - Velocidade relativa das reações de deterioração em função da atividade de água. ....	10
Figura 2.3 - Isotermas de adsorção e dessorção formando o fenômeno histerese.....	11
Figura 2.4 - Zonas existentes nas isotermas de sorção. ....	12
Figura 2.5 - Estrutura química da clorofila a e b. ....	15
Figura 2.6 - Coordenadas cilíndricas referente a luminosidade, croma e ângulo do matiz ..	19
Figura 3.1 - Secador de leito fixo. ....	22
Figura 3.2 - Simplificação do processamento das folhas e do caule do coentro. ....	26
Figura 3.3 - Coordenadas cilíndricas de cor. ....	28
Figura 4.1 - Efeito da temperatura na secagem da folha e do caule do coentro, sem branqueamento.....	33
Figura 4.2 - Efeito da temperatura na secagem da folha e do caule do coentro, sem branqueamento.....	34
Figura 4.3 - Efeito da velocidade do ar na secagem da folha do coentro sem branqueamento. ....	35
Figura 4.4 - Efeito da velocidade do ar na secagem da folha do coentro com branqueamento.....	35
Figura 4.5 - Efeito da velocidade do ar na secagem do caule do coentro sem branqueamento.....	36
Figura 4.6 - Efeito da velocidade do ar na secagem do caule do coentro com branqueamento.....	36
Figura 4.7 - Efeito do branqueamento na secagem das folhas a velocidade do ar de secagem de $1,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . ....	37
Figura 4.8 - Efeito do branqueamento na secagem das folhas a velocidade do ar de secagem de $1,0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . ....	38
Figura 4.9 - Efeito do branqueamento na secagem do caule a velocidade do ar de secagem de $1,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . ....	39
Figura 4.10 - Efeito do branqueamento na secagem do caule a velocidade do ar de secagem de $1,0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ . ....	39

Figura 4.11 - Relação linear do <i>Def</i> das folhas em função do inverso da temperatura absoluta .....	45
Figura 4.12 - Relação linear do <i>Def</i> do caule em função do inverso da temperatura absoluta. .....	45
Figura 4.13 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratado, pela aplicação do modelo de Smith. ....	64
Figura 4.14 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratado, pela aplicação do modelo de Peleg.....	65
Figura 4.15 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratado, pela aplicação do modelo de Peleg.....	67
Figura 4.16 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratado, pela aplicação do modelo de Smith. ....	68

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 - Parâmetros dos modelos aplicados para representação da secagem da folha do coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de $1,5 \text{ m s}^{-1}$ . ....	40
Tabela 4.2 - Parâmetros dos modelos aplicados para a representação da secagem da folha do coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de $1,0 \text{ m s}^{-1}$ . ....	41
Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos aplicados para a representação da secagem do caule coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de $1,5 \text{ m s}^{-1}$ . ....	42
Tabela 4.4 - Parâmetros dos modelos aplicados para a representação da secagem do caule coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de $1,0 \text{ m s}^{-1}$ . ....	43
Tabela 4.5 - Coeficiente de difusividade efetiva ( $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ) obtido no processo de secagem das folhas e do caule do coentro nas temperaturas e velocidades estudadas. ....	44
Tabela 4.6 - Energia de ativação ( $\text{kJ mol}^{-1}$ ) para as folhas e caule, com e sem branqueamento, nas velocidades do ar de secagem estudadas. ....	46
Tabela 4.7 - Resultado das determinações físico-químicas da folha e do caule do coentro <i>in natura</i> , expressos em base seca e base úmida.. ....	47
Tabela 4.8 - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico das folhas do coentro, nas temperaturas de secagem estudadas. ....	49
Tabela 4.9 - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico do caule do coentro, nas temperaturas de secagem estudadas. ....	49
Tabela 4.10 - Valores médios do teor de ácido ascórbico, das folhas <i>in natura</i> e desidratadas nas temperaturas estudadas. ....	49
Tabela 4.11 - Valores médios do teor de ácido ascórbico do caule <i>in natura</i> e desidratado nas temperaturas estudadas. ....	50
Tabela 4.12 - Análise de variância dos valores médios de proteína bruta das folhas do coentro nas temperaturas de secagem estudadas. ....	51
Tabela 4.13 - Análise de variância dos valores médios da proteína bruta do caule do coentro nas temperaturas de secagem estudadas. ....	52
Tabela 4.14 - Valores médios do teor de proteína bruta das folhas <i>in natura</i> e desidratadas nas temperaturas de secagem estudadas. ....	52
Tabela 4.15 - Valores médios do teor de proteína bruta do caule <i>in natura</i> e desidratado nas temperaturas de secagem estudadas. ....	53
Tabela 4.16 - Análise de variância dos valores médios do teor de clorofila total das folhas do	

coentro desidratadas nas temperaturas estudadas. ....	53
Tabela 4.17 - Análise de variância dos valores médios de clorofila total do caule do coentro desidratado nas temperaturas estudadas. ....	54
Tabela 4.18 - Valores médios de clorofila total para as folhas <i>in natura</i> e desidratadas nas temperaturas estudadas. ....	54
Tabela 4.19 - Valores médios de clorofila total para o caule <i>in natura</i> e desidratado nas temperaturas estudadas. ....	55
Tabela 4.20 - Valores médios da luminosidade, croma e ângulo do matiz para as folhas do coentro <i>in natura</i> e desidratadas nas temperaturas estudadas. ....	55
Tabela 4.21 - Valores médios da luminosidade, croma e ângulo do matiz para o caule do coentro <i>in natura</i> e desidratado nas temperaturas estudadas. ....	56
Tabela 4.22 - Valores médios para o teor de ácido ascórbico das folhas e caule <i>in natura</i> , e desidratados com e sem branqueamento. ....	57
Tabela 4.23 - Valores médios para o teor de proteína bruta das folhas e caule <i>in natura</i> e desidratados com e sem branqueamento. ....	58
Tabela 4.24 - Valores médios para o teor de clorofila total, para as folhas e caule <i>in natura</i> e desidratados com e sem branqueamento. ....	59
Tabela 4.25 - Valores médios para a luminosidade, croma e ângulo do matiz para as folhas <i>in natura</i> e desidratadas com e sem branqueamento. ....	60
Tabela 4.26 - Valores médios para a luminosidade, croma e ângulo do matiz para caule <i>in natura</i> e desidratado com e sem branqueamento. ....	60
Tabela 4.27 - Valores experimentais de umidade de equilíbrio para as folhas de coentro desidratado. ....	61
Tabela 4.28 - Valores experimentais de umidade de equilíbrio para o caule de coentro desidratado. ....	61
Tabela 4.29 - Parâmetros dos modelos aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção das folhas desidratadas do coentro. ....	62
Tabela 4.30 - Parâmetros dos modelos aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção do caule do coentro desidratado. ....	66



**Dissertação:** Mini processamento e secagem de folhas e caule do coentro (*Coriandrum sativum*) var. verdão para a produção de extrato seco

**Autor:** Adriano Sant'Ana Silva

**Orientador:** Francisco de Assis Cardoso Almeida

## RESUMO

O coentro é uma hortaliça condimentar de uso difundido no Brasil e no mundo, sendo utilizado na indústria de alimentos e farmacêutica. No entanto esta hortaliça é bastante perecível, devido ao alto conteúdo de umidade, necessitando imediata conservação. No presente trabalho estudou-se a cinética de secagem das folhas e do caule do coentro *in natura*, com e sem branqueamento, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e velocidade do ar de secagem de 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>, sendo aplicado três modelos matemáticos para a representação das curvas de secagem. Avaliou-se também o efeito dessas temperaturas, bem como o efeito do branqueamento, na qualidade final do extrato seco das folhas e do caule, através das determinações de ácido ascórbico, proteína bruta, clorofila total e, dos parâmetros de cor, luminosidade, croma e ângulo do matiz e, ainda, as isotermas de adsorção de umidade, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C, em que foram aplicados cinco modelos matemáticos. Com relação a secagem, o modelo de Midilli & Kucuk é o que melhor representa as curvas de secagem, com  $R^2$  acima de 99% e menor desvio quadrático médio (*DQM*). O branqueamento aplicado às folhas não aumenta a velocidade de secagem desse produto, contudo efeito contrário é verificado na secagem do caule. As isotermas de adsorção de umidade das folhas e do caule do coentro foram bem representadas pelos modelos de Smith e de Peleg, com  $R^2$  maior que 99% e *DRM* inferior a 6%. Quanto ao efeito das temperaturas na qualidade final do extrato seco, constatam-se maiores perdas no teor de ácido ascórbico e de clorofila total, para as folhas e caule desidratados nas temperaturas de 70 e 80°C. O teor de proteína bruta das folhas apresenta maior redução a 80°C (14,77%), não tendo sido constatado diferença estatística com o caule para este constituinte nas temperaturas estudadas. O teor de ácido ascórbico e proteína bruta das folhas e do caule desidratados com branqueamento apresentam maior redução destes componentes e, a clorofila total menor redução. A tonalidade da cor das folhas desidratadas com branqueamento é degradada mais rapidamente que a do caule.

**Palavras-chave:** isotermas, branqueamento, efeito térmico



**Dissertation:** Mini processing and drying of leaves and stems of coriander (*Coriandrum sativum*) var. verdão for the production of dry extract

**Author:** Adriano Sant'Ana Silva

**Advisor:** Francisco de Assis Cardoso Almeida

## ABSTRACT

The coriander it is a season vegetable of spread out use in Brazil and the world, being used in the food industries and druggist. However, this vegetable is fairly perishable, because of the high moisture content, needing immediate conservation. In this work it was studied the drying kinetics of coriander leaves and stems *in natura*, with and without blanching as pretreatment, in the temperatures of 50, 60, 70 and 80°C and air flow of 1.0 and 1.5 m·s<sup>-1</sup>, being applied three mathematical models to represent the drying curves. Also it was assessed the temperatures effect, as well as the blanching effect, on the final quality of the dry extract of the leaves and stems, through the determinations of ascorbic acid, crude protein, total chlorophyll and color parameters, represented by, luminosity, chroma and hue and, even, the adsorption isotherms, in the temperatures of 20, 30, 40 and 50°C, where they had been applied five mathematical models. With respect of the drying, Midilli and Kucuk model is the best model to represent the drying curves, for the leaves and stems, blanched and unblanched, with  $R^2$  over 99% and lowest mean square deviation. The blanching applied to leaves it does not increase the drying velocity, however reverse effect is observed on the stem drying. The adsorption isotherms of coriander leaves and stems well are represented by the Smith and Peleg models, with  $R^2$  greater than 99% and mean relative deviation lesser than 6%. As regards the temperature effect on the final quality of dry extract, it is verified the greatest lost in ascorbic acid and chlorophyll content, for the dehydrated leaves and stems at 70 and 80°C. The crude protein content, for the leaves, shows the greatest reduction at 80°C (14.77%), not having been statistics difference to the stem between the studied temperatures. The ascorbic acid and crude protein content for leaves and stems dehydrated with blanching show the greatest reduction for these components and, the lowest reduction for the chlorophyll. The color of the dehydrated leaves with blanching it is degraded more quickly than the stem.

**Key words:** isotherms, blanching, thermal effect

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Coentro**

O coentro é uma hortaliça condimentar, pertencente à família das umbelíferas e, apresenta-se como uma fonte rica em vitamina C, pró-vitamina A, fibras, ferro e cálcio (LEAL & COSTA, 2003).

Originário do sul da Europa e do Oriente Médio, o coentro é popular nas cozinhas de vários países do mundo, e seu uso pode ser desde suas folhas, até o caule e suas raízes. O coentro é um arbusto que pode chegar até 60 cm de altura, possui flores brancas e róseas e folhas com aroma suave de anis, semelhante à da salsinha. Suas sementes têm sabor adocicado e um toque amargo que lembra o sabor da casca da laranja, sendo utilizada para aromatizar carnes, bolos, pães, etc. (DELAQUIS et al., 2002).

No Nordeste brasileiro o coentro é bastante adaptado ao clima quente e seco da região, sendo cultivado por pequenos produtores, em hortas domésticas e escolares, os quais não objetivam apenas a produção da massa verde, para ser comercializada em feiras livres e supermercados, mas também a produção de frutos e sementes, utilizados na indústria alimentícia, cosmética e para comercialização de sementes (OLIVEIRA et al., 2005).

Seu ciclo produtivo é precoce, de 45 a 60 dias, o que garante o retorno rápido do capital investido, aumentando a renda das famílias envolvidas na exploração desta hortaliça condimentar, possibilitando a utilização da mão-de-obra familiar ociosa, tornando-se uma espécie de notável alcance social (HAAG & MINAMI, 1998).

No Brasil o principal uso do coentro dar-se mediante o uso de suas folhas, no preparo e ornamentação de pratos típicos, e de seus frutos, erroneamente chamadas de sementes, que participam no preparo de carne, lingüiças, etc. Segundo BEZERRA NETO et al. (2004) o coentro apresenta aroma característico, participando do famoso molho “curry”, e, seus frutos secos, são utilizados na Europa e Estados Unidos, como condimento, no preparo de carne defumada, pães, licores. Contudo, grande parte do caule e da raiz do coentro, no Brasil, são desprezados no preparo das refeições, chegando a representar mais de 40% em massa do molho do coentro comercializado.

De acordo com BLADE (1998) além de entrar no preparo do “curry”, o coentro também é utilizado na obtenção de óleos essenciais e oleoresina, que são produtos utilizados nas indústrias de alimentos, como flavorizantes, e nas indústrias farmacêuticas, mascarando sabores de outros constituintes, e no alívio de dores estomacais.

O coentro é uma erva aromática, e é tido como um valioso tempero pelo seu exótico flavor, e por apresentar propriedades carminativas e estimulantes, para o seu extrato, e propriedades anti-espasmódica (AHMED et al., 2004). Os mesmos autores ainda relatam aplicações na indústria de alimentos, como purê e pasta, destinado para as empresas de comida rápida (*fastfood*).

## 2.2. Secagem

A secagem, segundo OLIVEIRA (2005) é uma das operações mais complexas e menos entendida, devido à dificuldade e à deficiência da descrição matemática dos fenômenos envolvidos de transferência simultânea de calor, massa e quantidade de movimento no sólido.

KEEY (1972) define a secagem como sendo a remoção de uma substância volátil (comumente, mas não exclusivamente, água) de um produto sólido, isto é, a operação na qual a atividade de água do alimento é diminuída pela remoção da água, através da vaporização.

Na indústria alimentícia, a secagem tem por finalidade a redução do conteúdo de umidade a níveis em que o desenvolvimento microbiano e as reações químicas de deterioração sejam reduzidos a quase zero, além disso, a secagem tem a vantagem de facilitar a conservação dos alimentos, prolongar a vida útil, reduzir substancialmente o volume do produto, facilitar e reduzir o custo do transporte, promover a estabilização físico-química, e agregar valor econômico ao produto final (AKPINAR et al., 2003).

A secagem de produtos alimentícios pode ser realizada mediante o emprego de diversos métodos, contudo, de maneira geral, este processo ocorre ou por secagem artificial, ou secagem natural.

Durante a secagem de produtos alimentícios, para que ocorra a evaporação da água contida nestes produtos, é necessário que a umidade presente no seu interior se movimente até a sua superfície, e os mecanismos que regem a migração da umidade do interior do produtos, de acordo com ALONSO (2001), podem ser:

- O movimento de água líquida sob o efeito das forças de gravidade, que é desprezível nos processos de secagem de produtos biológicos;
- A migração capilar da água líquida sob a ação da tensão superficial;
- A difusão de água líquida sob o efeito de um gradiente de umidade, descrito pela lei de Fick.
- A difusão de água líquida adsorvida sobre as superfícies internas dos poros vazios;

- A difusão do vapor sob o efeito de um gradiente de pressão parcial de vapor de água;
- O escoamento de água sob o efeito de uma diferença de pressão total e, entre o interior e o exterior de produtos alimentícios;
- A migração líquida ou vapor sob efeito de um gradiente de temperatura.

Segundo AKPINAR et al. (2003) a secagem é definida como um processo de remoção de umidade devido à simultânea transferência de calor e massa. Essa evolução, ao longo da operação de secagem, faz com que esse processo seja dividido esquematicamente em três períodos distintos (Figura 2.1) (PARK et al., 2001a).

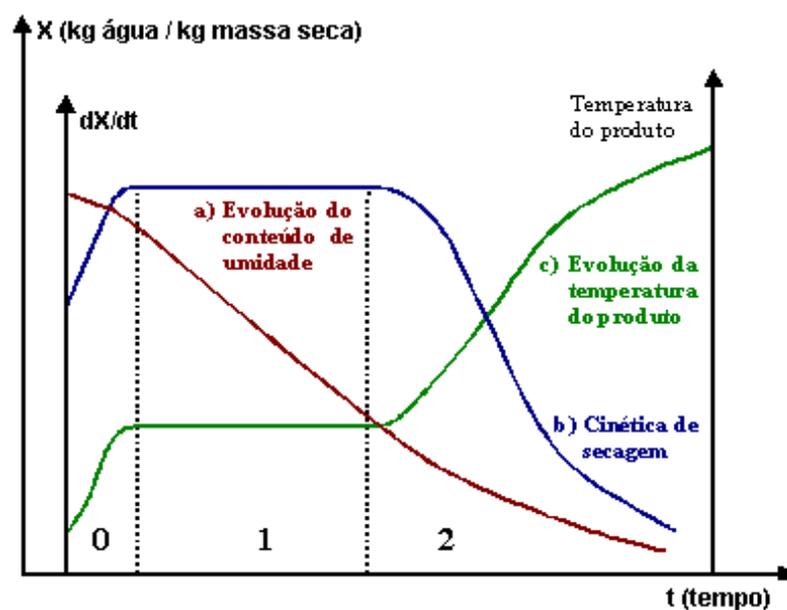


Figura 2.1. – Evolução da umidade, temperatura e velocidade de secagem ao longo do tempo (Fonte: PARK et al., 2001a).

- **Período 0 (Período de indução)** - A temperatura do sistema entre o ar e o produto é baixa, e a pressão parcial de vapor da água na superfície do produto é fraca, e conseqüentemente, a transferência de massa e a taxa de secagem também são fracas. Com a elevação da temperatura do produto ocorre um aumento de pressão e da taxa de secagem, sendo este fenômeno contínuo até que a transferência de calor compense exatamente a transferência de massa.
- **Período 1 (Período de taxa constante de secagem)** - A quantidade de água disponível dentro do produto é bem grande, e ao longo desse período a água evaporada da

superfície é considerada água livre, e a transferência de calor e massa são equivalentes, e, portanto, a velocidade de secagem é constante. Enquanto houver quantidade de água na superfície do produto para acompanhar a evaporação, a taxa de secagem será constante. Este período continua enquanto a migração de água do interior até a superfície do produto seja suficiente para acompanhar a perda por evaporação de água na superfície. Contudo para os materiais biológicos, é difícil a existência deste período, pois as condições operacionais de secagem são tais que as resistências de transferências de massa encontram-se essencialmente no interior do produto, o que faz a taxa de evaporação da superfície ao ambiente bem superior à taxa de reposição de umidade do interior à superfície do material.

- **Período 2 (Período de taxa decrescente)** - A quantidade de água presente na superfície do produto é menor, reduzindo-se, portanto, a transferência de massa, pois a mesma já não compensa mais a transferência de calor. O fator limitante durante essa fase é a redução da migração de umidade do interior para a superfície do produto, e, além disso, a temperatura do produto aumenta até atingir a temperatura do ar de secagem. Durante esse período, e especialmente para produtos biológicos, a secagem dar-se somente durante o período à taxa decrescente. ÖZDEMIR & DEVRES (1999) ao descreverem a secagem de avelã observaram que o processo ocorre a taxa decrescente, KROKIDA et al. (2003) e NSONZI & RAMASWAMY (1998) também verificaram maior predominância do período 2.

No decorrer do período de secagem à taxa decrescente, que é a única observada para produtos biológicos, a migração interna de água é quem fixa a cinética de secagem, e nesse período têm-se a teoria difusional e a teoria capilar, como as teorias utilizadas para a explicação da migração da umidade (BROD, 2003).

Considerando que a secagem dos produtos biológicos, de maneira geral, dar-se no período a taxa decrescente e, como principal mecanismo de migração de umidade a difusão, tem-se para a descrição desse período inúmeras equações matemáticas de camada fina propostas, sendo essas classificadas em três categorias: modelos teóricos, semi-empíricos e empíricos (AZZOUZ et al., 2002).

Segundo FORTES & OKOS (1981) os modelos teóricos levam em consideração somente a resistência interna do produto a transferência de umidade, enquanto os outros dois

tipos de modelos somente a resistência externa a transferência de umidade entre o produto e o ar de secagem.

O principal modelo teórico utilizado é a solução analítica da equação da segunda lei de difusão de Fick, proposta por CRANK (1975), em que o autor aplica soluções analíticas para diferentes formas geométricas, das quais pode-se citar: placa plana, cilindro, esfera e cubo.

Os modelos semi-teóricos oferecem uma relação entre a teoria e a fácil aplicabilidade, contudo estes modelos são, geralmente, derivados de uma simplificação ou modificação das soluções analíticas da equação da segunda lei de Fick (FORTES & OKOS, 1981). Dentre estes modelos de camada fina pode-se citar os modelos de Henderson e Pabis, Lewis, Doistermos, e o mais utilizado e conhecido da literatura, o modelo de Page.

De acordo com OZDEMIR & DEVRES (1999), os modelos teóricos derivam diretamente da relação entre o conteúdo de umidade e o tempo de secagem, sendo nestes modelos desprezados os fundamentos do processo de secagem, além disso, os parâmetros existentes não possuem significado físico. Dentre estes modelos pode-se citar os de Thompson e Wang e Singh.

O aspecto mais importante na tecnologia de secagem, é a modelagem matemática do processo de secagem e do equipamento, permitindo aos projetistas a escolha das melhores condições de operação e, assim, desenvolver o equipamento de secagem de acordo com as condições de secagem desejadas.

### **2.3. Atividade de água**

A água é, provavelmente, o fator individual que mais influi na alteração dos alimentos, afetando sua natureza física e suas propriedades. Este tipo de influência mútua é complicado, devido à interação entre a água e o meio em que se encontra o produto, o que envolve a estrutura física e a composição química dos diversos solutos incluindo polímeros e colóides ou partículas dispersas.

Segundo PARK et al. (2001b) é possível estabelecer uma relação estreita entre o teor de água livre no alimento e sua conservação, em que o teor de água livre é expresso pela atividade de água, dada pela relação entre a pressão de vapor de água em equilíbrio sobre o alimento e a pressão de vapor de água pura, à mesma temperatura.

Os valores para atividade de água variam de 0 (zero), para alimentos totalmente secos, até 1 (um), para alimentos com grande disponibilidade de água, tal como frutas, vegetais, carne fresca e leite (Figura 2.2). Para a maioria dos microrganismos o valor ótimo para o seu

desenvolvimento é para valores de atividade de água elevados (0,980 a 0,995), no entanto, para atividade de água até 0,6 pode ocorrer o desenvolvimento não só de microrganismos, mas também o crescimento de fungos, leveduras e a ocorrência de reações químicas indesejáveis.

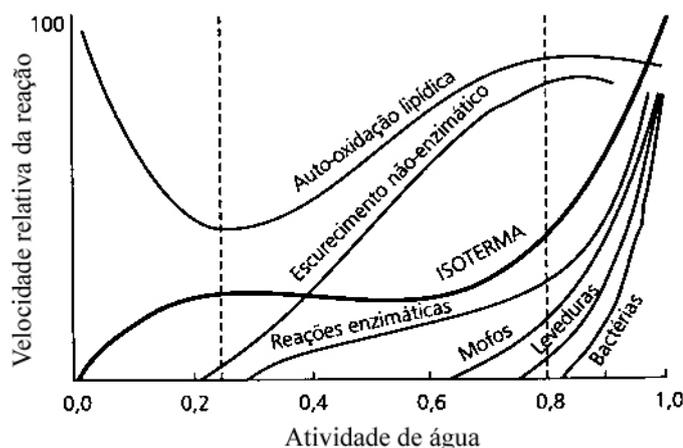


Figura 2.2 – Velocidade relativa das reações de deterioração em função da atividade de água (Fonte: ORDÓÑEZ, 2005).

Segundo LEWIS (1990) quase toda atividade de água microbiana é inibida, para valores de  $a_w$  abaixo de 0,6, contudo, reações de oxidação, escurecimento e atividade enzimática podem ocorrer a conteúdo de umidade baixos.

A determinação da atividade de água é uma das maneiras mais importantes no processamento e análise de materiais biológicos, devido a sua importância quanto à qualidade e estabilidade desses materiais.

#### 2.4. Isotermas de sorção

As isotermas de sorção de água são curvas de equilíbrio que relacionam a quantidade de água de um alimento com sua atividade de água para uma dada temperatura constante (LABUZA & HYMAN, 1998).

O conhecimento e o entendimento das isotermas de sorção de umidade para alimentos é de grande importância para a ciência e tecnologia de alimentos, fornecendo informações para o desenvolvimento e otimização de processos, para a solução de problema no armazenamento, para a modelagem das mudanças de umidade que ocorrem durante a secagem e, para a predição do tempo de vida útil (JAMALI et al., 2006).

Tendo que o procedimento mais habitual para a preservação da qualidade dos alimentos é a redução da atividade de água a níveis suficientemente baixos, para a inibição do crescimento microbiano, a obtenção das isotermas de sorção é essencial para se estabelecer os limites de umidade a partir dos quais pode-se inibir o crescimento microbiano e a produção de toxinas durante o armazenamento (CASTILLO et al., 2003).

O estudo das isotermas de sorção se caracteriza como uma ferramenta fundamental para o estudo dos alimentos do ponto de vista de suas propriedades físicas e das reações que levam a deterioração da cor, das vitaminas e a processos de oxidação, que ocorrem em função da atividade de água do que do conteúdo de umidade (SAPRU & LABUZA, 1996).

As isotermas de sorção podem ser obtidas através das isotermas de adsorção e dessorção, sendo esses dois tipos de isotermas diferentes entre si, ou seja, produzem a histerese (Figura 2.3).

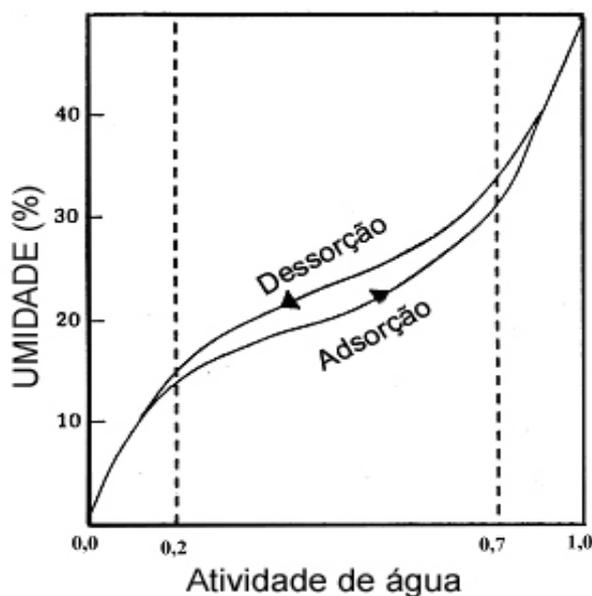


Figura 2.3 – Isotermas de adsorção e dessorção formando o fenômeno histerese (Fonte: BROD, 2003).

O efeito da histerese foi observado por diversos pesquisadores, dentre estes, ERTEKIN & SULTANOGLU (2001) ao estudarem as isotermas de sorção para pimenta e YAZDAMI et al. (2006) para o pistache.

De acordo com ORDÓÑEZ (2005) nas isotermas de sorção podem-se distinguir três zonas pouco delimitadas, que indicam a forma como a água está ligada aos alimentos (Figura 2.4):

- *Zona a*: nesta zona a água encontra-se mais fortemente ligada, em que é muito difícil de extrair, não é congelável e não se encontra disponível para atuar como solvente ou reativo;
- *Zona b*: compreende a água correspondente às camadas de hidratação dos constituintes solúveis, isto é, proteínas, sais, açúcares, etc. Encontra-se ligada por pontes de hidrogênio e interações dipolo-dipolo ou retida fisicamente em microcapilares;
- *Zona c*: representa a maior parte da água dos tecidos frescos, a qual se encontra menos ligada e mais móvel nos alimentos, embora o ponto de congelamento esteja um pouco reduzido.

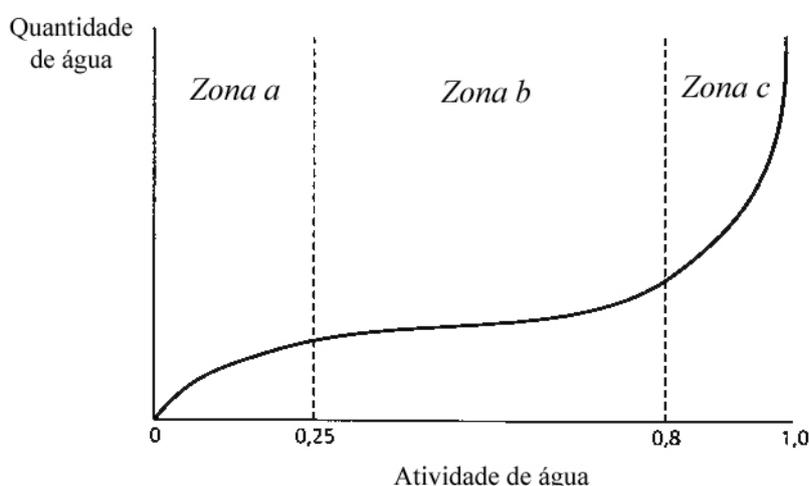


Figura 2.4 – Zonas existentes nas isotermas de sorção (Fonte: BROD, 2003).

Muitos modelos matemáticos foram propostos para a descrição do comportamento das isotermas de sorção, sendo esses classificados em três categorias (AL-MUHTASEB et al., 2004): modelos teóricos (GAB, BET), modelos semi-empíricos (Henderson, Halsey e Ferro-Fontan) e modelos empíricos (Smith, Oswin e Peleg). Os mesmos autores ainda relatam que o modelo de GAB é considerado como um dos mais versáteis para a representação do comportamento das isotermas de sorção

Segundo CAURIE (2006) o modelo de BET foi à primeira tentativa de formular uma teoria para descrever todos os tipos de isotermas na literatura, no entanto o mesmo autor relata que o modelo de BET somente descreve as isotermas do tipo I, II e III. De acordo com YAZDAMI et al. (2006) o modelo de Oswin é uma série matemática expandida para curvas com formato em S, em que esse modelo não considera o efeito da temperatura. Os mesmos

autores ainda reportam que o modelo de Halsey foi desenvolvido baseado na condensação da multicamada. O modelo de Peleg é empregado para ajustes de dados experimentais pelo fato desse modelo representar isotermas de sorção sigmoidais e não sigmoidais (PELEG, 1993).

PEÑA et al. (1997) afirmam que a maior vantagem da utilização de modelos matemáticos na predição de isotermas de adsorção de umidade, reside no fato de que com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma, a qual, por outro lado, pode ser facilmente interpolada ou extrapolada para a obtenção de pontos nas regiões de baixas e altas atividades de água, pontos esses de difícil determinação experimental.

## **2.5. Avaliações físicas e químicas**

Durante o processo de secagem, o qual os produtos biológicos são submetidos, pode ocorrer perda considerável nas propriedades físicas e químicas desses produtos. Segundo LIN et al. (1998), a aplicação de altas temperaturas e os longos períodos de tempo durante a secagem convectiva, requeridos para a remoção de água dos produtos biológicos, pode proporcionar perdas dos compostos aromáticos, da cor, dos nutrientes e da capacidade de reidratação.

Alterações nas características físicas e químicas durante o processo de secagem, são reportadas por SACILIK & UNAL (2005), ao estudarem a secagem de fatias de alho, em que observaram perdas de coloração, por SILVA et al. (2004), ao estudarem a secagem do camu-camu, os quais observaram redução no teor de ácido ascórbico com o aumento da temperatura, e por BAYSAL et al. (2003), que verificaram alterações na coloração e no teor de ácido ascórbico, ao estudarem os efeitos da secagem por microondas e por infravermelho na cenoura e no alho.

### **2.5.1. Ácido ascórbico**

Uma das mais importantes vitaminas presente nas frutas e vegetais, para a nutrição humana é a vitamina C, em que mais de 90% dessa vitamina, na dieta humana é proveniente de frutas e vegetais. Segundo LEE & KADER (2000) a vitamina C é definida com um termo genérico para todos os compostos apresentando a atividade biológica do ácido-L-ascórbico (AA). Os mesmos autores ainda relatam que o ácido ascórbico é a principal forma biologicamente ativa, contudo o ácido dehidro-L-ascórbico (ADHA), que é um produto

oxidado, também demonstra atividade biológica, onde esse produto oxidado pode ser facilmente revertido para AA no corpo humano.

Esta vitamina é necessária para a prevenção do escorbuto e para a manutenção da pele, gengivas e vasos sanguíneos, além disso, apresenta função na formação do colágeno, na absorção do ferro inorgânico, na redução dos níveis de colesterol no sangue, melhora o sistema imunológico e reduz a ação dos radicais livres.

No entanto, a vitamina C, é uma vitamina que durante os processos térmicos tende a decrescer, especialmente durante o processo de secagem. ERENTURK et al. (2005) relatam que o aumento da temperatura, a redução do pH, a oxidação catalisada pelo oxigênio e/ou íons metálicos (ferro e cobre), e o conteúdo de umidade inicial, como sendo os principais fatores responsáveis pela degradação da vitamina C.

No entanto, RIGHETTO (2003) afirma que o processo de degradação da vitamina C pode dar-se tanto por um processo aeróbico quanto por um anaeróbico. BLASCO et al. (2004) ao estudarem a cinética de degradação térmica do ácido ascórbico em cogumelos, observaram que durante o processo a degradação do ácido ascórbico foi quatro vezes maior para o estágio aeróbico em relação ao anaeróbico.

De acordo com COULTATE (2004), em tecidos vegetais, a degradação do ácido ascórbico também pode ser resultado da ação da enzima ácido ascórbico oxidase e da fenolase. Existem pelo menos quatro enzimas que ocorrem em frutas e vegetais responsáveis pela destruição oxidativa da vitamina C: ácido ascórbico oxidase, fenolase, citocromo oxidase e a peroxidase.

MAHARAJ & SANKAT (1996) reportam perdas na vitamina C por ação de enzimas oxidativas e por oxidação catalisada pelo oxigênio na secagem da folha de inhame. ZANONI et al. (1999) e OZKAN et al. (2005) observaram perda proveniente do aumento da temperatura, na secagem de tomate e espinafre, respectivamente.

### **2.5.2. Clorofila**

As clorofilas são os pigmentos naturais mais abundantes nas plantas e ocorrem nos cloroplastos das folhas e em outros tecidos vegetais (STREIT et al., 2005). Este tipo de pigmento pode ser formado por clorofilas a e b, presentes em vegetais superiores, algas verdes e algumas bactérias, por clorofila c, presente em feófitas e diatomáceas, e por clorofila d, em algas vermelhas (TAIZ & ZIEGLER, 2004).

As clorofilas são pigmentos verdes muito comuns em legumes e em várias frutas, e devido a sua cor e as propriedades físico-químicas, também são usadas como aditivos para produtos alimentícios.

Segundo AZEREDO et al. (2004) a cor conferida pela clorofila ou seus derivados é importante em alimentos como indicador de frescor e de grau de maturação. Os mesmos autores ainda relatam que durante o processamento, as clorofilas (de coloração verde-brilhante) podem sofrer transformações resultantes do tratamento térmico e/ou variações no pH.

MANGOS & BERGER (1997) relatam que as clorofilas são suscetíveis a muitas reações de degradação química e enzimática, e que ações simultâneas de enzimas, ácidos, oxigênio, luz, pH e calor podem levar a formação de um grande número de produtos indesejáveis.

O principal mecanismo de degradação da clorofila dar-se pela perda do íon magnésio, em que durante o processamento térmico e, especialmente sob altas temperaturas, ocorre a substituição do íon magnésio, no anel da clorofila (Figura 2.5), por dois íons de hidrogênio, convertendo os pigmentos verdes em pigmentos de cor verde oliva (WEEMAES et al., 1999).

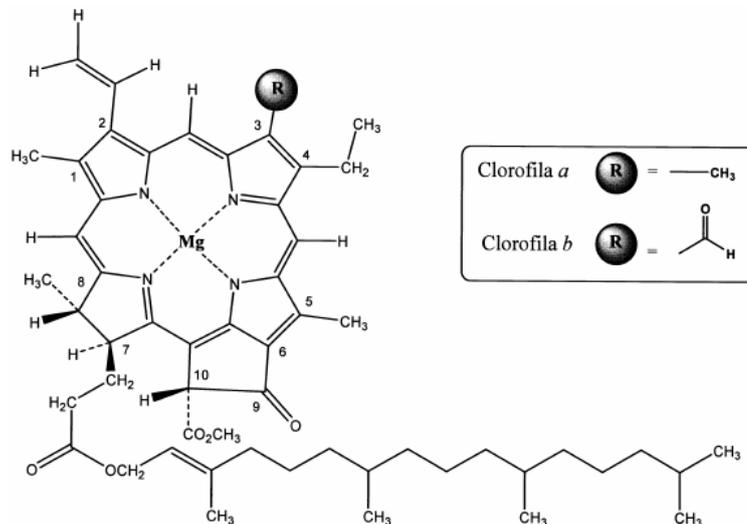


Figura 2.5 – Estrutura química da clorofila a e b (Fonte: STREIT et al., 2005).

COULTATE (2004) relata que a própria acidez contida nos vacúolos das células das plantas, torna difícil evitar a formação de feofitinas, especialmente durante períodos de aquecimento rigoroso. O mesmo autor ainda afirma que durante o processamento, a alcalinização do meio, mediante a aplicação de bicarbonato de sódio, pode minimizar essa perda, visto que a clorofila se degrada mais rapidamente em meio com pH ácido.

### 2.5.3. Proteína

A proteína cujo nome significa “primeiro” ou o “mais importante” é um componente básico de toda célula viva e funciona como enzima, componente estrutural e material de reserva (SARTORI, 2001).

As proteínas destacam-se na hierarquia bioquímica que mantém a homeostase do organismo vivo, não apenas por suas funções de sustentação de órgãos e tecidos, como por sua atuação como hormônios protéicos e enzimas, relacionadas a quase todas as etapas do metabolismo. Assim, entre os grupos de substâncias associadas à alimentação e nutrição, a carência de proteínas reflete-se mais intensamente sobre o equilíbrio dinâmico do metabolismo que outros grupos integrantes da alimentação de seres humanos e animais. Isto se apresenta mais evidente em estados de carência, que persistindo por certos períodos compromete o indivíduo levando a danos irreversíveis (AZEVEDO et al., 1997).

ORDÓÑEZ (2005) classifica as proteínas, de acordo com suas propriedades funcionais, em dois grandes grupos:

- Propriedades hidrodinâmicas: aquelas que dependem das interações das proteínas com a água, estando incluídas as propriedades nas quais as interações são majoritárias, como absorção e retenção de água, inchamento, adesão, dispersividade, solubilidade e viscosidade, além de outras, como geleificação, precipitação e formação de diferentes estruturas, como fibras e massas protéicas, nas quais a relação proteína-proteína é dominante, em detrimento das interações proteína-água.
- Propriedades ligadas a características de superfície: proteínas capazes de formar espumas, emulsões e proteínas relacionadas com a tensão superficial.

Durante tratamentos térmicos, como secagem, cozimento, branqueamento, as proteínas podem sofrer alterações nas cadeias laterais dos aminoácidos, acarretando na desnaturação da proteína, ou no caso do branqueamento, por lixiviação da proteína pela água utilizada. MURCIA et al. (1992), relatam que a degradação da proteína durante o branqueamento pode ser proveniente da desnaturação e solubilização dos compostos de nitrogênio.

CLEMENTE et al. (1998) reportam que o aquecimento pode decrescer certos aminoácidos, especialmente a lisina e cistina, os mesmos ainda afirmam que após o tratamento térmico a digestibilidade das proteínas de alguns vegetais é aumentada, provavelmente em decorrência da desnaturação protéica e da inativação de inibidores da protease.

WATADA et al. (1990) afirmam que processos físicos, tais como lavagem, branqueamento ou congelamento, podem levar ao rompimento das membranas dos cloroplastos, que se apresentam como uma fonte em potencial de proteína, resultando assim no aumento da permeabilidade da membrana, acarretando na mistura de outros componentes.

#### **2.5.4. Cor**

A cor é um atributo importante na comercialização das frutas e hortaliças, pois representa um importante papel na aparência e aceitabilidade dos alimentos, sendo o primeiro parâmetro a ser julgado no alimento pelo consumidor ao efetuar uma compra (AHMED et al., 2002). Este atributo também é utilizado na avaliação das colorações anormais, especialmente das associadas com a deterioração e desenvolvimento de fungos, sendo facilmente identificadas pelos consumidores (LÓPEZ et al., 1997).

A coloração nas frutas e nos vegetais é atribuída principalmente aos pigmentos de clorofilas, carotenóides e antocianinas, as quais são responsáveis pela coloração verde, vermelho-amarelado e vermelho para azul-púrpura, respectivamente (ARTÉS et al., 2002).

LOZANO & IBARZ (1997) relata que durante o processo de secagem, a temperatura e a umidade relativa afetam a coloração dos produtos desidratados, onde as principais alterações observadas durante este processo, podem ser ocasionadas por reações enzimáticas (polifenoloxidase e oxidase) e não enzimáticas (reação de Maillard), degradação dos pigmentos (clorofila, carotenóides), etc. Além disso, SEVERINI et al. (2005) e KROKIDA et al. (2001) relatam que diferentes métodos de secagem influenciam na alteração da tonalidade de cor dos alimentos.

De acordo com CHAVES (1994), a coloração dos alimentos é estudada pela colorimetria, que é a ciência que estuda e quantifica como o sistema humano percebe a cor, na tentativa de especificá-la numericamente.

GOOD (2004) relata que as aferições instrumentais são mais diretas e simples para representar do que os métodos visuais, eliminando as incertezas, sendo mais precisas e tomando menos tempo. O mesmo autor ainda reporta que são utilizados três métodos instrumentais para a aferição da cor dos insumos na indústria de alimentos e dos alimentos propriamente dito:

- Colorímetro monocromático – este método não mede a cor do alimento, mas sim a quantidade de luz refletida em uma área estreita na região de cor do vermelho, verde e amarelo. No entanto as leituras fornecidas não são precisas na aferição da cor.
- Colorímetro tristímulos – esse método analisa largas áreas da amostra, obtendo medidas da cor e correlacionando ao que os olhos humanos vêem. Devido a grande área de visão o colorímetro tristímulos é excelente para medidas de amostras grosseiras, tais como biscoitos, crackers, cereais matinais, alguns produtos extrusados, massas, etc.
- Espectrofotômetro colorimétrico – esse método aferi a cor do produto usando um sistema de medição um pouco diferente do colorímetro tristímulos. A medida por este método é mais precisa do que o colorímetro tristímulos, no entanto a área que abrange na amostra é pequena, sendo indicado para a aferição da cor de arroz, farinhas, trigo, temperos, amido, etc.

Na indústria alimentícia o método mais comumente utilizado é a colorimetria tristímulos, para a predição de alterações químicas e na qualidade do alimento (KROKIDA et al., 1998).

As escalas de cor mais utilizadas na indústria de alimentos são a escala Hunter e o sistema CIE, baseados na luminosidade ( $L^*$ ), na variação do verde para o vermelho ( $a^*$ ) e na variação do azul para o amarelo ( $b^*$ ). Essas três escalas dimensionais são baseadas na teoria de que as cores azul, verde e vermelho, ao serem captadas pelo olho humano, são misturadas formando cores opostas (preto-branco, verde-vermelho, azul-amarelo).

No espaço psicométrico CIELab (Figura 2.6) as cores são descritas pela luminosidade ( $L^*$ ), pela variação do verde ao vermelho ( $a^*$ ) e pela variação do azul ao amarelo ( $b^*$ ); a cor também pode ser representada pelas coordenadas cilíndricas de luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $C$ ) e ângulo do matiz ( $h^\circ$ ).

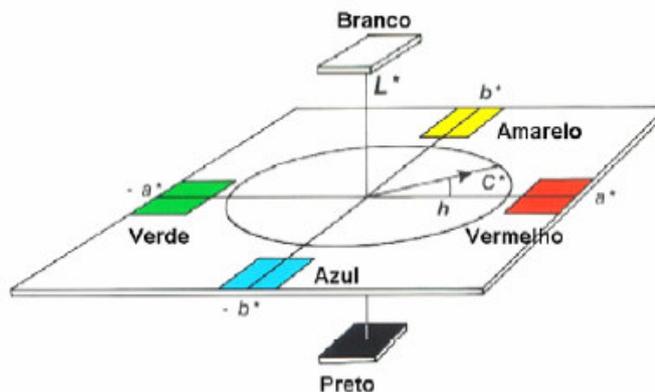


Figura 2.6 – Coordenadas cilíndricas referente à luminosidade, croma e ângulo do matiz (Fonte: HUNTERLAB, 2005).

Segundo GOOD (2003), os métodos e os equipamentos utilizados para aferição da cor baseiam-se também nas características óticas do produto, os quais podem ser classificados em:

- Alimentos opacos – são vistos completamente pela luz refletida, estando incluído nesse grupo as frutas, vegetais, carnes, queijos, biscoitos, etc.
- Alimentos translúcidos – são vistos parcialmente pela luz transmitida e refletida e, estando incluído nesse grupo, sucos de frutas e geléias.
- Alimentos transparentes – são visto completamente pela luz transmitida, estando incluído nesse grupo bebidas como vinhos, refrigerantes, óleo vegetais, gelatinas, etc.

## 2.6. Pré-tratamentos

Os pré-tratamentos são etapas realizadas, que antecedem o início do processo de secagem, tendo por finalidade a conservação de atributos físicos (cor) e nutricionais, modificação física no produto, e, no caso da secagem, reduzir a resistência da superfície do produto ao transporte de água.

Segundo SUNJKA & RAGHAVAN (2004), os pré-tratamentos podem ser classificados em físicos e químicos. Os pré-tratamentos químicos consistem na imersão do produto em soluções químicas (geralmente soluções alcalinas ou soluções ácidas de oleato de ésteres) de concentração específica por um determinado tempo e, os pré-tratamentos físicos consistem na aplicação de operações mecânicas de descascamento, abrasão da superfície do

produto, furos na superfície, aplicação de pulsos elétricos, cortes em formato de cubo, placa ou cilindro, branqueamento.

De acordo com DOYMAZ (2004a) a taxa de secagem nas frutas e vegetais, pode ser aumentada pela remoção da resistência da superfície destas, através do uso de pré-tratamentos químicos, tais como, a imersão em soluções de ácido ascórbico, ácido cítrico e oleato de etila, ou pelo de uso de tratamentos físicos (branqueamento).

Quando corretamente aplicados, os pré-tratamentos corroboram na retenção dos componentes nutricionais e atributos sensoriais, mas o uso incorreto destes pode levar a perda da qualidade. Embora os pré-tratamentos visem à retenção da qualidade no produto desidratado, a aplicação destes pode levar a degradação de um atributo nutricional ou sensorial. Segundo LEWICKI et al. (2002) o cloreto de cálcio favorece fortemente a perda dos carotenóides, mas suprime completamente o escurecimento do produto.

Dentre os tratamentos aplicados antes do processo de secagem, destaca-se o branqueamento, que é utilizado geralmente para a prevenção de sabores indesejáveis e mudanças na coloração dos produtos, resultante de reações enzimáticas (ALVAREZ et al. 1995).

Segundo DANDAMRONGRAK et al. (2003), o branqueamento é um importante passo no processamento de frutas e vegetais, em que sua aplicação inibe a ação enzimática e aumenta a taxa de secagem.

O branqueamento pode ser realizado expondo-se os produtos a água quente, contendo ou não sais ou ácidos, a vapor superaquecido, a microondas por um determinado tempo (SEVERINI et al., 2005).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Os experimentos foram conduzidos no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA); no Laboratório de Transferência de Calor e Massa em Meios Porosos (LTCMMP) da Unidade Acadêmica de Engenharia Química, ambos da Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB e na Unidade de Pesquisa e Demonstração de Alimentos – UPEDA da Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, PB.

#### **3.1. Matéria prima**

Utilizou-se o coentro (*Coriandrum sativum* L.), variedade verdão, proveniente do município de Lagoa Seca, estado da Paraíba, adquiridos na Feira do Agricultor de Campina Grande, PB. O coentro ao ser recebido no LAPPA, foi previamente limpo e lavado em água corrente, para a remoção do excesso de terra, sendo posteriormente sanitizado, com uma solução de hipoclorito de sódio a 5 ppm por 10 minutos, e em seguida separado em folha e caule, removendo-se a raiz. As folhas e os caules cortados em pedaços de 5 cm foram, separadamente, acondicionados em sacos de polietileno, e em seguida colocados dentro de um refrigerador doméstico, onde permaneceram por no máximo três dias para o início dos experimentos.

#### **3.2. Desidratação**

A desidratação da folha e caule foi realizada em secador de leito fixo (Figura 3.1) nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e velocidades do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup> e 1,0m s<sup>-1</sup>.



Figura 3.1 - Secador de leito fixo.

Amostras de 20 g aproximadamente foram identificadas individualmente e distribuídas em cestos metálicos, com peso previamente conhecido. O conjunto (cesto + amostra) foi levado à câmara de secagem e a perda de água em função do tempo foi obtida por pesagens descontinuas do conjunto, em balança digital, com precisão de  $\pm 0,01$  g, até peso constante. Cada análise foi realizada em duplicata.

### 3.2.1. Modelos matemáticos

A análise do processo de secagem e a representação dos dados experimentais de secagem foram realizados utilizando-se os modelos semi-teóricos de Henderson e Pabis (HENDERSON & PABIS, 1961), Midilli e Kucuk (MIDILLI & KUCUK, 2002), Equação 1 e 2, respectivamente, e o modelo empírico Logarítmico (ÖZDEMIR & DEVRES, 1999), Equação 3, conforme descritos a continuação:

*Henderson e Pabis*

$$RU = \frac{U_{(t)} - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = a \exp(-kt) \quad (1)$$

em que:

$RU$  - razão de umidade (adimensional);

$U_0$  - umidade inicial (%b.s.);

$U_{(t)}$  - umidade variando com o tempo (%b.s.);

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (%b.s.);

$a$  - parâmetro do modelo;

$k$  - constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ );

$t$  - tempo da desidratação (min).

*Midilli e Kucuk*

$$RU = \frac{U_{(t)} - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = a \exp(-kt^n) + bt \quad (2)$$

em que:

$RU$  - razão de umidade (adimensional);

$U_0$  - umidade inicial (%b.s.);

$U_{(t)}$  - umidade variando com o tempo (%b.s.);

$U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (%b.s.);

$a, b, n$  - parâmetro do modelo;  
 $k$  - constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ );  
 $t$  - tempo da desidratação (min).

*Logarítmico*

$$RU = \frac{U_{(t)} - U_{eq}}{U_0 - U_{eq}} = a \exp(-kt) + c \quad (3)$$

em que:

$RU$  - razão de umidade (adimensional);  
 $U_0$  - umidade inicial (%b.s.);  
 $U_{(t)}$  - umidade variando com o tempo (%b.s.);  
 $U_{eq}$  - umidade de equilíbrio (%b.s.);  
 $a, c$  - parâmetro do modelo;  
 $k$  - constante de secagem ( $\text{min}^{-1}$ );  
 $t$  - tempo da desidratação (min).

Os modelos foram aplicados aos dados experimentais por regressões não-lineares, utilizando-se o programa computacional STATISTICA, versão 7.0 (2004). Como critério de avaliação, quanto a representatividade dos modelos, adotou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio ( $DQM$ ) (SACILIK & ELICIN, 2006; DOYMAZ, 2004b), Equação 4, em que quanto menor o valor do  $DQM$ , melhor o ajuste da equação.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum (RU_{pre} - RU_{exp})^2}{N}} \quad (4)$$

em que:

$RU_{pre}$  - razão de umidade predita pela equação;  
 $RU_{exp}$  - razão de umidade experimental;  
 $N$  - número de observações realizadas durante o experimento.

### 3.2.2. Coeficiente de difusividade efetiva

O coeficiente de difusividade efetiva ( $Def$ ) foi determinado utilizando-se a solução analítica da equação da segunda lei de Fick, para placa plana, Equação 5, onde esta assume que a migração da umidade dar-se somente por difusão, que o encolhimento é desprezível e a

temperatura e o coeficiente de difusividade, ao longo do tempo, são constantes (CRANK, 1975).

$$RU = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)} \exp \left[ - (2n+1)^2 \cdot \pi^2 \cdot D_{ef} \cdot \frac{t}{4L^2} \right] \quad (5)$$

em que:

$D_{ef}$  - coeficiente de difusividade efetiva ( $m^2 s^{-1}$ );

$L$  - espessura média (m) da amostra;

$t$  - tempo (seg);

$n$  - número de termos da série ( $n = 5$ ).

A espessura média obtida para as folhas e o caule do coentro foram 0,033 mm e 3,19 mm, respectivamente.

### 3.2.3. Energia de Ativação

Foi determinada pela equação de Arrhenius, Equação 6, onde esta relaciona a dependência da difusividade efetiva em função da temperatura.

$$D_{ef} = D_0 \exp \left( - \frac{Ea}{R \cdot T} \right) \quad (6)$$

em que:

$D_{ef}$  - coeficiente de difusividade efetiva ( $m^2 s^{-1}$ );

$D_0$  - fator pré-exponencial da equação Arrhenius ( $m^2 s^{-1}$ );

$Ea$  - energia de ativação ( $kJ \cdot mol^{-1}$ );

$R$  - constante universal dos gases ( $0,008314 kJ mol^{-1} K^{-1}$ )

$T$  - temperatura absoluta (K).

A energia de ativação foi obtida pela multiplicação da constante universal dos gases pelo coeficiente angular da equação linearizada de Arrhenius, pela aplicação do logaritmo neperiano na Equação 6, gerando o modelo abaixo (Equação 7)

$$y = b + ax \quad (7)$$

$$\ln(D_{ef}) = \ln(D_0) - \frac{Ea}{R} \frac{1}{T}$$

### 3.3. Avaliação da qualidade

O efeito da temperatura de secagem e do branqueamento, como pré-tratamento à secagem, na qualidade do extrato seco das folhas e do caule do coentro foram avaliados através das determinações químicas de ácido ascórbico, clorofila total, proteína bruta, e da determinação física da cor, expressa pelas coordenadas cilíndrica de luminosidade, croma e ângulo do matiz, sendo cada determinação realizada em quadruplicata.

O efeito da temperatura sobre a qualidade do extrato seco foi estudado para as folhas e o caule do coentro desidratados nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup>, enquanto que o efeito do branqueamento, sobre a qualidade do extrato seco das folhas e do caule do coentro, foi estudado para os mesmos desidratados a 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup>.

As folhas e o caule do coentro foram desidratados até umidade final média de 7,52% (b.s.), sendo em seguida triturados separadamente em moinho de facas. As amostras depois de trituradas foram embaladas em sacos de polietileno de alta densidade (PAD), seladas termicamente e envolvidos em papel laminado (Figura 3.2), visando diminuir a ação da luminosidade externa. Posteriormente estas foram acondicionadas em recipiente contendo sílica gel, por no máximo 5 dias.



Figura 3.2 – Simplificação do processamento das folhas e do caule do coentro.

#### 3.3.1. Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico se realizou segundo a metodologia da AOAC (1997) modificada por BENASSI & ANTUNES (1998), a qual utiliza como solução extratora, o ácido oxálico e se baseia na titulação da amostra, empregando-se o 2,6 diclorofenolindofenol sódio. Os resultados foram expressos em miligrama de ácido ascórbico por cem gramas de massa seca.

### 3.3.2. Clorofila total

Foi determinada pelo método de extração descrito por LINDER (1974) e quantificada pela equação proposta por LICHTENTHALER (1987), Equação 8, expresso em miligrama de clorofila por grama de massa seca.

$$CT = 7,05 \cdot A_{662} + 18,09 \cdot A_{645} \quad (8)$$

em que:

$CT$  - clorofila total na amostra ( $\text{mg g}^{-1}$ );

$A_{662}$  – absorvância no comprimento de onda de 662 nm;

$A_{645}$  – absorvância no comprimento de onda de 645 nm;

### 3.3.3. Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi determinado pelo método de Kjeldahl, descrito pelo INSTITUTO ADOLFO LUTZ (1985) e os resultados expressos em grama de proteína bruta por 100 g de massa seca. O fator de correção utilizado foi 6,25.

### 3.3.4. Cor

A cor das amostras de folha e caule, *in natura* e desidratados nas temperaturas estudadas, foram medidas em colorímetro Minolta, modelo CR 10, que fornece três parâmetros de cor (escala CIELab):  $L^*$  (luminosidade) que varia da cor branca (100) a preta (zero);  $a^*$  da cor verde ( $-a^*$ ) a vermelha ( $+a^*$ ) e  $b^*$  da cor azul ( $-b^*$ ) a amarela ( $+b^*$ ) de acordo com a Figura 3.3. As coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$  foram convertidas em coordenadas cilíndricas ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) (Equação 9), que é definido como o eixo circular da cor vermelha ( $h^\circ = 0^\circ$ ), amarelo ( $h^\circ = 90^\circ$ ), verde ( $h^\circ = 180^\circ$ ), azul ( $h^\circ = 270^\circ$ ) e púrpura ( $h^\circ = 360^\circ$ ); e croma ( $C$ ), definido como a saturação da cor, expresso pela Equação 10.

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (9)$$

O emprego desta metodologia exige que os valores de  $a^*$  e  $b^*$  quando presentes no segundo quadrante, o ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) deve ser somado ao ângulo de  $180^\circ$ , se no terceiro quadrante, deve ser somado a  $270^\circ$  e se no quarto a  $360^\circ$ .

$$C = \left( (a^*)^2 + (b^*)^2 \right)^{0,5} \quad (10)$$

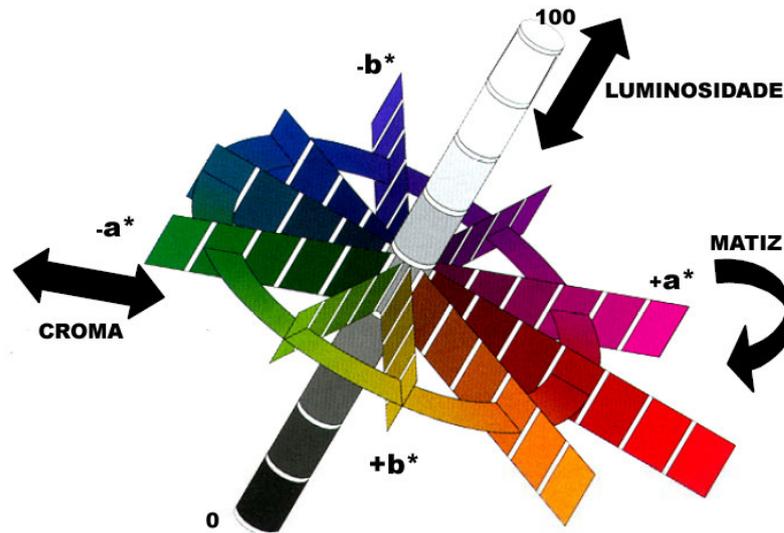


Figura 3.3 - Coordenadas cilíndricas de cor. (Fonte: HUNTERLAB, 2005)

### 3.4. Branqueamento

O branqueamento foi realizado em água destilada a  $90^\circ\text{C}$ , onde ao se atingir a temperatura desejada, as amostras foram imersas por trinta segundos, sendo imediatamente resfriadas em água corrente. Depois de branqueadas as folhas e o caule foram processados de acordo com o item 3.3.

### 3.5. Análises estatísticas

Os dados, determinados na avaliação da qualidade, foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade, utilizando-se o programa ASSISTAT, versão 7.2 beta (SILVA & AZEVEDO, 2002).

### 3.6. Isotermas de adsorção de umidade

Para a obtenção das isotermas de adsorção da folha e do caule do coentro desidratados utilizou-se o equipamento Termoconstanter Novasina TH200, o qual é projetado para a

medida da atividade de água à temperatura controlada. As isotermas de adsorção foram determinadas utilizando-se o método estático-indireto, baseado no estudo efetuado por CAPRISTE & ROTSTEIN (1982). As folhas e caules, sem branqueamento, foram desidratados na temperatura de 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5m s<sup>-1</sup>, sendo em seguida acondicionados de acordo com o item 3.3.

Pesou-se separadamente 1g das amostras de folha e de caule em cápsulas plásticas, que acompanham o aparelho, e o conjunto (cápsula + amostra) foi submetido a um ambiente saturado (dessecador com água destilada) para o processo de adsorção. Em intervalos descontínuos, as cápsulas plásticas, contendo as amostras, foram levadas ao equipamento Novasina para a determinação da atividade da água nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C; onde permaneciam até estabilização das leituras, para então, serem retiradas e pesadas em uma balança analítica, sendo retornadas novamente para o ambiente saturado. A sucessão dessas leituras indica os pontos da curva da isoterma de adsorção da folha e do caule desidratados. Posteriormente à determinação desses pontos, as amostras foram levadas à estufa sem circulação de ar, a 70°C por 24 horas para determinação da massa seca e posteriormente da umidade de equilíbrio (Equação 11).

$$u_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} \quad (11)$$

em que:

$u_e$  - umidade de equilíbrio em base seca;

$m_e$  - massa da amostra quando atingido o equilíbrio (g);

$m_s$  - massa seca da amostra (g).

### **3.6.1. Modelos matemáticos**

Os dados experimentais foram submetidos aos modelos matemáticos de GAB, Oswin, Smith (LABUZA et al., 1985), BET (BRUNAUER et al., 1938), Peleg (PELEG, 1993) e Halsey (HALSEY, 1948) (Equações 12 a 17) por meio de regressões não-lineares, utilizando-se o programa STATISTICA, versão 7.0 (2004).

*GAB*

$$u_e = \frac{x_m Cka_w}{(1 - ka_w)(1 - ka_w + Cka_w)} \quad (12)$$

em que:

$u_e$  - umidade de equilíbrio (g água g de  $ms^{-1}$ );

$a_w$  - atividade de água;

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (g água g de  $ms^{-1}$ );

$C$  - constante de Guggenheim;

$k$  - fator de correção das propriedades da monocamada.

*BET*

$$u_e = \frac{(X_m C a_w)}{(1 - a_w)} \left[ \frac{1 - (n + 1)(a_w)^n + n(a_w)^{n+1}}{1 - (1 - C)a_w - C(a_w)^{n+1}} \right] \quad (13)$$

em que:

$u_e$  - umidade de equilíbrio (g água g de  $ms^{-1}$ );

$a_w$  - atividade de água;

$X_m$  - umidade na monocamada molecular (g água g de  $ms^{-1}$ );

$C$  - -constante de BET relacionada ao calor de sorção da monocamada molecular.

*Oswin*

$$u_e = a \left( \frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (14)$$

em que:

$a_w$  - atividade de água;

$a$  e  $b$  - parâmetros da equação;

$u_e$  - umidade de equilíbrio (g água g de  $ms^{-1}$ ).

*Peleg*

$$u_e = K_1 a_w^{n_1} + K_2 a_w^{n_2} \quad (15)$$

em que:

$u_e$  - umidade de equilíbrio (g água g de  $ms^{-1}$ );

$a_w$  - atividade de água;

$n_1$  e  $n_2$  - parâmetros da equação.

$K_1$  e  $K_2$  - parâmetros da equação;

*Halsey:*

$$u_e = \left( \frac{-a}{\ln(a_w)} \right)^{1/b} \quad (16)$$

em que:

$u_e$  = umidade de equilíbrio (g água g de ms<sup>-1</sup>);

$a_w$  = atividade de água;

$a$  e  $b$  = parâmetros da equação.

*Smith:*

$$u_e = a - b \ln(1 - a_w) \quad (17)$$

em que:

$u_e$  - umidade de equilíbrio (g água g de ms<sup>-1</sup>);

$a_w$  - atividade de água.

$a$  e  $b$  - parâmetros da equação;

Como critério para determinação dos modelos, que melhor representam os dados experimentais, utilizou-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio relativo médio ( $DRM$ ), calculado pela Equação 18.

$$DRM = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{(u_{e_{exp}} - u_{e_{teor}})}{u_{e_{exp}}} \right| \quad (18)$$

em que:

$DRM$  – desvio relativo médio (%);

$u_{e_{exp}}$  - valores obtidos experimentalmente;

$u_{e_{teor}}$  - valores preditos pelo modelo;

$n$  - número de observações realizadas.

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Cinética de secagem

A representação gráfica da cinética de secagem da folha e do caule do coentro, com e sem branqueamento, nas temperaturas e velocidades do ar de secagem estudadas, indicam perda de umidade em função do tempo de secagem (Figura 4.1 e 4.2).

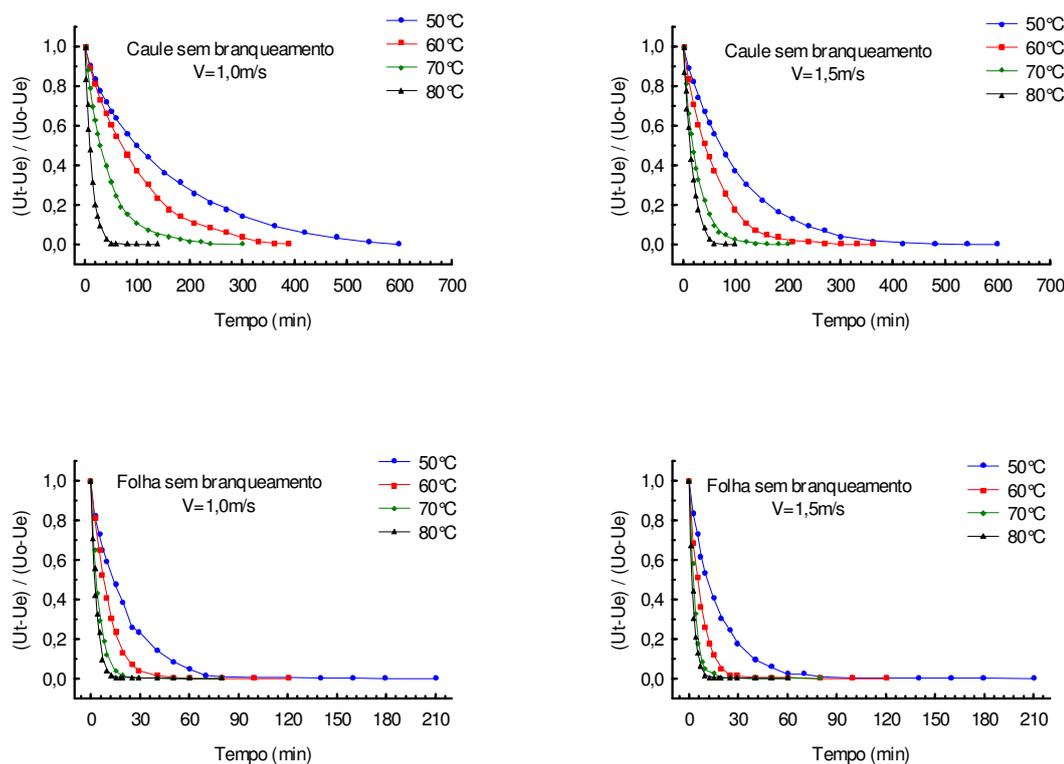


Figura 4.1 - Efeito da temperatura na secagem da folha e do caule do coentro, sem branqueamento.

Verifica-se ainda nessas figuras que o processo de secagem da folha e do caule ocorre exclusivamente à taxa decrescente, e este comportamento leva a considerar a difusão como sendo o principal mecanismo de migração da umidade no processo de secagem da folha e do caule do coentro. Comportamento análogo também foi observado por SILVA et al. (2005), ao estudarem a cinética de secagem das folhas do coentro em camada espessa e por KROKIDA et al. (2003), ao avaliarem a secagem de diversas hortaliças. Além disso, o aumento da temperatura conduz a diminuição do tempo do processo, e ao aumento da taxa de secagem; comportamento semelhante é descrito por DOYMAZ (2005), ao estudar a cinética de secagem

das folhas de hortelã, e igualmente, por GOUVEIA et al. (2002) ao estudarem a cinética de secagem do caju.

Os tempos médios, máximos e mínimos, requeridos para reduzir o teor de umidade de 86% b.u. das folhas do coentro, com e sem branqueamento, até teor de umidade média de 4% b.u., varia de 210 (50°C) a 60 (80°C) minutos e, do caule, com umidade inicial de 92% b.u., nas mesmas condições e para o mesmo teor de umidade final médio, varia de 600 (50°C) a 140 (80°C) minutos.

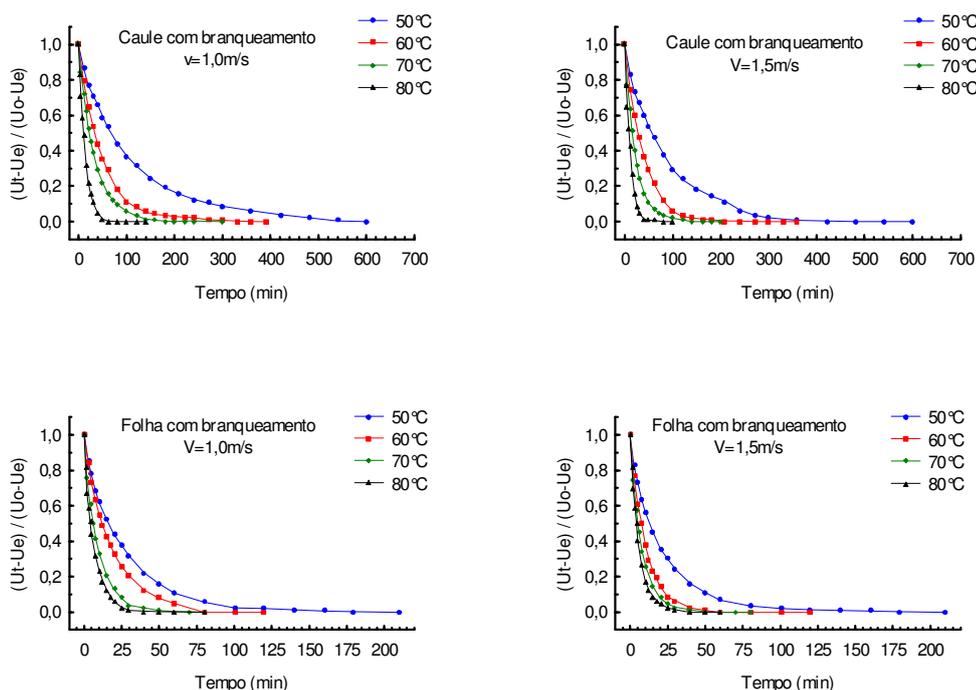


Figura 4.2 - Efeito da temperatura na secagem da folha e do caule do coentro, com branqueamento.

A representação gráfica do efeito da velocidade do ar no processo de secagem encontra-se nas Figuras de 4.3 a 4.6. Nestas figuras pode-se observar que as taxas de secagem da folha e do caule, com e sem branqueamento, aumentam com o aumento da velocidade do ar de secagem. Contudo, verifica-se que esse efeito é mais efetivo para o caule com e sem branqueamento, com tendência a diminuição à medida que se eleva a temperatura até 80°C, a ponto das curvas de secagem, para cada velocidade estudada, praticamente se igualarem.

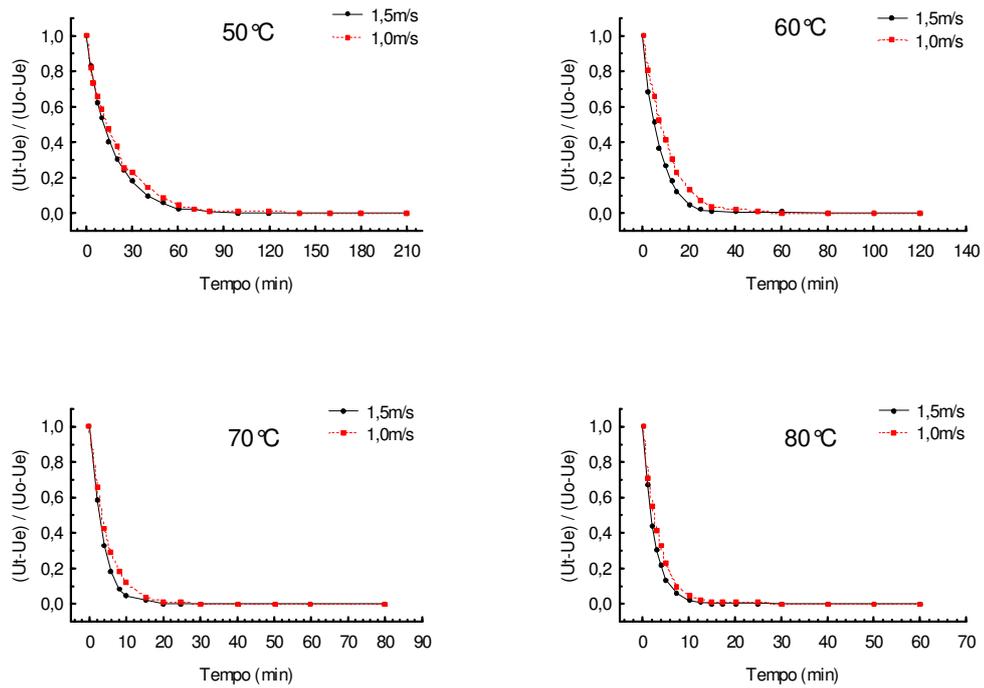


Figura 4.3 - Efeito da velocidade do ar na secagem da folha do coentro sem branqueamento.

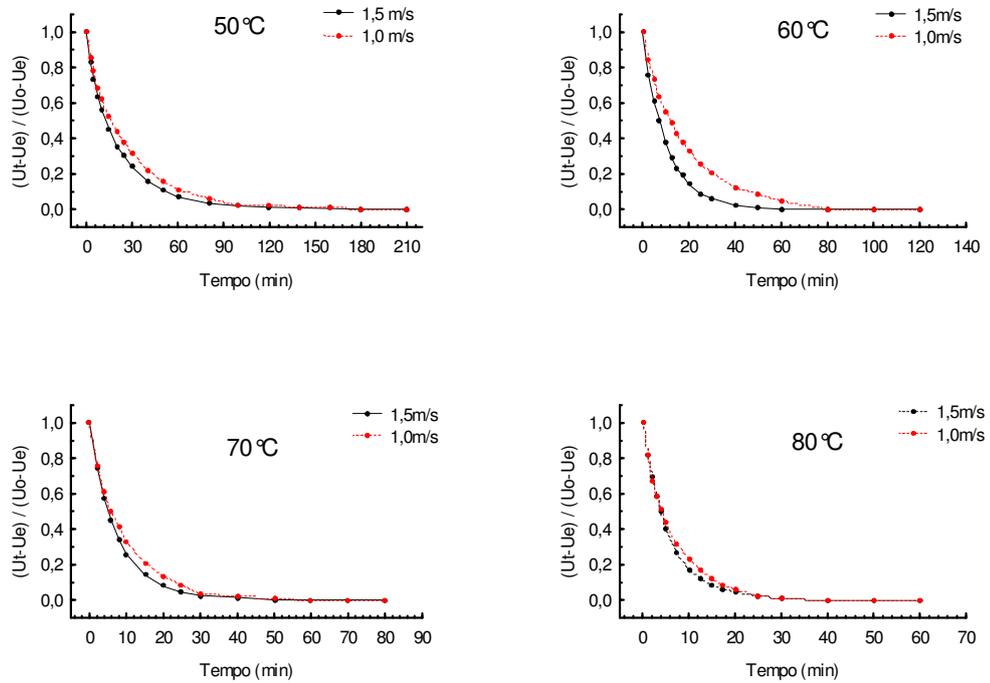


Figura 4.4 - Efeito da velocidade do ar na secagem da folha do coentro com branqueamento.

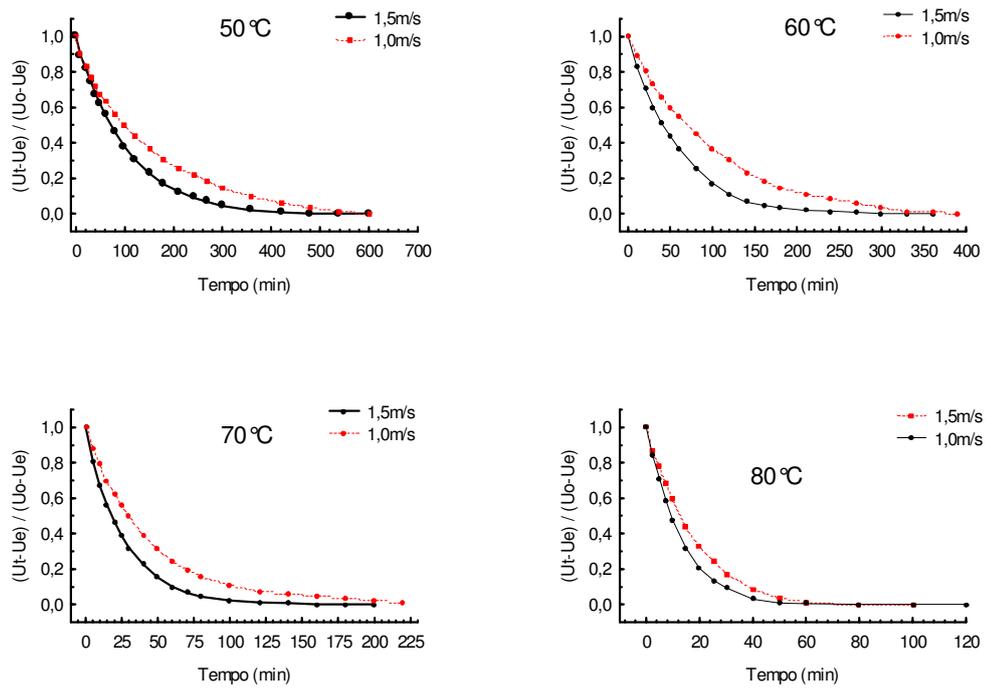


Figura 4.5 - Efeito da velocidade do ar na secagem do caule do coentro sem branqueamento.

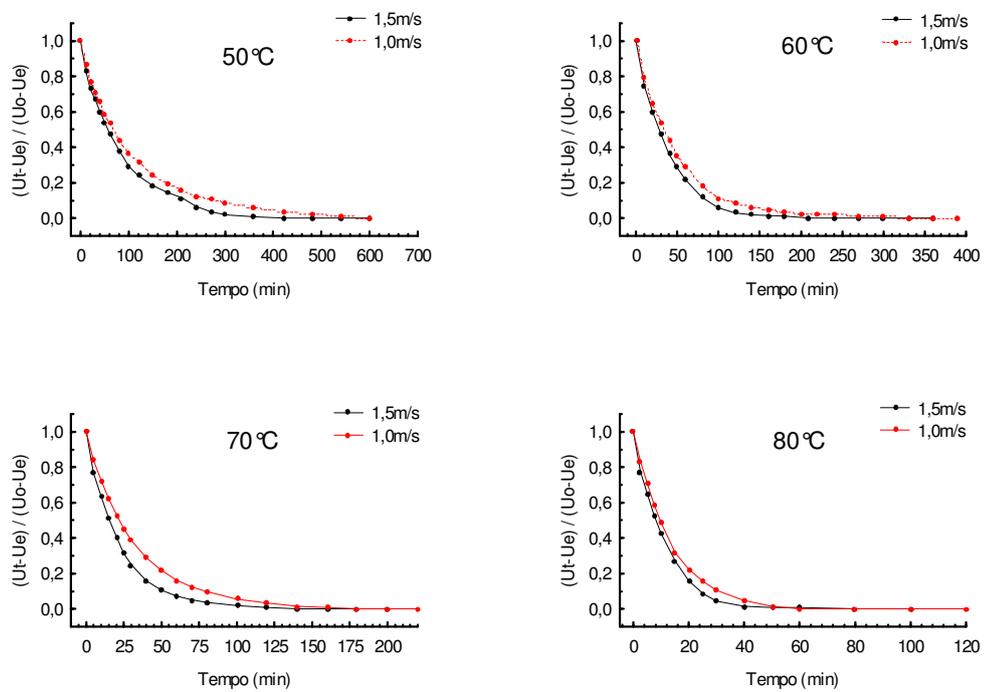


Figura 4.6 - Efeito da velocidade do ar na secagem do caule do coentro com branqueamento.

Resultados concordantes foram obtidos para cenoura por DOYMAZ (2004c) investigando o efeito da secagem para este produto nas temperaturas de 50 a 70°C e velocidades de ar de 1,0 e 0,5 m s<sup>-1</sup> e para o chá preto nas temperaturas entre 80°C a 120°C e velocidade do ar de 0,25 a 0,65 m s<sup>-1</sup> (PANCHARIYA et al., 2002).

O efeito do branqueamento no processo de secagem da folha do coentro para as temperaturas e velocidades do ar estudadas, encontram-se nas Figuras 4.7 e 4.8, onde se observa que esse pré-tratamento leva a diminuição da taxa de secagem e conseqüentemente ao aumento no tempo do processo.

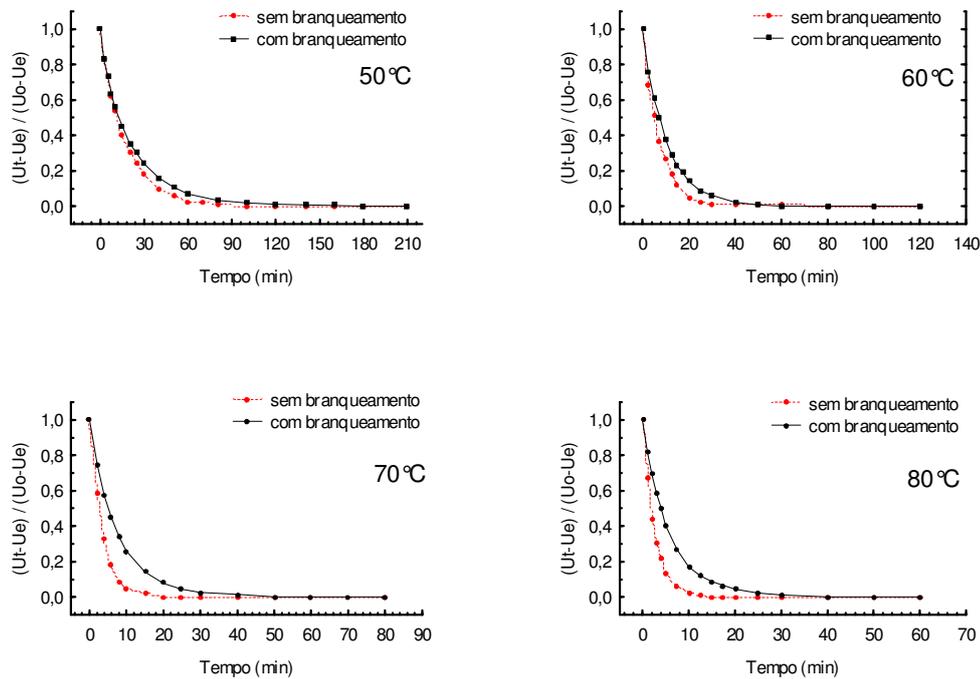


Figura 4.7 - Efeito do branqueamento na secagem das folhas à velocidade do ar de secagem de 1,5m·s<sup>-1</sup>.

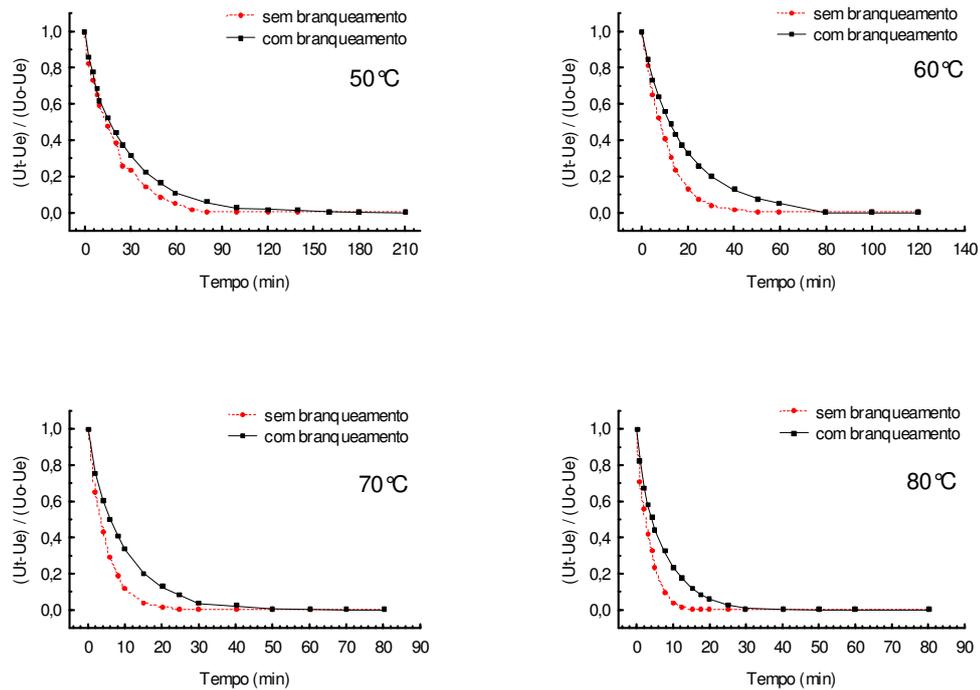


Figura 4.8 - Efeito do branqueamento na secagem das folhas à velocidade do ar de secagem de  $1,0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

A diminuição da taxa de secagem e o aumento do tempo de secagem são atribuídos, principalmente, ao processo de gelatinização da proteína presente nas folhas após a aplicação do branqueamento. Segundo ALZAMORA & CHIRIFE (1980), em alguns materiais biológicos, tal como a batata, pode haver uma diminuição da taxa de secagem em decorrência da gelatinização do amido, e, além disso, pode haver uma redução na porosidade (MATE et al., 1998). AHMED et al. (2001) ao estudarem a cinética de secagem das folhas do coentro, nas temperaturas de 40 a  $70^\circ\text{C}$ , também observaram diminuição na taxa de secagem ao aplicarem o branqueamento como pré-tratamento a secagem.

O branqueamento aplicado ao caule (Figura 4.9 e 4.10), nas temperaturas e velocidades do ar de secagem em estudo, acarreta no aumento da taxa de secagem e a posterior diminuição do tempo do processo, tal fato se deve principalmente às modificações causadas pelo branqueamento à parede celular do caule, visto que este tem por objetivo o cozimento parcialmente dos tecidos, tornando as membranas celulares mais permeáveis à transferência de umidade (AGUIRRE, 2002).

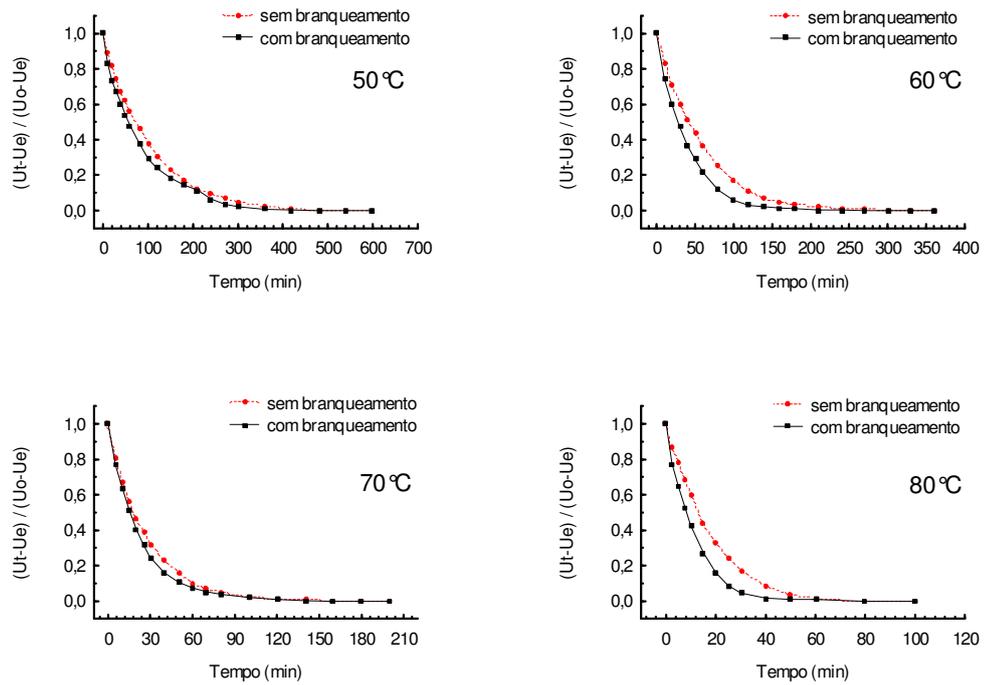


Figura 4.9 - Efeito do branqueamento na secagem do caule à velocidade do ar de secagem de  $1,5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

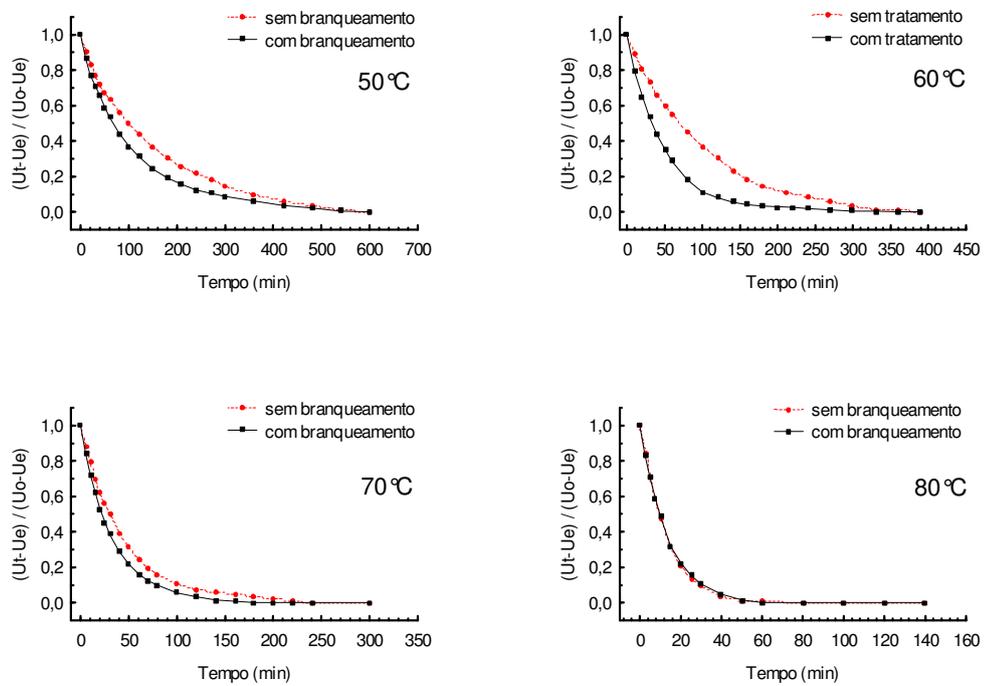


Figura 4.10 - Efeito do branqueamento na secagem do caule à velocidade do ar de secagem de  $1,0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Segundo NIETO et al. (2001), o branqueamento pode aumentar a taxa de secagem devido à eliminação da resistência da membrana celular à difusão da água, e por diminuir a resistência da parede celular ao fluxo da água.

O efeito do branqueamento quanto à redução da taxa e do tempo de secagem, encontra respaldo por vários pesquisadores, dentre eles, PAL & CHAKRAVERTY (1997), ao estudarem a secagem em camada fina do cogumelo e RAMESH et al. (2001), estudando os efeitos dos parâmetros do processo na secagem da páprica, com e sem branqueamento.

#### 4.2. Modelagem matemática do processo de secagem

Nas Tabelas 4.1 e 4.2 estão apresentados os parâmetros das equações aplicadas aos dados experimentais obtidos no processo de secagem das folhas do coentro, com e sem branqueamento, para as temperaturas e velocidades do ar de secagem estudadas.

Tabela 4.1 - Parâmetros dos modelos aplicados para representação da secagem da folha do coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ .

Amostras	Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros					$R^2(\%)$	DQM
			$a$	$k \text{ (min}^{-1}\text{)}$	$c$	$n$	$b$		
Folha sem branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9801	0,0585	-	-	-	99,93	0,0081
		60	0,9953	0,1371	-	-	-	99,86	0,0118
		70	1,0074	0,2855	-	-	-	99,91	0,0086
		80	0,9982	0,3939	-	-	-	99,98	0,0040
	Midilli & Kucuk	50	0,9965	0,0704	-	0,9421	-4,57E-06	99,97	0,0053
		60	0,9937	0,1344	-	1,0085	-4,93E-08	99,90	0,0091
		70	0,9995	0,2513	-	1,0827	3,24E-05	99,97	0,0061
		80	1,0009	0,4027	-	0,9822	2,85E-05	99,98	0,0041
	Logarítmico	50	0,9788	0,0598	0,0022	-	-	99,40	0,0080
		60	0,9966	0,1365	-0,0017	-	-	99,92	0,0091
		70	1,0079	0,2851	-0,0006	-	-	99,10	0,0086
		80	0,9966	0,3963	0,0021	-	-	99,80	0,0037
Folha com branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9499	0,0480	-	-	-	99,19	0,0278
		60	0,9917	0,0963	-	-	-	99,93	0,0078
		70	0,9876	0,1328	-	-	-	99,94	0,0072
		80	0,9828	0,1721	-	-	-	99,90	0,009
	Midilli & Kucuk	50	0,9976	0,0811	-	0,8451	2,46E-06	99,80	0,0040
		60	0,9958	0,1009	-	0,9825	-8,37E-06	99,93	0,0076
		70	1,0001	0,1522	-	0,9405	1,31E-05	99,99	0,0034
		80	0,9983	0,1938	-	0,9444	4,22E-05	99,95	0,0071
	Logarítmico	50	0,9043	0,0389	0,0075	-	-	99,21	0,0275
		60	0,9915	0,0963	0,0003	-	-	99,93	0,0078
		70	0,9840	0,1348	0,0055	-	-	99,95	0,0063
		80	0,9689	0,1543	0,0085	-	-	99,91	0,0098

Conforme os resultados contidos nas Tabelas 4.1 e 4.2 verifica-se que a constante de secagem  $k$  ( $\text{min}^{-1}$ ), para todos os modelos empregados, aumenta com o acréscimo da temperatura e velocidade do ar de secagem. Além disso, os valores de  $k$  para as amostras não branqueadas foram em média superiores aos valores de  $k$  para as amostras branqueadas, justificando o decréscimo da taxa de secagem e o maior tempo requerido para secar as amostras de folha branqueada.

Tabela 4.2 - Parâmetros dos modelos ajustados para a representação da secagem da folha coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de  $1,0 \text{ m s}^{-1}$ .

Amostras	Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros					$R^2$	DQM
			$a$	$k$ ( $\text{min}^{-1}$ )	$c$	$n$	$b$		
Folha sem branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9629	0,0499	-	-	-	99,79	0,0146
		60	1,0218	0,0953	-	-	-	99,79	0,0145
		70	0,9995	0,2107	-	-	-	99,99	0,0027
		80	0,9889	0,2921	-	-	-	99,89	0,0094
	Midilli & Kucuk	50	0,9808	0,0606	-	0,9381	-1,95E-05	99,83	0,0131
		60	0,9936	0,0670	-	1,1324	-1,56E-06	99,97	0,0057
		70	0,9994	0,2102	-	1,0014	7,08E-06	99,99	0,0027
		80	0,9921	0,2993	-	0,9839	-9,88E-06	99,90	0,0093
	Logarítmico	50	0,9634	0,0492	-0,0006	-	-	99,79	0,0146
		60	1,0281	0,0933	-0,0086	-	-	99,82	0,0135
		70	0,9996	0,2107	-0,0004	-	-	99,99	0,0027
		80	0,9999	0,3174	-0,0035	-	-	99,83	0,0094
Folha com branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9449	0,0379	-	-	-	99,71	0,0173
		60	0,9727	0,0592	-	-	-	99,80	0,0117
		70	0,9698	0,1078	-	-	-	99,80	0,0135
		80	0,9537	0,1483	-	-	-	99,60	0,0192
	Midilli & Kucuk	50	0,9932	0,0636	-	0,8560	-2,31E-05	99,96	0,0164
		60	0,9905	0,0728	-	0,9312	-9,37E-05	99,91	0,0116
		70	0,9958	0,1405	-	0,8534	-6,20E-05	99,957	0,0184
		80	0,9994	0,2071	-	0,8534	-6,19E-05	99,95	0,0001
	Logarítmico	50	0,9071	0,0367	0,0250	-	-	99,24	0,0272
		60	0,9710	0,0551	0,0051	-	-	99,87	0,0109
		70	0,9698	0,1216	0,0074	-	-	99,80	0,0135
		80	0,9302	0,1401	0,0214	-	-	99,59	0,0195

Verifica-se ainda, para todas as temperaturas e velocidades do ar empregadas no processo de secagem da folha do coentro, com e sem branqueamento, que os modelos de Henderson e Pabis, Midilli e Kucuk e o Logarítmico, representam os dados experimentais com coeficientes de determinação ( $R^2$ ) superiores a 99%. No entanto, dentre estes modelos empregados o modelo de Midilli e Kucuk pode ser considerado como o modelo que melhor

representa o processo de secagem das folhas, com e sem branqueamento, por apresentar, na maioria dos casos, o menor desvio quadrático médio (*DQM*), (Tabela 4.1 e 4.2).

AKPINAR (2005) ao estudar a cinética de secagem da maçã e da abóbora, a 60, 70 e 80°C, relatou previsões, com  $R^2$  acima de 95%, com os modelos de Henderson e Pabis e Midilli e Kucuk, sendo este último modelo com os melhores resultados. Resultado análogo foi obtido por GUNHAN et al. (2005), ao estudarem a secagem das folhas de louro a 40, 50 e 60°C, concluindo que o modelo Midilli e Kucuk representou os dados experimentais com coeficientes de determinação superiores a 98%.

Os parâmetros dos modelos aplicados aos dados experimentais obtidos no processo de secagem do caule do coentro, com e sem branqueamento, nas temperaturas e velocidades do ar estudadas se encontram nas Tabelas 4.3 e 4.4.

Tabela 4.3 - Parâmetros dos modelos ajustados para a representação da secagem do caule do coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de 1,5 m s<sup>-1</sup>.

Amostras	Equação	Temperatura (°C)	Parâmetros					$R^2$ (%)	<i>DQM</i>
			<i>a</i>	<i>k</i> (min <sup>-1</sup> )	<i>c</i>	<i>n</i>	<i>b</i>		
Caule sem branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9982	0,0098	-	-	-	99,98	0,0052
		60	1,0034	0,0172	-	-	-	99,96	0,0064
		70	0,9883	0,0423	-	-	-	99,94	0,0073
		80	1,0190	0,0574	-	-	-	99,79	0,0157
	Midilli & Kucuk	50	0,9927	0,0091	-	1,0129	-1,17E-05	99,99	0,0037
		60	0,9888	0,0138	-	1,0490	-1,25E-05	99,93	0,0085
		70	1,0019	0,0509	-	0,9471	2,75E-06	99,98	0,0041
		80	0,9908	0,0407	-	1,1051	-9,81E-05	99,96	0,0072
	Logarítmico	50	1,0033	0,0096	-0,0081	-	-	99,99	0,0035
		60	1,0093	0,0167	-0,0099	-	-	99,91	0,0092
		70	0,9849	0,0430	0,0058	-	-	99,95	0,0064
		80	1,0364	0,0541	-0,0241	-	-	99,89	0,0115
Caule com branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9549	0,0115	-	-	-	99,73	0,0161
		60	0,9936	0,0257	-	-	-	99,90	0,0094
		70	0,9889	0,0451	-	-	-	99,94	0,0074
		80	1,0124	0,1012	-	-	-	99,67	0,0187
	Midilli & Kucuk	50	0,9896	0,0312	-	0,7968	-1,88E-05	99,94	0,0070
		60	0,9902	0,0243	-	1,0132	-6,53E-06	99,90	0,0092
		70	0,9969	0,0504	-	0,9680	7,76E-06	99,95	0,0065
		80	0,9869	0,0781	-	1,0465	-2,71E-05	99,86	0,0122
	Logarítmico	50	0,9543	0,0115	0,0011	-	-	99,73	0,0160
		60	0,9959	0,0254	-0,0037	-	-	99,90	0,0090
		70	0,9863	0,0456	0,0042	-	-	99,95	0,0070
		80	1,0034	0,0871	-0,0076	-	-	99,85	0,0126

Tabela 4.4 - Parâmetros dos modelos ajustados para a representação da secagem do caule coentro, com e sem branqueamento, à velocidade do ar de  $1,0 \text{ m s}^{-1}$ .

Amostras	Modelo	Temperatura (°C)	Parâmetros					$R^2(\%)$	$DQM$
			$a$	$k (\text{min}^{-1})$	$c$	$n$	$b$		
Caulo sem branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9574	0,0065	-	-	-	99,73	0,0165
		60	1,0076	0,0125	-	-	-	99,88	0,0109
		70	0,9931	0,0230	-	-	-	99,88	0,0109
		80	1,0173	0,0772	-	-	-	99,91	0,0099
	Midilli & Kucuk	50	0,9957	0,0136	-	0,8504	-8,31E-05	99,99	0,0036
		60	0,9902	0,0098	-	1,0478	-2,64E-05	99,96	0,0067
		70	1,0016	0,0254	-	0,9772	2,50E-05	99,97	0,0056
		80	0,9972	0,0607	-	1,0839	-6,43E-06	99,99	0,0039
	Logarítmico	50	0,9625	0,0063	-0,0074	-	-	99,78	0,0150
		60	1,0181	0,0119	-0,0175	-	-	99,95	0,0075
		70	0,9875	0,0236	0,0095	-	-	99,94	0,0054
		80	1,0219	0,0759	-0,0066	-	-	99,92	0,0090
Caulo com branqueamento	Henderson & Pabis	50	0,9494	0,0091	-	-	-	99,65	0,0181
		60	0,9904	0,0208	-	-	-	99,93	0,0079
		70	0,9861	0,0305	-	-	-	99,96	0,0060
		80	1,0080	0,0743	-	-	-	99,95	0,0070
	Midilli & Kucuk	50	0,9970	0,0186	-	0,8585	-7,30E-06	99,95	0,0069
		60	0,9961	0,0224	-	0,9835	1,72E-05	99,95	0,0067
		70	1,0002	0,0368	-	0,9512	-2,93E-06	99,99	0,0029
		80	0,9971	0,0654	-	1,0439	-1,03E-05	99,98	0,0049
	Logarítmico	50	0,9370	0,0097	0,0220	-	-	99,76	0,0151
		60	0,9867	0,0212	0,0068	-	-	99,95	0,0065
		70	0,9840	0,0308	0,0037	-	-	99,97	0,0056
		80	1,0329	0,0775	-0,0117	-	-	99,94	0,0170

Verifica-se, conforme os dados contidos nas Tabelas 4.3 e 4.4, que o comportamento do caule é similar ao das folhas discutido anteriormente, em que a temperatura e a velocidade do ar de secagem influenciam na constante de secagem  $k$ , onde o aumento destes parâmetros reflete no aumento de  $k$ . Ademais, dentre os modelos ajustados aos dados experimentais, observa-se que os modelos de Henderson e Pabis, Midilli e Kucuk e Logarítmico, apresentam ajustes com  $R^2$  acima de 99%, no entanto o modelo de Midilli e Kucuk pode ser considerado como o modelo que melhor representa, na maioria dos casos, o processo de secagem do caule, com e sem branqueamento, por apresentar o menor valor para  $DQM$ .

### 4.3. Coeficiente de difusividade efetiva e energia de ativação

Nas Tabelas 4.5 e 4.6 encontram-se os valores referentes aos coeficientes de difusividade efetiva ( $Def$ ) obtidos para o processo de secagem das folhas e do caule do coentro, com e sem branqueamento, nas temperaturas e velocidades do ar estudadas.

Tabela 4.5 - Coeficiente de difusividade efetiva ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ) obtido no processo de secagem das folhas do coentro nas temperaturas e velocidades estudadas.

Temperatura (°C)	Folha							
	Sem branqueamento				Com branqueamento			
	$1,5m \cdot s^{-1}$	R(%)	$1,0m \cdot s^{-1}$	R(%)	$1,5m \cdot s^{-1}$	R(%)	$1,0m \cdot s^{-1}$	R(%)
50	$3,481 \times 10^{-13}$	99,042	$2,467 \times 10^{-13}$	99,186	$2,932 \times 10^{-13}$	99,902	$2,166 \times 10^{-13}$	99,586
60	$8,445 \times 10^{-13}$	99,207	$5,586 \times 10^{-13}$	99,433	$4,840 \times 10^{-13}$	99,560	$3,483 \times 10^{-13}$	99,481
70	$16,75 \times 10^{-13}$	99,087	$12,89 \times 10^{-13}$	99,371	$6,614 \times 10^{-13}$	99,666	$6,525 \times 10^{-13}$	99,194
80	$23,97 \times 10^{-13}$	99,079	$17,70 \times 10^{-13}$	97,616	$10,22 \times 10^{-13}$	98,873	$8,099 \times 10^{-13}$	98,951

Tabela 4.6 - Coeficiente de difusividade efetiva ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ) obtido no processo de secagem do caule do coentro nas temperaturas e velocidades estudadas.

Temperatura (°C)	Caule							
	Sem branqueamento				Com branqueamento			
	$1,5m \cdot s^{-1}$	R(%)	$1,0m \cdot s^{-1}$	R(%)	$1,5m \cdot s^{-1}$	R(%)	$1,0m \cdot s^{-1}$	R(%)
50	$4,274 \times 10^{-10}$	97,836	$3,870 \times 10^{-10}$	98,5760	$6,390 \times 10^{-10}$	99,870	$5,042 \times 10^{-10}$	99,2590
60	$9,273 \times 10^{-10}$	98,008	$6,646 \times 10^{-10}$	98,7050	$12,51 \times 10^{-10}$	99,261	$9,043 \times 10^{-10}$	99,8510
70	$20,47 \times 10^{-10}$	97,852	$12,10 \times 10^{-10}$	98,4080	$24,64 \times 10^{-10}$	99,457	$19,66 \times 10^{-10}$	99,5460
80	$35,49 \times 10^{-10}$	98,072	$33,19 \times 10^{-10}$	97,4720	$47,93 \times 10^{-10}$	98,902	$39,16 \times 10^{-10}$	98,9150

Mediante os resultados, verifica-se que a solução analítica da equação da difusão de Fick para placa plana, representa com exatidão o processo de secagem da folha e do caule do coentro, com e sem branqueamento, com  $R^2$  superior a 98% (Tabelas 4.5 e 4.6), e, além disso, observa-se que o  $Def$  é influenciado pela temperatura e velocidade do ar de secagem, em que o aumento destes parâmetros resulta no aumento do  $Def$ , estando estes resultados em conformidade com o observado por MADAMBA et al. (1996) ao estudarem a secagem em fatias de alho nas temperaturas de 50 a 90°C, encontraram valores para o  $Def$  que variaram de  $2,02 \times 10^{-10}$  a  $4,24 \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$ .

PARK et al. (1996) ao estudarem a cinética de secagem da cebolinha a 50, 60 e 70°C, com velocidade do ar de secagem de 0,5 e 1,0  $m s^{-1}$ , obtiveram aumento do  $Def$  ao elevarem a

temperatura e a velocidade do ar de secagem. Os mesmos autores encontraram valores para o  $Def$  de  $1,371 \times 10^{-11}$  a  $4,215 \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ .

Conforme os resultados obtidos nesse trabalho (Tabelas 4.5 e 4.6) tem-se que o  $Def$  obtido para a folha sem branqueamento é maior do que o com branqueamento, reforçando desta forma que a migração de umidade do interior das folhas branqueadas encontra maior resistência em relação as folhas não branqueadas. No entanto o caule sem branqueamento apresenta comportamento contrário ao verificado na folha sem branqueamento, ou seja, o  $Def$  do caule com branqueamento apresenta valor superior ao  $Def$  do caule sem branqueamento, o que justifica o aumento na taxa de secagem e a diminuição do tempo do processo para as amostras branqueadas.

Sobre o tema, os valores do  $Def$  encontrados para o caule com e sem branqueamento, se encontram na faixa ( $10^{-12}$  a  $10^{-8} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ ) dos referenciados por ZOGZAS et al. (1996) para alimentos, e os das folhas próximos a estes valores (Tabela 4.5).

A representação gráfica da relação linear do  $Def$  em função do inverso da temperatura absoluta ( $\ln(Def)$  versus  $T(K)^{-1}$ ) das folhas e do caule, com e sem branqueamento se encontra nas Figuras 4.11 e 4.12, representada pela equação de Arrhenius.

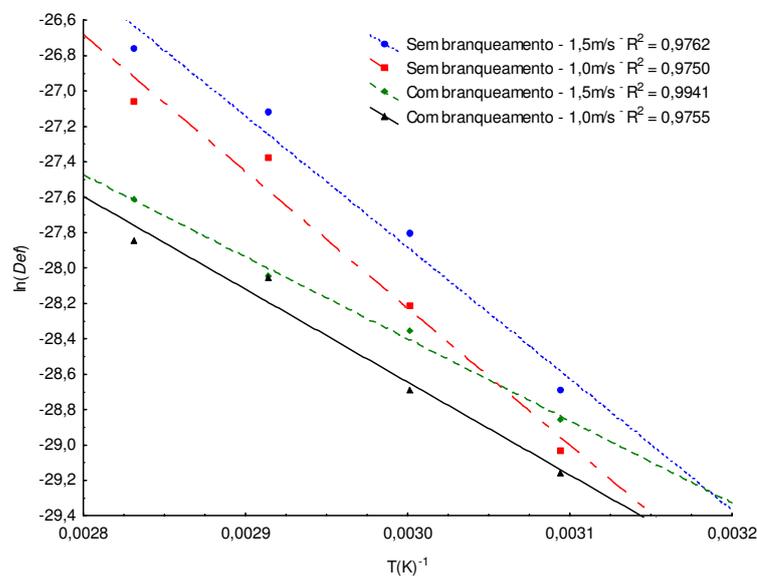


Figura 4.11 – Relação linear do  $Def$  das folhas em função do inverso da temperatura absoluta

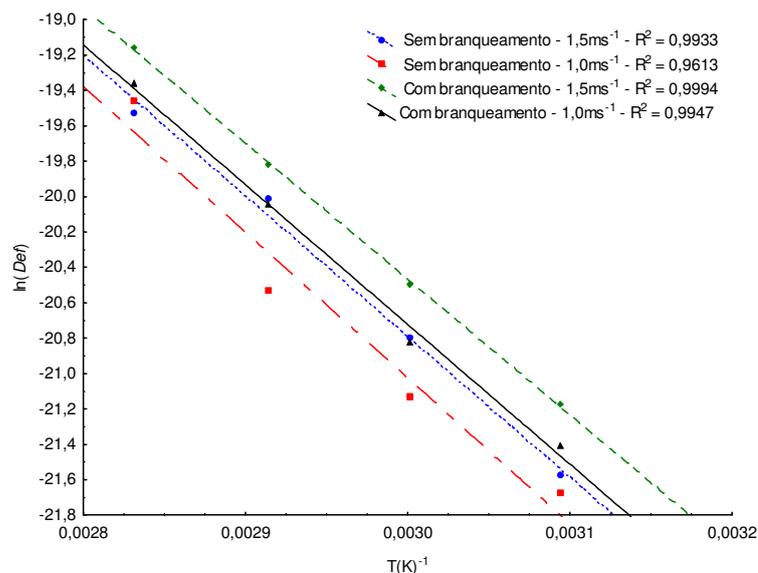


Figura 4.12 – Relação linear do *Def* do caule em função do inverso da temperatura absoluta

Os valores referentes à energia de ativação ( $E_a$ ), contidos na Tabela 4.6, para as folhas e caule do coentro, com e sem branqueamento, nas temperaturas e velocidades do ar de secagem estudadas, indicam menor valor da energia de ativação para a velocidade do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup>.

Tabela 4.6 - Energia de ativação (kJ·mol<sup>-1</sup>) para as folhas e caule, com e sem branqueamento, nas velocidades do ar de secagem estudadas.

Amostras		Velocidades (m s <sup>-1</sup> )	$E_a$ (kJ mol <sup>-1</sup> )
Folha	sem branqueamento	1,5	61,687
		1,0	64,274
	com branqueamento	1,5	38,526
		1,0	43,621
Caule	sem branqueamento	1,5	65,987
		1,0	68,428
	com branqueamento	1,5	63,757
		1,0	65,616

A  $E_a$  obtida na secagem das folhas sem branqueamento é superior a  $E_a$  para as folhas com branqueamento, comportamento similar foi observado com o caule. Todavia, a  $E_a$  do caule, com e sem branqueamento, é superior a  $E_a$  da folha. Os valores contidos na Tabela 4.6 encontram-se dentro dos valores avaliados por ZOGZAS et al. (1996), que varia de 12,7 a 110 kJ mol<sup>-1</sup>, para frutas e hortaliças. Para as folhas de hortelã PARK et al. (2002) trabalharam com temperaturas de 30, 40 e 50°C e velocidade do ar de secagem de 0,5 e 1,0 m s<sup>-1</sup>, tendo encontrado valores de  $E_a$  próximos (61,91 kJ mol<sup>-1</sup> e 69,52kJ mol<sup>-1</sup>) aos obtidos nesse

trabalho, igualmente DOYMAZ et al. (2005), obtiveram para salsa ( $43,92 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) e endro ( $35,05 \text{ kJ mol}^{-1}$ ) *Ea* nas temperaturas de 50 a  $70^\circ\text{C}$ , semelhante ao do presente trabalho.

#### 4.4. Caracterização físico-química da matéria-prima

Na Tabela 4.7 encontram-se os valores médios referente à composição físico-química da folha e do caule do coentro *in natura*.

Tabela 4.7 - Resultado das determinações físico-químicas da folha e do caule do coentro *in natura*, expressos em base seca e base úmida.

Determinações	Base úmida		Base seca	
	Folha	Caule	Folha	Caule
Umidade (%) <sup>1</sup>	86,53 B	91,71 A	642,39	1106,27
Ácido ascórbico ( $\text{mg}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) <sup>2</sup>	76,70 A	17,06 B	547,55	213,29
Proteína bruta ( $\text{g}\cdot 100\text{g}^{-1}$ ) <sup>3</sup>	4,59 A	0,89 B	32,77	11,16
Clorofila total ( $\text{mg}\cdot \text{g}^{-1}$ ) <sup>4</sup>	0,71 A	0,43 B	5,06	3,08
Cinzas (%) <sup>5</sup>	1,664 B	1,89 A	11,92	23,73
Luminosidade (L*) <sup>6</sup>	30,93 A	27,57 B	30,93	27,57
Croma (C) <sup>7</sup>	29,75 A	26,69 B	29,75	26,69
Ângulo do matiz (h°) <sup>8</sup>	104,73 A	104,04 A	104,73	104,04

<sup>1</sup>DMS=1,57; C.V.(%)=1,02; <sup>2</sup>DMS=12,60; C.V.(%)=1,91; <sup>3</sup>DMS=1,45; C.V.(%)=3,81; <sup>4</sup>DMS=0,03; C.V.(%)=0,41; <sup>5</sup>DMS=0,078; C.V.(%)=2,39; <sup>6</sup>DMS=1,305; C.V.(%)=2,57; <sup>7</sup>DMS=1,10; C.V.(%)=2,25; <sup>8</sup>DMS=1,40; C.V.(%)=0,77; DMS – Desvio médio significativo; C.V. – Coeficiente de variação.

Verifica-se que os valores médios da umidade da folha e do caule do coentro são estatisticamente diferentes, com maior valor correspondente para o caule (91,7% b.u.) e menor para a folha (86,5% b.u.). Observa-se também que o teor de ácido ascórbico (AA) da folha ( $75 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ) é estatisticamente superior ao AA do caule ( $17,06 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ ).

Os valores da umidade da folha e do caule encontram-se próximos ao determinado por YADAV & SEHGAL (2003), para as folhas de amaranto, fenogregó e espinafre, 85,53% b.u., 86,84% b.u. e 91,05% b.u., respectivamente, e o AA inferior aos determinados por SINGH et al. (2001), para as folhas de coentro, de  $98,1 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , e amaranto, de  $107,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . Observa-se ainda que o valor médio obtido para o AA do caule, de  $17,06 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ , está próximo ao determinado, pelos mesmos autores, para as folhas de hortelã,  $23,9 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ . De acordo por BRASIL (1998), o índice diário recomendado (IDR), para a ingestão de ácido

ascórbico, para um adulto, é de 60mg, desta forma verifica-se que a folha, conjuntamente com o caule do coentro, constitui-se em boa fonte dessa vitamina.

O teor médio de proteína bruta (PB) obtido para a folha foi de  $4,59 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , é superior estatisticamente ao obtido para o caule,  $0,89 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ . A PB obtida para as folhas encontra-se próximo ao determinado por BRASIL (2002),  $3,30 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , e por USDA (2005),  $2,13 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , para a folha do coentro. Além disso, verifica-se que o PB do caule,  $0,89 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , é inferior ao obtido para a folha do brócolis,  $47,2 \text{ g } 100\text{g}^{-1}$ , (MURCIA et al., 1999) e, para o amendoim verde,  $27,8 \text{ g } 100\text{g} \text{ de MS}^{-1}$  (ALMAZAN & BEGUM, 1996). Segundo BRASIL (1998) o índice recomendado diário de proteína por pessoa adulta é de 50g.

Observa-se ainda que o teor de clorofila total (CT) da folha é estatisticamente superior ao obtido do caule. A CT determinada para folha e caule, no presente trabalho, é menor que o obtido para a folha de coentro,  $2,60 \text{ mg g}^{-1}$ , por LOAIZA & CANTWELL (1997) e para o espinafre,  $9,31 \text{ mg g de MS}^{-1}$ , por KING et al. (2001). Contudo a CT obtido para a folha do coentro, se aproxima mais ao determinado por NEGI & ROY (2000) para folha de beterraba,  $1,16 \text{ mg g}^{-1}$ .

O percentual de cinzas obtido para folha é menor em relação ao caule, no entanto, o percentual de cinzas da folha (11,92% b.s.) e do caule (23,73% b.s.) são superiores ao obtido por PEREIRA et al. (2003), para folha de cenoura (10,5% b.s.) e por BOAVENTURA et al. (2000) para a folha da mandioca (6,86% b.s.).

Pode-se observar ainda que os valores da luminosidade e o croma, obtidos para as folhas são estatisticamente superiores aos do caule e, que o ângulo do matiz do caule e da folha *in natura*, são iguais estatisticamente, e desta forma tem-se que a tonalidade de cor da folha é mais intensa que a do caule.

#### 4.5. Efeito da temperatura na qualidade do extrato seco

O efeito da temperatura sobre a qualidade final do extrato seco da folha e do caule do coentro foi realizado para as amostras desidratadas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80°C e velocidade do ar de secagem de  $1,5 \text{ m s}^{-1}$ , sem a aplicação do branqueamento, sendo avaliado quanto ao teor de ácido ascórbico, clorofila total, proteína bruta e tonalidade de cor, expresso pelas coordenadas cilíndricas de luminosidade, croma e ângulo do matiz.

#### 4.5.1. Ácido ascórbico

Nas Tabelas 4.8 e 4.9 encontram-se as análises de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico (AA), das folhas e do caule do coentro desidratado, referente ao efeito das temperaturas de secagem estudadas.

Tabela 4.8 - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico das folhas do coentro, nas temperaturas de secagem estudadas.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	132000,72772	33000,18193	101,0053**
Resíduo	15	4900,7577	326,71718	
Total	19	136901,4855		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Tabela 4.9 - Análise de variância dos valores médios de ácido ascórbico do caule do coentro, nas temperaturas de secagem estudadas.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	5656,20737	14140,05184	603,8512**
Resíduo	15	351,24675	23,41645	
Total	19	56911,45412		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Na Tabela 4.10 encontram-se apresentados os valores médios para o teor de ácido ascórbico obtidos experimentalmente para as folhas do coentro *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas.

Tabela 4.10 - Valores médios do teor de ácido ascórbico, das folhas *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas.

Tratamento	Ácido Ascórbico (mg·100g de MS <sup>-1</sup> )
<i>in natura</i>	547,54 a
50°C	429,22 b
60°C	515,81 a
70°C	389,30 c
80°C	325,93 d

DMS=39,49; MG=441,56 mg·100g de MS<sup>-1</sup>; C.V.(%)=4,09

DMS - Diferença mínima significativa; C.V. - Coeficiente de variação.

Conforme os dados na Tabela 4.10, verifica-se que os valores médios do AA das folhas *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas, diferem significativamente entre si, e que de maneira geral, o AA das folhas desidratadas decresce com o aumento da temperatura. No entanto observa-se que a 50°C o AA é menor do que o obtido a 60°C, e esse

comportamento pode ser atribuído à alta atividade de água e à ação enzimática da fenolase e, principalmente, da enzima ácido ascórbico oxidase, que causa a oxidação direta do ácido ascórbico (RIGHETTO, 2003).

MAHARAJ & SANKAT (1996), verificaram decréscimo similar, na temperatura mais baixa, no teor de ácido ascórbico, ao estudarem os efeitos das temperaturas de secagem de 40 a 70°C nas folhas de inhame, e concluíram que tal comportamento se deve à ação de enzimas oxidativas e a oxidação do ácido ascórbico catalisada pelo oxigênio, devido ao prolongado tempo de secagem nessa temperatura.

Verifica-se ainda na Tabela 4.10 que o teor de ácido ascórbico nas temperaturas de secagem de 60 a 80°C decresce com o aumento da temperatura, sendo a maior redução a 80°C.

O decréscimo observado no AA com o aumento da temperatura se deve primeiramente à sensibilidade do ácido ascórbico a altas temperaturas e em segundo a oxidação promovida pelo oxigênio do ar de secagem, sendo esse resultado respaldado por GABAS et al. (2003) ao estudarem o efeito da temperatura de liofilização no teor de ácido ascórbico da ameixa, onde observaram redução no ácido ascórbico com o aumento da temperatura, e por BLASCO et al. (2004) ao estudarem a cinética de degradação do ácido ascórbico em cogumelos, a altas temperaturas e em curtos períodos controlados, em que a degradação do ácido ascórbico foi quatro vezes maior no estágio aeróbico em relação ao estágio anaeróbico.

Observa-se ainda na Tabela 4.10 que a 60°C ocorre a menor redução no AA em relação ao produto *in natura*, cerca de 5,8 %, seguido de 21,61%, 28,9% e 40,5%, para 50, 70 e 80°C, respectivamente.

Os valores médios referentes ao TAA do caule *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas estão apresentados na Tabela 4.11, onde se podem observar diferenças significativas entre todos os valores.

Tabela 4.11 - Valores médios do teor de ácido ascórbico do caule *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas.

Tratamento	Ácido Ascórbico (mg·100g de MS <sup>-1</sup> )
<i>in natura</i>	213,29 a
50°C	181,20 b
60°C	141,21 c
70°C	100,62 d
80°C	65,00 e

DMS=10,57; MG=140,41 mg·100g de MS<sup>-1</sup>; C.V.(%)=3,45

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Mediante os resultados (Tabela 4.11) verifica-se que de maneira similar as folhas, o AA do caule desidratado decresce significativamente com o aumento da temperatura, sendo a

redução a 50°C de 15,04%, seguido de 23,79%, 52,82% e 61,52%, para as temperaturas de 60, 70 e 80°C, respectivamente, com relação ao valor do caule *in natura*.

Esse resultado encontra-se em conformidade com o obtido por SHARMA & PRASAD (2006) e KHRAISHEH et al. (2004), ao estudarem a secagem do alho e de produtos amiláceos, respectivamente, ao observarem que o decréscimo no ácido ascórbico dar-se principalmente em função da temperatura.

Outro fato ao qual se pode atribuir o decréscimo do AA do caule em função da temperatura é a oxidação aeróbica do produto, causada pela maior área de contato do caule, em decorrência dos cortes realizados na preparação do mesmo. ERENTURK et al. (2005) ao estudarem o efeito da secagem sobre o ácido ascórbico, em frutos fatiados e não fatiados de rosa canina, a 50, 60, 70 e 80°C, concluíram que o aumento na área das amostras, em decorrência dos cortes realizados, favorece a diminuição do AA pela oxidação devido ao oxigênio e pela temperatura empregada no processo de secagem.

#### 4.5.2. Proteína bruta

Nas Tabelas 4.12 e 4.13 encontram-se as análises de variância dos valores médios do teor de proteína bruta (PB) das folhas e do caule do coentro, referente ao efeito das temperaturas de secagem estudadas.

Tabela 4.12 - Análise de variância dos valores médios de proteína bruta das folhas do coentro nas temperaturas de secagem estudadas.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	52,86617	13,21654	43,6005**
Resíduo	15	4,54692	0,30313	
Total	19	57,4131		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Tabela 4.13 - Análise de variância dos valores médios da proteína bruta do caule do coentro nas temperaturas de secagem estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	0,97278	0,2432	4,7668*
Resíduo	15	0,76528	0,05102	
Total	19	1,73806		

\* Significativo a 5% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F.

Os valores médios referentes ao teor de proteína bruta (PB) das folhas *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas encontram-se na Tabela 4.14, em que se observam diferenças estatísticas para a PB destas.

Tabela 4.14 - Valores médios do teor de proteína bruta das folhas *in natura* e desidratadas nas temperaturas de secagem estudadas.

Tratamento	Proteína bruta (g·100g de MS <sup>-1</sup> )
<i>in natura</i>	32,77 a
50°C	31,43 b
60°C	31,35 b
70°C	31,57 ab
80°C	27,93 c

DMS=1,20; MG=31,01 g·100g MS<sup>-1</sup>; C.V.(%)=1,78

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação.

Em análise a Tabela 4.14, verifica-se maior redução na PB das folhas a 80°C, cerca de 14,77%, e igualdade estatística entre as folhas *in natura* e desidratadas a 70°C, sendo esta última temperatura igual do ponto de vista estatístico às folhas desidratadas a 50 e 60°C. O decréscimo observado na PB das folhas desidratadas, e especialmente a 80°C, pode ser atribuído à desnaturação protéica, que dar-se pelo rompimento das forças que suportam o dobramento das cadeias polipeptídicas nos alimentos, em decorrência da aplicação de valores extremos de pH e também de altas temperaturas COULTATE (2004).

Decréscimo similar na PB é reportado por GUINÉ (2004), ao estudar a qualidade final da pêra desidratada, nas temperaturas de 30, 40 e 50°C, e por AZEVEDO (1997) ao analisar a qualidade do sorgo granífero, desidratado nas temperaturas de 45 a 75°C. Os mesmos autores também observaram maior redução na PB da pêra e do sorgo, respectivamente, nas temperaturas mais elevadas.

Encontram-se apresentados na Tabela 4.15 os valores médios do teor de proteína bruta obtidos para o caule do coentro *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas.

Tabela 4.15 - Valores médios do teor de proteína bruta do caule *in natura* e desidratado nas temperaturas de secagem estudadas.

Tratamento	Proteína bruta (g·100g de MS <sup>-1</sup> )
<i>in natura</i>	11,16 a
50°C	10,64 b
60°C	10,65 b
70°C	10,63 b
80°C	10,54 b

DMS=0,49; MG=10,73 g·100g MS<sup>-1</sup>; C.V.(%)=2,10

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação.

Conforme os resultados apresentados na Tabela 4.15, têm-se igualdade estatística para a PB nas temperaturas estudadas, sendo estes valores inferiores ao encontrado para a PB do caule do coentro *in natura*. Comportamento similar é observado na PB das folhas (Tabela 4.14), resultados que comungam com o obtido por CARNEIRO (2001), ao estudar a armazenagem e o efeito da temperatura de secagem na casca do maracujá amarelo, a 60, 70 e 80°C e velocidade do ar de secagem de 0,28 m·s<sup>-1</sup>, em que o aumento da temperatura não exerceu nenhuma influência na PB. Observa-se ainda na Tabela 4.15 que a redução média na PB foi mais marcante para a folha, cerca de 6,71%, em relação ao caule do coentro, cerca 4,88%.

#### 4.5.3. Clorofila total

Nas Tabelas 4.16 e 4.17 encontram-se apresentadas às análises de variância para o teor de clorofila total (CT) das folhas e do caule do coentro desidratados, referente ao efeito das temperaturas estudadas.

Tabela 4.16 - Análise de variância dos valores médios do teor de clorofila total das folhas do coentro desidratadas nas temperaturas estudadas.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	28,12283	7,03071	18340,9761**
Resíduo	15	0,00575	0,00038	
Total	19	28,12858		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 4.17 - Análise de variância dos valores médios de clorofila total do caule do coentro desidratado nas temperaturas estudadas.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	5,95742	1,48936	11170,1625**
Resíduo	15	0,002	0,00013	
Total	19	5,95942		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Os resultados constantes na Tabela 4.18, indicam perda de clorofila à medida que se eleva a temperatura de secagem e para qualquer das temperaturas experimentada o valor da clorofila se apresenta estatisticamente inferior ao da folha do coentro *in natura*, em que a

redução da clorofila foi de 42,1%, 48,62%, 54,74% e 69,96%, respectivamente para as temperaturas estudadas na ordem que contam na tabela, em relação as folhas *in natura*; podendo esse comportamento ser atribuído a sensibilidade da clorofila a altas temperaturas e, especialmente, nas temperaturas de 60 a 80°C, onde a atividade da enzima clorofilase aumenta, formando clorofilídeos verdes, os quais levam a substituição do íon magnésio, que compõe a molécula da clorofila, por dois íons de hidrogênio, convertendo as clorofilas verdes em feofitinas, de coloração marrom escuro CUI et al. (2004).

Tabela 4.18 - Valores médios de clorofila total para as folhas *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas

Tratamento	Clorofila total (mg·g de MS <sup>-1</sup> )
<i>in natura</i>	5,06 a
50°C	2,93 b
60°C	2,60 c
70°C	2,29 d
80°C	1,52 e

DMS=0,043; MG=2,88 mg·g de MS<sup>-1</sup>; C.V.(%)=0,68

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação.

Em conformidade com os resultados da Tabela 4.18, tem-se os de WEEMAES et al. (1999), em estudos de degradação térmica da clorofila no suco de brócolis para as temperaturas de 80 a 120°C e aos de ANCOS et al. (1999), ao estudarem o efeito do aquecimento por microondas nos pigmentos do purê de mamão, morango e kiwi, quando afirmam que a degradação da clorofila se dá pela conversão deste pigmento a clorofilídeos, os quais posteriormente se convertem em feoforbídeos e, por final, em feofitinas.

Os valores médios referentes ao teor de clorofila total do caule *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas encontram-se na Tabela 4.19, na qual se observa diferença significativa entre os valores.

Tabela 4.19 - Valores médios de clorofila total para o caule *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas.

Tratamento	Clorofila total (mg·g de MS <sup>-1</sup> )
<i>in natura</i>	3,08 a
50°C	1,84 b
60°C	1,68 d
70°C	1,71 c
80°C	1,66 d

DMS=0,025; MG=1,99 mg·g de MS<sup>-1</sup>; C.V.(%)=0,58

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Mediante os resultados contidos nessa tabela, tem-se igualdade estatística para as temperaturas de 60 e 80°C, os quais são inferiores aos obtidos a 70°C e que estes foram

suplantados pela temperatura de 50°C, sendo estes resultados inferiores ao obtidos com o produto *in natura*. Similarmente, este comportamento foi constatado MAHARAJ & SANKAT (1996) ao estudarem a secagem da folha do inhame, com a temperatura de secagem na faixa de 40 a 70°C, em que atribuem a tal comportamento ao aumento do pH, proveniente do rompimento dos vacúolos do tecido vegetal.

#### 4.5.4. Cor

Os valores médios referentes à luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $C$ ) e ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) encontram-se apresentados na Tabela 4.20 em que se observa diferença estatística para  $L^*$ ,  $C$  e  $h^\circ$ , entre as folhas *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas. As tabelas com as análises de variância desses parâmetros encontram-se no Apêndice (Tabelas 9a a 13a).

Tabela 4.20 - Valores médios da luminosidade, croma e ângulo do matiz para as folhas do coentro *in natura* e desidratadas nas temperaturas estudadas.

Tratamento	Luminosidade ( $L^*$ ) <sup>1</sup>	Croma ( $C$ ) <sup>2</sup>	Matiz ( $h^\circ$ ) <sup>3</sup>
<i>in natura</i>	30,90a	29,75a	104,70a
50°C	29,20 b	26,15 b	100,83 b
60°C	28,70 b	26,28 b	101,04 b
70°C	27,90 bc	26,23 b	98,80 c
80°C	27,00 c	26,34 b	97,52 d

<sup>1</sup>DMS=1,26; C.V.(%)=2,00; <sup>2</sup>DMS=0,68; C.V.(%)=1,15; <sup>3</sup>DMS=1,23; C.V.(%)=0,56  
DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação.

As temperaturas empregadas na desidratação das folhas do coentro, influenciaram na mudança da tonalidade de cor, revelada pelas variáveis estudadas (Tabela 4.20), em que  $L^*$  a 80°C se iguala a  $L^*$  de 70°C a qual não difere do ponto de vista da estatística dos valores encontrados para as temperaturas de 60 e 50°C. Para o  $C$  os valores da intensidade da cor se apresentam estatisticamente iguais para as temperaturas estudadas, porém inferiores ao do tratamento *in natura*; já os valores da cor estudada mediante o  $h^\circ$ , a exceção das temperaturas de 50 e 60°C que estatisticamente apresentaram o mesmo valor, tem-se redução dos valores para  $h^\circ$  à medida que se eleva a temperatura de secagem, sendo estes valores inferiores ao do tratamento *in natura*. Das variáveis estudadas, tem-se que  $L^*$  e  $h^\circ$  representam a variação da tonalidade de cor para a folha do coentro, em que a diminuição dos valores de  $L^*$  indica o escurecimento do produto e, o  $h^\circ$  a profundidade dessa variação, isto é: do verde claro ao amarelo esverdeado para o caso em estudo. Além disso, observa-se, que a 50 e 60°C, os valores destes parâmetros se encontram mais próximos aos da folha *in natura*.

Estes resultados encontram-se respaldados em trabalhos com outros produtos, como os desenvolvidos por ERTEKIN & YALDIZ (2004) com berinjela fatiada, desidratada nas

temperaturas de 30 a 70°C, em que se observou diminuição de  $L^*$ , proveniente de reações de escurecimento enzimático e, de  $h^\circ$  por OSKAN et al. (2005) ao estudarem o efeito da secagem em microondas da folha de espinafre, em que houve redução do ângulo do matiz, por degradação da clorofila.

Os valores das variáveis, luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $C$ ) e o ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) referente ao caule *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas, encontram-se na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Valores médios da luminosidade, croma e ângulo do matiz para o caule do coentro *in natura* e desidratado nas temperaturas estudadas.

Tratamento	Luminosidade ( $L^*$ ) <sup>1</sup>	Croma ( $C$ ) <sup>2</sup>	Matiz ( $h^\circ$ ) <sup>3</sup>
<i>in natura</i>	27,57 b	26,70 c	104,04a
50°C	33,60a	28,24ab	98,55 c
60°C	33,32a	27,96 b	100,72 b
70°C	33,47a	28,24ab	98,61 c
80°C	33,40a	29,19a	96,64 d

<sup>1</sup>DMS=0,99; C.V.(%)=1,41; <sup>2</sup>DMS=0,98; C.V.(%)=1,61; <sup>3</sup>DMS=0,81; C.V.(%)=0,37  
DMS – diferença mínima significativa; C.V. – coeficiente de variação

Em análise aos dados contidos na referenciada tabela (4.21), observa-se igualdade estatística para  $L^*$  nas temperaturas estudadas, mas contrariamente ao comportamento que se deu com as folhas do coentro, visto que os valores da  $L^*$  do caule foram maiores estatisticamente para o tratamento *in natura*, o que indica ausência de escurecimento, possivelmente, pela baixa atividade enzimática presente no caule, ao longo do processo de desidratação. Comportamento similar ocorreu com  $C$ , todavia com maiores variações para as temperaturas estudadas, em que o caule submetido a temperatura de 80°C se iguala estatisticamente as temperaturas de 50 e 70°C, não diferindo os valores de  $C$  nestas temperaturas com os de 60°C, mas sendo todos superiores ao do caule *in natura*. Para  $h^\circ$ , que traduz a variação da cor verde para o amarelo-esverdeado do caule, tem-se, para as temperaturas de 50 e 70°C igualdade estatística, superando a temperatura de 80°C, porém inferiores a de 60°C e a *in natura* que foi superior a essa (60°C) e as demais. Das variáveis estudadas, tem-se que  $L^*$  e  $h^\circ$  representam a variação da tonalidade de cor para o caule do coentro, visto que o aumento dos valores de  $L^*$  indica tendência do produto a ser mais claro, e o  $h^\circ$  a profundidade dessa variação, isto é, a variação do verde claro para o amarelo esverdeado para o caso em estudo. Além disso, observa-se, que a 60°C, os valores destes parâmetros se encontram mais próximos aos da folha *in natura*. Em conformidade com esses resultados se encontram os de ANCOS et al. (1999), ao estudarem o efeito do aquecimento

por microondas no purê de kiwi, observaram aumento na luminosidade e oscilação nos valores do croma ao elevarem a temperatura do aquecimento.

#### 4.6. Efeito do branqueamento na qualidade do extrato seco

O efeito do branqueamento na qualidade do extrato seco da folha e do caule do coentro desidratado foi realizado para as amostras desidratadas na temperatura de 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup>, sendo avaliados quanto ao teor de ácido ascórbico, clorofila total, proteína bruta e tonalidade de cor, expresso pelas coordenadas cilíndricas de luminosidade, croma e ângulo do matiz.

Nas Tabelas 4.22 e 4.23 encontram-se apresentados os valores médios referente ao teor de ácido ascórbico e proteína bruta da folha e do caule do coentro *in natura* e desidratados com e sem branqueamento.

Tabela 4.22 – Valores médios para o teor de ácido ascórbico das folhas e caule *in natura*, e desidratados com e sem branqueamento.

Tratamento	Ácido ascórbico (mg·100g de MS <sup>-1</sup> )	
	Folha <sup>1</sup>	Caule <sup>2</sup>
<i>in natura</i>	547,55 a	213,29 a
Sem branqueamento	515,82 a	141,21 b
Com branqueamento	400,22 b	138,24 b

<sup>1</sup>DMS=39,18; C.V.(%)=4,06; <sup>2</sup>DMS=1,32; C.V.(%)=2,28

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Em análise aos resultados contidos na Tabela 4.22, verifica-se que o teor de ácido ascórbico (AA) para as folhas e caule decresce com a aplicação do branqueamento, contudo, observa-se igualdade estatística entre as folhas desidratadas sem branqueamento e as *in natura*, e também igualdade estatística entre o caule branqueado e o não branqueado. Além disso, observa-se que o branqueamento é mais marcante para o caule, o qual se pode observar maior redução, 35,2%, em relação à folha que é de 26,9%.

Mediante os resultados na Tabela 4.23, observa-se diferença estatística entre as folhas e o caule, com e sem branqueamento, em que é constatado maior valor na PB para as amostras *in natura* e o menor para as amostras desidratadas com branqueamento.

Tabela 4.23 - Valores médios para o teor de proteína bruta das folhas e caule *in natura* e desidratados com e sem branqueamento.

Tratamento	Proteína bruta (g·100g de MS <sup>-1</sup> )	
	Folha <sup>1</sup>	Caule <sup>2</sup>
<i>in natura</i>	32,77 a	11,15 a
Sem branqueamento	31,36 b	10,65 b
Com branqueamento	28,95 c	9,67 c

<sup>1</sup>DMS=15,22; MS; C.V.(%)=4,69; <sup>2</sup>DMS=0,45; C.V.(%)=2,18

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Os resultados apresentados na Tabela 4.22 encontram-se em conformidade com o observado por LIU et al. (2002), ao estudarem o efeito do processamento nos valores nutricionais do tomate, em que atribuem o decréscimo do ácido ascórbico, nas amostras branqueadas, à lixiviação da vitamina na água utilizada, e por SOUZA FILHO et al. (1999) ao estudarem o efeito do branqueamento no processo de desidratação osmótica do caju, para os quais concluíram que o branqueamento e o tratamento térmico tiveram um efeito maior na redução do ácido ascórbico.

Tem-se ainda que os resultados referentes à PB (Tabela 4.23), encontram-se respaldados por LISIEWSKA et al., (2004) ao estudarem o efeito de vários pré-tratamentos no congelamento de endro, em que observaram decréscimo significativo na proteína para as amostras submetidas ao branqueamento, e por OBOH (2005), ao estudar o efeito de vários tratamentos, dentre eles, o branqueamento, nas folhas de *Cnidocolus acotifolus*. Os mesmos autores atribuem o decréscimo mais acentuado para a PB das folhas e do caule desidratados com branqueamento, à desnaturação protéica proveniente da aplicação da temperatura do tratamento (90°C), mesmo que por curto período de tempo (30 segundos).

Encontram-se apresentados na Tabela 4.24 os valores médios referentes ao teor de clorofila total (CT) da folha e do caule do coentro *in natura* e desidratados com e sem branqueamento.

Tabela 4.24 – Valores médios para o teor de clorofila total, para as folhas e caule *in natura* e desidratados com e sem branqueamento.

Tratamento	Clorofila total (mg·g de MS <sup>-1</sup> )	
	Folha <sup>1</sup>	Caule <sup>2</sup>
<i>in natura</i>	5,06 a	3,08 a
Sem branqueamento	2,60 c	1,67 c
Com branqueamento	2,95 b	1,86 b

<sup>1</sup>DMS=0,03; C.V.(%)=0,47; <sup>2</sup>DMS=0,03; C.V.(%)=0,67

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Conforme os resultados na Tabela 4.24, observa-se diferença estatística entre as folhas

*in natura* e desidratadas com e sem branqueamento, em que se constata que a CT das folhas *in natura* é superior estatisticamente a CT das folhas desidratadas com branqueamento e sem branqueamento, contudo verifica-se que a CT das referidas amostras desidratadas com branqueamento é superior estatisticamente a CT das mesmas sem branqueamento, e comportamento análogo se verifica para o caule.

A menor redução na CT das folhas e do caule desidratados com branqueamento pode ser atribuído a inativação de enzimas oxidativas, contudo mesmo branqueadas, as amostras têm a CT inferior à *in natura*, o que pode ser atribuído a perdas durante a secagem e na aplicação do branqueamento, em decorrência da lixiviação de parte dos pigmentos pela água utilizada no pré-tratamento. Comportamento similar foi detectado por CANET et al. (2005), ao estudarem o efeito do branqueamento aplicado por curto período de tempo para feijão verde, e por NEGI & ROY (2000), ao estudarem o efeito de diversos tipos de branqueamento em folhas de fenogrego, beterraba e de amaranto. Os mesmos autores constataram que o branqueamento em água, reduz em parte a perda de clorofila devido à inativação enzimática, contudo observaram reduções na CT após a aplicação do branqueamento, ao qual atribuem à lixiviação dos pigmentos pela água.

Os valores médios das variáveis, luminosidade ( $L^*$ ), croma ( $C$ ) e ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) encontram-se apresentados nas Tabelas 4.25 e 4.26, nas quais se observam diferenças estatísticas para  $L^*$ ,  $C$  e  $h^\circ$ , para a folha e o caule *in natura* e desidratados com e sem branqueamento.

Tabela 4.25 – Valores médios para a luminosidade, croma e ângulo do matiz para as folhas *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Tratamento	Luminosidade ( $L^*$ ) <sup>1</sup>		Croma ( $C$ ) <sup>2</sup>		Ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) <sup>3</sup>	
<i>in natura</i>	30,92	a	29,76	a	104,74	b
Sem branqueamento	28,70	b	26,23	b	101,04	c
Com branqueamento	24,68	c	15,21	c	107,23	a

<sup>1</sup>DMS=0,87; C.V.(%)=1,57; <sup>2</sup>DMS=0,93; C.V.(%)=1,97; <sup>3</sup>DMS=1,26; C.V.(%)=0,61

DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Constatam-se pelos os resultados da Tabela 4.25 que o  $L^*$  e o  $C$  para a folha desidratada sem branqueamento são estatisticamente superiores as mesmas com branqueamento, contudo verifica-se que ambas são inferiores à *in natura*. Com relação à  $h^\circ$ , verifica-se que para a folha desidratada com branqueamento, esse valor é superior estatisticamente ao tratamento *in natura* e sem branqueamento. Entre as variáveis estudadas, o  $L^*$  e o  $C$  são as que melhor representam a variação da tonalidade de cor para a folha do coentro desidratado

com e sem branqueamento, em que o decréscimo de  $L^*$  indica o escurecimento do produto e de  $C$ , a redução na intensidade da cor para as amostras branqueadas. O decréscimo em  $L^*$  e  $C$  foi observado por AMINIGO & METZGER (2005) ao estudarem o efeito do branqueamento no feijão.

Tabela 4.26 - Valores médios para a luminosidade, croma e ângulo do matiz para caule *in natura* e desidratado com e sem branqueamento.

Tratamento	Luminosidade ( $L^*$ ) <sup>1</sup>	Croma (C) <sup>2</sup>	Ângulo do matiz ( $h^\circ$ ) <sup>3</sup>
<i>in natura</i>	27,58 c	26,70 b	104,04 a
Sem branqueamento	33,32 a	27,96 a	100,72 b
Com branqueamento	31,20 b	28,05 a	100,52 b

<sup>1</sup>DMS=1,06; C.V.(%)=1,76; <sup>2</sup>DMS=0,93; C.V.(%)=1,71; <sup>3</sup>DMS=0,78; C.V.(%)=0,39  
DMS – Diferença mínima significativa; C.V. – Coeficiente de variação

Mediante os resultados na Tabela 4.26, observa-se que o  $L^*$  do caule desidratado com e sem branqueamento são estatisticamente superiores ao caule *in natura*, e que o caule sem branqueamento é superior, do vista estatístico, ao com branqueamento. Com relação ao  $C$  e o  $h^\circ$  verifica-se para o caule desidratado, com e sem branqueamento, igualdade estatística, no entanto, observa-se para o caule *in natura* que o  $C$  é estatisticamente inferior aos demais tratamentos, sendo comportamento contrário observado para o  $h^\circ$  do caule *in natura*, isto é, para os demais tratamentos verifica-se inferioridade estatística. Constata-se ainda que o branqueamento não afeta  $C$  e o  $h^\circ$ , visto que os valores desses parâmetros são estatisticamente iguais ao das amostras sem branqueamento, e, além disso, o valor de  $C$  aumenta para as amostras desidratadas, o que indica aumento na intensidade da cor. SEVERINI et al. (2005), observaram redução no  $L^*$  para as amostras de batata desidratadas com branqueamento.

#### 4.6. Isotermas de adsorção

As isotermas de adsorção de umidade foram determinadas para a folha e o caule do coentro desidratados na temperatura de 60°C e velocidade do ar de secagem de 1,5 m s<sup>-1</sup>, sem a aplicação do branqueamento.

Os dados obtidos experimentalmente, referentes à umidade de equilíbrio ( $u_e$ ) das folhas e do caule desidratado e seus respectivos valores da atividade de água ( $a_w$ ) para as temperaturas em estudo, encontram-se na Tabela 4.27 e 4.28.

Tabela 4.27 - Valores experimentais de umidade de equilíbrio para as folhas de coentro desidratadas.

Temperatura							
20°C		30°C		40°C		50°C	
$a_w$	$u_e$	$a_w$	$u_e$	$a_w$	$u_e$	$a_w$	$u_e$
0,204	0,019	0,352	0,038	0,296	0,027	0,330	0,024
0,426	0,065	0,451	0,069	0,406	0,050	0,405	0,040
0,501	0,101	0,500	0,088	0,470	0,071	0,535	0,090
0,565	0,130	0,560	0,114	0,528	0,094	0,552	0,097
0,63	0,154	0,617	0,133	0,579	0,112	0,662	0,133
0,677	0,177	0,674	0,154	0,683	0,152	0,695	0,152
0,704	0,193	0,708	0,170	0,734	0,182	0,733	0,172
0,736	0,219	0,787	0,235	0,758	0,203	0,776	0,207

Tabela 4.28 - Valores experimentais de umidade de equilíbrio para o caule de coentro desidratado.

Temperatura							
20°C		30°C		40°C		50°C	
$a_w$	$u_e$	$a_w$	$u_e$	$a_w$	$u_e$	$a_w$	$u_e$
0,293	0,042	0,346	0,033	0,29	0,028	0,262	0,021
0,344	0,053	0,443	0,071	0,321	0,038	0,397	0,056
0,441	0,089	0,485	0,100	0,457	0,077	0,447	0,074
0,521	0,129	0,522	0,124	0,507	0,108	0,497	0,094
0,631	0,189	0,609	0,164	0,567	0,138	0,586	0,136
0,687	0,228	0,683	0,213	0,625	0,163	0,687	0,194
0,730	0,279	0,714	0,241	0,690	0,204	0,745	0,225
0,756	0,312	0,769	0,293	0,793	0,285	0,779	0,247

Conforme os dados apresentados (Tabela 4.27 e 4.28) verifica-se que a umidade de equilíbrio da folha e do caule desidratados decresce, na maioria dos casos, com o aumento da temperatura à atividade de água constante e, tal comportamento é atribuído ao alto estado de excitação das moléculas de água em temperaturas elevadas, diminuindo as forças de atração entre as moléculas (MOHAMED et al., 2003). Além disso, à temperatura constante, o conteúdo de umidade de equilíbrio aumenta com a elevação da atividade de água.

Resultados semelhantes foram obtidos por ALMEIDA et al., (1999), ao estudarem as isotermas de adsorção do gergelim, e por CORREIA et al. (2002) em isotermas de adsorção de cinco plantas medicinais.

Os parâmetros dos modelos aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratadas, bem como os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os desvios relativos médios ( $DRM$ ), utilizados como critérios de avaliação para a representação das isotermas, encontram-se na Tabela 4.28.

Tabela 4.29 - Parâmetros dos modelos aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção das folhas desidratadas do coentro.

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros				$R^2$	DRM (%)
		$a$	$b$				
Smith	50	-0,040	0,163			99,536	4,50
	40	-0,032	0,163			99,775	2,97
	30	-0,033	0,170			99,477	3,43
	20	-0,027	0,182			99,544	5,66
Halsey	50	0,062	0,921			96,692	18,91
	40	0,064	0,935			97,836	13,10
	30	0,055	1,038			97,226	10,98
	20	0,077	0,929			97,34	18,12
Oswin	50	0,072	0,868			97,871	15,09
	40	0,079	0,841			98,768	9,72
	30	0,086	0,779			98,336	8,57
	20	0,096	0,828			98,635	12,12
Peleg		$k_1$	$n_1$	$k_2$	$n_2$		
	50	0,198	2,459	0,198	2,459	99,466	3,07
	40	0,179	2,150	0,179	2,150	99,688	2,48
	30	0,190	2,174	0,190	2,174	99,035	3,40
		$X_m$	$C$	$K$			
GAB	50	0,232	0,423	-1,297		97,632	15,36
	40	0,183	0,647	-2,943		98,555	10,28
	30	0,246	0,707	-7,106		97,635	9,71
	20	0,214	0,686	-3,534		98,419	12,40
BET		$X_m$	$C$	$N$			
	50	0,049	1,282	7,209		98,894	10,65
	40	0,058	1,256	6,469		99,543	5,90
	30	0,064	1,249	5,798		99,334	5,29
	20	0,075	1,211	6,342		99,516	6,32

Conforme os resultados da Tabela 4.29 verificam-se, dentre os modelos bi-paramétricos aplicados aos dados experimentais, que o modelo de Smith representa com precisão o comportamento das isotermas de adsorção das folhas do coentro, com  $R^2$  superior a 99% e  $DRM$  variando de 2,97% a 5,66%. Contudo o modelo de Oswin, nas temperaturas de 30 e 40°C, representa essas isotermas com  $R^2$  superior a 98% e  $DRM$  de 8,57% a 9,72%, respectivamente.

Observa-se ainda, que para os modelos de GAB, BET e Peleg, aplicados no estudo do comportamento das isotermas de adsorção da folha desidratada, que o modelo de Peleg representa essas isotermas de adsorção da folha desidratada, com  $R^2$  superior 99% e  $DRM$  inferior a 5%. Além disso, verifica-se que o modelo de BET, embora indicado para atividade de água de 0 a 0,5 (BLAHOVEC, 2004), prediz o comportamento das isotermas nas temperaturas de 20, 30 e 40°C, com  $DRM$  inferior a 7% e  $R^2$  superior a 99%. Mesmo na

forma original, o modelo de BET, possui maior possibilidade de representar os dados experimentais (PARK & NOGUEIRA, 1992).

De acordo com critérios estabelecidos por AGUERRE et al. (1989), onde *DRM* inferior a 10% indica razoável representatividade dos modelos, e por Labuza citado por NOGUEIRA (2002), em que a representação das isotermas é considerada extremamente boa para *DRM* inferior a 5%, conclui-se que, dentre os seis modelos aplicados para a representação das isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratadas, os modelos de Smith e de Peleg, representam com precisão as isotermas, apresentando *DRM* inferior a 6% e a 5%, respectivamente.

O modelo de Peleg é reportado por diversos pesquisadores nos estudos de predição das isotermas de sorção para vários alimentos desidratados, dentre eles, PARK et al. (2002), ao estudarem as isotermas de dessorção da folha de hortelã, nas temperaturas de 30 e 40°C, e por NOGUEIRA (2002), ao estudar as isotermas de adsorção do extrato formulado de inulina nas temperaturas de 25, 35 e 45°C.

Verifica-se ainda na Tabela 4.29 que os valores referentes ao conteúdo de umidade da monocamada molecular ( $X_m$ ), do modelo de GAB, flutuam aleatoriamente dentro da faixa de temperatura estudada; sendo comportamento análogo ao obtido por GHODAKE et al. (2005) ao estudarem as isotermas de adsorção do chá preto, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C. Contudo, observa-se que o  $X_m$ , obtido para o modelo de BET, aumenta com o decréscimo da temperatura, estando em conformidade com o observado por ERTEKIN & SULTANOGLU (2001), ao estudarem as isotermas de adsorção para a pimenta verde e vermelha, nas temperaturas de 30, 45 e 60°C.

Os valores do conteúdo de umidade da monocamada ( $X_m$ ) referente ao modelo de GAB, nas temperaturas estudadas (Tabela 4.28), encontram-se acima do valor determinado para alimentos por LABUZA et al. (1985), que indicam como valor máximo para  $X_m$  de 10% (b.s.), todavia o  $X_m$  obtido com o modelo de BET encontra-se abaixo desse valor, apresentando  $X_m$  inferior a 8%.

Nas Figuras 4.13 e 4.14 encontram-se apresentados a representação gráfica dos modelos de Smith e Peleg, respectivamente, aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção das folhas desidratadas do coentro e, nestas verifica-se que as isotermas classificam-se como sendo do tipo III, de acordo com a classificação de BRUNAUER et al. (1938), igualmente como observado por JAMALI et al. (2006) para folhas de mastruz e por MENKOV (2000) para grão de bico.

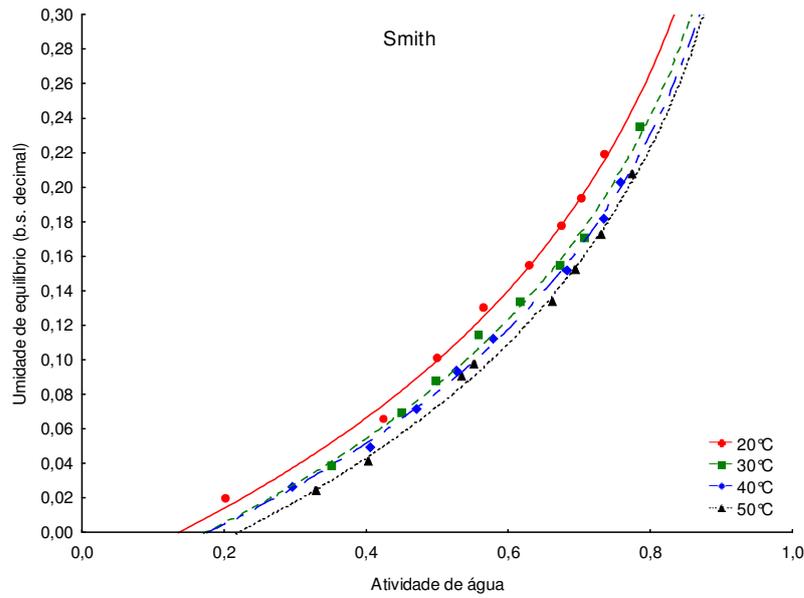


Figura 4.13 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratadas, pela aplicação do modelo de Smith.

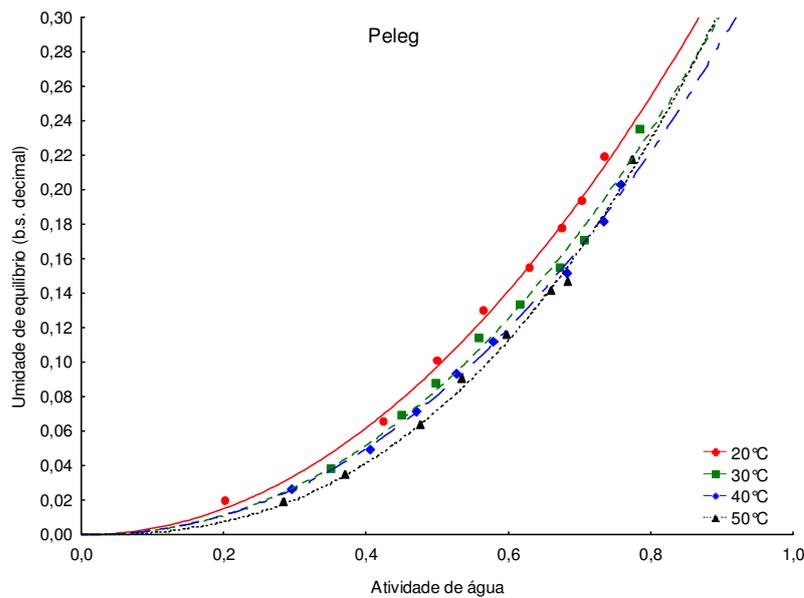


Figura 4.14 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratadas, pela aplicação do modelo de Peleg.

Na Tabela 4.30 encontram-se os parâmetros dos modelos ajustados para a representação das isotermas de adsorção do caule do coentro desidratado, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50°C, bem como os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os desvios relativos médios ( $DRM$ ), utilizados como critérios de avaliação para os ajustes dos modelos.

Tabela 4.30 - Parâmetros dos modelos aplicados aos dados experimentais das isotermas de adsorção do caule do coentro desidratado.

Modelos	Temperatura (°C)	Parâmetros				$R^2$	DRM (%)
		$a$	$b$				
Smith	50	-0,038	0,192			99,721	2,36
	40	-0,043	0,210			99,798	2,45
	30	-0,068	0,247			99,71	4,20
	20	-0,053	0,251			99,448	5,25
Halsey	50	0,069	0,968			96,237	23,18
	40	0,070	0,989			95,364	26,25
	30	0,093	0,884			96,544	18,54
	20	0,106	0,848			99,092	9,43
Oswin	50	0,093	0,818			97,675	17,70
	40	0,100	0,811			97,27	20,09
	30	0,103	0,905			97,72	15,26
	20	0,111	0,920			99,65	5,74
Peleg		$k_1$	$n_1$	$k_2$	$n_2$		
	50	0,214	2,164	0,214	2,164	99,921	2,83
	40	0,238	2,249	0,238	2,249	99,824	2,87
	30	0,284	2,435	0,284	2,435	99,737	5,59
		$X_m$	$C$	$K$			
GAB	50	0,228	0,639	-3,357		97,179	17,69
	40	0,249	0,652	-3,824		96,507	20,60
	30	0,297	0,422	-0,813		97,563	15,38
	20	0,311	0,429	-0,714		99,617	5,77
BET		$X_m$	$C$	$N$			
	50	0,084	1,090	8,155		99,351	10,86
	40	0,082	1,151	8,021		99,262	11,23
	30	0,072	1,262	8,516		98,813	11,43
	20	0,070	1,375	6,161		99,878	2,90

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 4.30, verifica-se que dentre os modelos bi-paramétricos aplicados, o modelo de Smith é o que melhor prediz as isotermas de adsorção do caule do coentro desidratado, com  $R^2$  superior a 99% e DRM de 2,83% a 5,82%. Além disso, os modelos de Halsey e Oswin a 20°C predizem essa isoterma, com DRM igual a 9,43% e 5,74%, respectivamente, e  $R^2$  acima de 95%.

O modelo de Smith é reportado por YAZDAMI et al. (2006) como melhor modelo na predição das isotermas de adsorção de pistache, nas temperaturas de 15, 25, 35 e 40°C.

Conforme os dados contidos na Tabela 4.30, verifica-se que os modelos de GAB e BET a 20°C predizem o comportamento da isoterma, com DRM de 5,77% e 2,90%, respectivamente, e  $R^2$  superior a 99%. Todavia, assim como na predição do comportamento das isotermas de adsorção das folhas desidratadas, o modelo de Peleg estima as isotermas de adsorção do caule, apresentando  $R^2$  acima de 99% e DRM variando de 2,83% a 5,59%.

De acordo com os critérios estabelecidos por AGUERRE et al. (1989) e Labuza citado por NOGUEIRA (2002), verifica-se que os modelos de Peleg e Smith são concisos,  $R^2$  acima de 99% e  $DRM$  inferior a 5,82% e 5,25%, respectivamente, na predição do comportamento das isotermas de adsorção do caule desidratado do coentro.

Verifica-se também (Tabela 4.29) que o conteúdo de umidade da monocamada ( $X_m$ ), obtido com os modelos de GAB e BET, apresentam comportamento similar ao observado para as isotermas de adsorção das folhas desidratadas do coentro, e que os valores de  $X_m$  encontrados com o modelo de GAB são superiores aos 10% (b.s.) determinados por LABUZA et al. (1985) para alimentos, estando somente o  $X_m$  do modelo de BET abaixo desse valor.

A representação gráfica dos modelos de Smith e de Peleg, para a predição das isotermas de adsorção do caule desidratado do coentro, encontram-se na Figura 4.15 e 4.16, nas quais se observa que as isotermas de adsorção, segundo a classificação de BRUANUER et al. (1938), qualificam-se como sendo do tipo III.

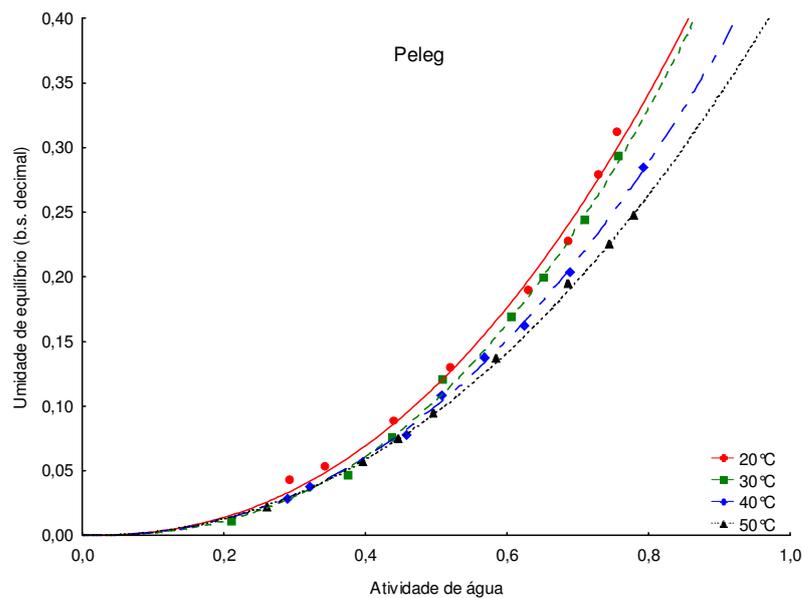


Figura 4.15 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratado, pela aplicação do modelo de Peleg.

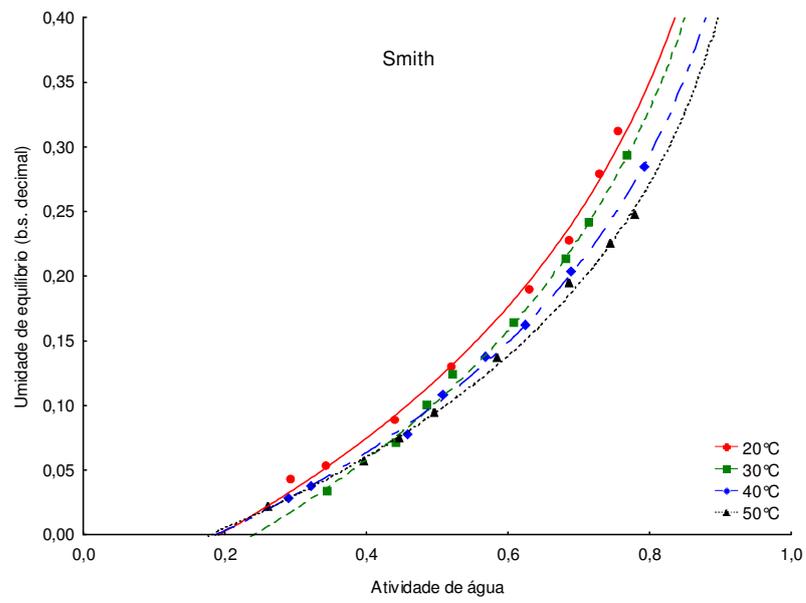


Figura 4.16 - Isotermas de adsorção das folhas do coentro desidratado, pela aplicação do modelo de Smith.

## **5. CONCLUSÕES**

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que:

1. A temperatura do ar de secagem é o fator de maior influência no processo de desidratação das folhas e do caule do coentro.
2. O modelo matemático de Midilli e Kucuk é o que melhor representa o processo de secagem das folhas e do caule do coentro.
3. O branqueamento aplicado na desidratação para as temperaturas estudadas diminui a taxa de secagem das folhas e aumenta a do caule.
4. A desidratação nas temperaturas estudadas reduz o teor de ácido ascórbico das folhas e do caule do coentro, com perdas menores nas folhas; igualmente o teor de clorofila total das folhas e do caule desidratados é reduzido pelo emprego das temperaturas de secagem.
5. O teor de proteína bruta do caule é mais resistente ao aumento da temperatura que o das folhas.
6. O melhor valor para a luminosidade e ângulo do matiz dar-se nas temperaturas de 50 e 60°C para as folhas e, para o caule a 60°C.
7. A tonalidade da cor das folhas diminui com a aplicação do branqueamento e, a do caule aumenta.
8. Os modelos matemáticos de Peleg e de Smith representam o comportamento das isotermas de adsorção de umidade das folhas e caule desidratados, com  $R^2$  superior a 99% e  $DRM$  inferior a 6%.

## **6. SUGESTÕES**

## **6. SUGESTÕES**

- Estudar o armazenamento do extrato seco obtido a partir da desidratação das folhas e do caule.
- Propor novos modelos estatísticos para a avaliação dos modelos matemáticos aplicados para a representação das curvas de secagem.
- Estudar o extrato seco obtido a partir das raízes e do caule do coentro, quanto a secagem e o armazenamento.
- Estudar a aplicação dos extratos obtidos das folhas e do caule no controle de pragas.

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

## **7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

AGUERRE, R.J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P.E. New BET type multilayer sorption isotherms Part II: Modelling water sorption in foods. **Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie**, London, GB, v.22, n.4, p.192-195, 1989.

AGUIRRE, J. M. Desidratação de hortaliças. In: AGUIRRE, J. M.; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças**. Campinas, 2002, p.4-11 (Manual Técnico).

AHMED, J.; KAUR, A.; SHIVHARE, U. Color degradation kinetics of spinach, mustard leaves, and mixed puree. **Journal of Food Science**, Chicago, Ill, v. 67, n.3, p.1088-1091, 2002.

AHMED, J.; SHIVHARE, U.S.; SINGH, P. Colour kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics of the paste. **Food Chemistry**, v.84, n.4, p.605-611, 2004.

AHMED, J; SHIVHARE, U. S.; SINGH, G. Shorter Communication: Drying Characteristics and Product Quality of Coriander Leaves. **Food and Bioproducts Processing**, Rugby, UK, v.79, n.C2, p. 103-106, 2001.

AKPINAR, E.K. Determination of suitable thin layer drying curve model for some vegetables and fruits. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 73, n.1, p. 75-84, 2005.

AKPINAR, E.K.; BICER, Y.; YILDIZ, C. Thin layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.59, n.1, p. 99-104, 2003.

ALMAZAN, A.M.; BEGUM, F. Nutrients and antinutrients in peanut greens. **Journal of Food Composition and Analysis**, San Diego, v.9, n.2, p.375-383, 1996.

ALMEIDA, F. de A.C.; FONSECA, K.S.; GOUVEIA, J.P.G. Secagem natural de gergelim e determinação da umidade de equilíbrio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.3, n.3, p.343-348, 1999.

AL-MUHTASEB, A.H.; MCMINN, W.A.M; MAGEE, T.R.A. Water sorption isotherms of starch powders – Part 1: mathematical description of experimental data. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.61, n.3, p.297-307, 2004.

ALONSO, L.F.T. **Algoritmos de seleção e dimensionamento de secadores**. Campinas, SP: UNICAMP, p.241, 2001, Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola.

ALVAREZ, C.A.; AGUERRE, R, GÓMEZ, R. et al. Air dehydration of strawberries: effect of blanching and osmotic pretreatments on the kinetics of moisture transport. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.25, n.2, p.167-178, 1995.

ALZAMORA, S.M.; CHIRIFE, J. Some factors controlling the kinetics of moisture movement during avocado. **Journal of Food Science**, Chicago, Ill, v. 45, n.3, p. 1649-51, 1980.

AMINIGO, E.R.; METZGER, L.E. Pretreatment of African yam beam: effect of soaking and blanching on the quality of African yam beam seed. **Plants Food for Human Nutrition**, v.60, n.4, p.164-171, 2005.

ANCOS, B.; CANO, M.P.; HERNANDEZ, A.; MONREAL, M. Effects of microwave heating on pigment composition and colour of fruit purest. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. London, GB, v.79, p.663-670, 1999.

ARTÉS, I.; MINGUÉZ, M.I.; HORNERO, D. Analysing changes in fruit pigments. In: MACDOUGALL, D.B. **Color in food**. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002. 379p.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**, WILLIAMS, S. (Ed) 16. ed. Arlington: 1997. 1141 p.

AZEREDO, H.M.C.; BRITO, E.S.; GARRUTI, D.S. Alterações químicas durante a estocagem. In: AZEREDO, H.M.C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**, Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. p.195.

AZEVEDO, M.A.R.B. **Avaliação dos processos de secagem e da qualidade do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench)**. Campinas, SP: UNICAMP, p.75, 1997, Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola.

AZEVEDO, R.A.; ARRUDA, P.;TURNER,W.L.; LEA,P.J. The biosynthesis and metabolism of the aspartate derived amino in higher plants. **Phytochemistry**, v.46, n.3, p.395-419, 1997.

AZZOUZ, S.; GUIZANI, A.; JOMAA, W.; BELGHITH, A. Moisture diffusivity and drying kinetics equation of convective drying of grapes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v. 55, n.4, p. 323-330, 2002.

BAYSAL, T.; ICIR, F.; ERSU, S. YILDIZ, H. Effects of microwave infrared drying on the quality of carrot and garlic. **European Food Research Technology**, v.218, n.1, p.68-73, 2003.

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

BEZERRA NETO, F.; BARROS JUNIOR, A.P.; NEGREIOS, M.Z.; et al. Desempenho agrônômico de cultivares comerciais de coentro em cultivo solteiro sob condições de temperatura elevada. In: **44° Congresso Brasileiro de Olericultura**, 2004. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/>>. Acessado em 15 de Jan. de 2006.

BLADE, S. **Coriander. Partical Information for Alberta's Agriculture Indutry**. 1998. Disponível em: <<http://www1.agric.gov.ab.ca> >. Acessado em 20 de Dez. 2005.

BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, Oxford, UK, v.65, n.4, p.489-495, 2004.

BLASCO, R.; ESTEVE, M.J.; FRÍGOLA, A.; RODRIGO, M. Ascorbic acid degradation kinetics in mushrooms in high-temperature short-time process controlled by a thermoresistometer. **Lebensmittel Wissenschaft Und Technologie**. London, GB, v.37, n.2, p.171-175, 2004.

BOAVENTURA, G.T.; CHIAPPINI, C.C.J.; FERNANDES, N.R.A.; OLIVEIRA, E.M. Avaliação da qualidade protéica de uma dieta estabelecida em Quissamã, Rio de Janeiro, adicionada ou não de multimistura e de pó de folha de mandioca. **Revista de Nutrição**, Campinas, SP, v.13, n.3, p.201-209, 2000.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. SECRETARIA DE POLITICAS DE SAUDE. COORDENAÇÃO-GERAL DA POLITICA DE ALIMENTAÇÃO E NUTRIÇÃO. **Alimentos regionais brasileiros**, Ministério da Saúde, Secretaria de Políticas de Saúde, Coordenação-geral da Política de Alimentação e Nutrição, 1ªed., Brasília: Ministério da Saúde, 2002.

BRASIL. **Agência nacional de vigilância sanitária**. Portaria n ° 33, de 13 de janeiro de 1998. Disponível em: <[http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/33\\_98.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/portarias/33_98.htm)>. Acessado em 15 Dez. de 2005.

BROD, F.P.R. Avaliação de um secador vibro-fluidizado, 2003. 336p.. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P.H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multi-molecular layer. **Journal of American Chemical Society**, Slat Lake City, US, v.60, n.2, p.309-319, 1938.

CANET, W.; ALVAREZ, M.D.; LUNA, P.; FERNÁNDEZ, C.; TORTOSA, M.E. Blanching effects on chemistry, quality and structure of green beans (cv. Moncayo). **European Food Research Technology**, v.220, n.3-4, p.421-430, 2005.

CAPRISTE, G.H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, Chicago, Ill, v.47, n.8, p.1501-1507, 1982.

CARNEIRO, M.C. **Armazenagem e secagem do resíduo industrial de maracujá amarelo**. Campinas, SP: UNICAMP, p.75, 2001, Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola.

CASTILLO, M.D.; MARTÍNEZ, E.J.; GONZÁLEZ, H.H.L.; RESNIK, S.L. Study of mathematical models applied to sorption isotherms of Argentina black beans varieties. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.27, n.4, p.45-61, 2003.

CAURIE, M. The derivation of the GAB adsorption equation from the BDDT adsorption theory. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, GB, v.41, n.2, p.173-179, 2006.

CEASARN – **Central de Abastecimento do Rio Grande do Norte S.A.** Disponível em: <<http://www.ceasa.rn.gov.br/comercializa.asp>>. Acessado em 06 de Mar. 2006.

CHAVES, J. B. P. **Controle de Qualidade para Industria de Alimentos**. Ed. Da Universidade de Viçosa: Minas Gerais p. 18- 31,1994 .

CLEMENTE, A. et al. Effect of cooking on protein quality of chickpea seeds. **Food Chemistry**, v.62, n.1, p.1-6, 1998.

CORREIA, P.C.; AFONSO JUNIOR, P.C.; MARTINS, P.M.; MELO, E. de C.; RADÜNZ, L.L. Modelo matemático para representação da higroscopicidade de plantas medicinais. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, MG, v.27, n.1, p.8-15, 2002.

COULTATE, T.P. **Alimentos: a química de seus componentes**. 3ªed. Porto Alegre: Artmed, 2004, p.368.

CRANK, J. **The mathematics of diffusion**. Oxford: Clarendon Press, 1975, p. 44-49.

CUI, Z.W.; XU, S.Y.; SUN, D.W. Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves. **Drying Technology**, New York, NY, v.22, n.3, p.563-575, 2004.

COSTA, J.M.C.; MEDEIROS, M.F.D.; MATA, A.L.M.L. Isotermas de adsorção de pós de beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Curcubita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. *Revista Ciência Agrônômica*, Fortaleza, CE, v.34, n.1, 2003.

DANDAMRONGRAK, R.; MASON, R.; YOUNG, G. The effect of pretreatments on the drying rate and quality of dried bananas. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, GB, v.38, n.8, p.877-882, 2003.

DELAQUIS, P.J.; STANICH, K.; GIRARD, B.; MAZZA, G. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. **International Journal of Food Microbiology**, v.74, n.1-2, p.101-109, 2002.

DOYMAZ, I. Effect of pre-treatments using potassium metabisulphide and alkaline ethyl oleate on the drying kinetics of apricots. **Biosystems Engineering**, London, GB, v.83, n.3, p.281-287, 2004a.

DOYMAZ, I. Drying kinetics of white mulberry. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.61, p.341-346, 2004b.

DOYMAZ, I. Convective air drying characteristics of thin layer carrots. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.61, n.3, p. 359-364, 2004c.

DOYMAZ, I. Thin-layer drying behaviour of mint leaves. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.74, n.4, p. 370-375, 2005.

DOYMAZ, I.; TUGRUL, N.; PALA, M. Drying characteristics of dill and parsley leaves. **Journal of Food Engineering**, Oxford, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02608774>>. Acessado em 20 de Jan. de 2006.

ERENTURK, S.; GULABOGLU, M.S.; GULTEKIN, S. The effects of cutting and drying medium on the vitamin C content of rosehip during drying. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v. 68, n.4, p.513-518, 2005.

ERTEKIN, C.; YALDIZ, O. Drying of eggplant and selection of a suitable thin layer drying model. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.63, n.3, p.34-359, 2004.

ERTEKIN, F.K.; SULTANOGLU, M. Moisture sorption isotherm characteristics of peppers. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.47, n.3, p.221-231, 2001.

FORTES, M.; OKOS, M.R. Non-equilibrium thermodynamics approach to heat and mass transfer in corn kernels. **Transactions of American Society of Agricultural Engineers**, v.22, n.5, p.761-769, 1981.

GABAS, A.L.; TELIS-ROMERO, J.; MENEGALLI, F.C. Cinética de degradação do ácido ascórbico em ameixas liofilizadas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.23, n.2, p.66-70, 2003.

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**, Oxford, GB, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/journal/02608774>>. Acessado em 20 de Jan. de 2006.

GOOD, H. Measure to ensure the color stays right. **Food Quality Magazine**, Fev./Mar., 2004. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com/foodquality.php>>. Acessado em 12 de Jul. de 2005.

GOOD, H. Methods of measuring food color. **Food Quality Magazine**, Jan./Fev., 2003. Disponível em: <<http://www.hunterlab.com/foodquality.php>>. Acessado em 12 de Jul. de 2005.

GOUVEIA, P.G.J; MOURA, R.S.F.; ALMEIDA, F.A.C.; OLIVEIRA, A.M.V.O.; SILVA, M.M. Avaliação da cinética de secagem de caju mediante um planejamento experimental. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande: UFCG, v.6, n.3, p.471-474, 2002.

GUINÉ, R.P.F. Análise das características químicas e físicas de secadas. **Revista Millenium**, Viseu, v.29, 2004. Disponível em: <http://www.ipv.pt/millenium>. Acessado em 18 de dez. 2005.

GUNHAN, T.; DEMIR, V. HANCIOGLU, E.; HEPBASLI, A. Mathematical modeling of drying of bay leaves. **Energy Conversion and Management**. Oxford, v. 46, n.11-12, p. 1667-1679, 2005.

HAAG, H.P.; MINAMI, K. **Nutrição mineral em hortaliças**, 2ªed., Campinas: Fundação Cargill, 1998. p.28-29.

HALSEY, G. Physical adsorption on non-uniform surfaces. **The Journal of Chemical Physics**, v.16, n.10, p.931-937, 1948.

HENDERSON, S.M.; PABIS, S. Grain drying theory I. Temperature effect on drying coefficients. **Journal of Agricultural Engineering Research**, London, GB, v.6, n.3, p169-174, 1961.

HUNTERLAB, 2005. Disponível em: <[http://www.hunterlab.com/color\\_theory.php](http://www.hunterlab.com/color_theory.php)> Acessado em 10 de Dez de 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 3 ed. São Paulo, 1985. v. 1, 533 p.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/>>. Acessado em. 15 de Jan. de 2006.

JAMALI, A.; KOUHILA, M.; MOHAMED, L.A.; et al. Sorption isotherms of *Chenopodium ambrosioides*, leaves at three temperatures. **Journal of Food Engineering**, Oxford, L, v.72, n.1, p.77-84, 2006.

KEEY, R.B. **Drying: principles and practice**. Oxford: Pergamon Press, 1972. 358 p.

KHRAISHEH, M.A.M.; MCMINN, W.A.M.; MAGEE, T.R.A Quality and structural changes in starchy foods during microwave and convective drying. **Food Research International**, Barking, GB, v.37, n.5, p.497-503, 2004.

KING, V.A.E.; LIU, C.F.; LIU, Y.J. Chlorophyll stability in spinach dehydrated by freeze-drying and controlled low temperature vacuum dehydration. **Food Research International**, Barking, GB, v.34, n.2-3, p.167-175, 2001.

KROKIDA, M.K.; KARATHANOS, V.T.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D. Drying kinetics of some vegetables. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.59, n.4, p.391-403, 2003.

KROKIDA, M.K.; TSAMI, E.; MAROULIS, Z.B. Kinetics on color changes during drying of some fruits and vegetables. **Drying Technology**, New York, v.16, n.3-5, p.667-685, 1998.

KROKIDA, M.K.; OREOPOULOU, V.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D. Effect of pre-drying on quality of French fries. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.48, n.3, p.213-218, 2001.

LABUZA, T.P.; HYMAN, C.R. Moisture migration and control in multi-domain foods. **Trends in Food Science and Technology**, Cambridge, GB, v.9, n.2, p.47-55, 1998.

LABUZA, T.P.; KAAANANE, A.; CHEN, J.Y. Effects of temperature on the moisture sorption isotherms and water activity shift of two dehydrated foods. **Journal of Food Science**, Chicago Illinois, v.50, n.3, p.385, 1985.

LEAL, F.R.; COSTA, E.R.M. Influência da quebra do fruto e tempo de imersão em água na porcentagem de emergência das plantas de coentro (*Coriandrum sativum* L.). In: **43º Congresso Brasileiro de Olericultura**, 2003. Disponível em: <<http://www.abhorticultura.com.br/biblioteca/>>. Acessado em: 15 de Set. de 2004.

LEE, S.K.; KADER, A.A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. **Postharvest Biology and Technology**, Oxford, GB, v.20, n.3, p.207-220, 2000.

LEWICKI, P.P.; LE, H.V.; POMARANSKA-LAZUKA, W. Effect of pre-treatment on convective drying of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v. 54, n.2, p.141-146, 2002.

LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes, **Methods in Enzymology**, New York, v. 48, p.351-383, 1987.

LIN, T.M.; DURANCE, T.D.; SCAMAN, C.H. Characterization of vacuum microwave air and freeze dried carrot slices. **Food Research International**, Barking, GB, v.4, n.2, p.111-117, 1998.

LINDER, S. A proposal for the use of standardized methods for chlorophyll determination in ecological and eco-physiological investigations, **Physiology Plantarum**, v.32, p.154-156, 1974.

LISIEWSKA, Z.; SLUPSKI, J.; KMIĘCIK, W. GEB CZYNSKI, P. Amino acid profiles and protein quality of fresh and frozen dill depending on usable part of raw material, pre-treatment before freezing, and storage temperature of frozen products. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities - Food Science and Technology** v. 7, n.1, 2004. Disponível em: <<http://www.ejpau.media.pl>>. Acessado em 15 de set de 2005.

LIU, R.H.; DEWANTO, V.; WU, X.; ADOM, K. Effect of thermal processing on the nutritional values of tomatoes, 2002. Disponível em: <<http://ift.confex.com/ift/2000/technoprogram>>. Acessado em 25 de jan. 2006.

LOAIZA, J.; CANTWELL, M. Postharvest physiology and quality of cilantro (*Coriandrum sativum* L.). **HortScience**, Alexandria, Va., US, v.32, n.1, p.104-107, 1997.

LÓPEZ, A.; PIQUÉ, M.T.; BOATELLA, J. et al. Influence of drying conditions on the hazelnut quality: III. Browning. **Drying Technology**, New York, v.15, n.3-4, p.989-1002, 1997.

LOZANO, J.E.; IPARZ, A. Colour changes in concentrated fruit pulp during heating of high temperatures. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.31, n.3, p.365-373, 1997.

MADAMBA, P.S.; DRISCOLL, R.H.; BUCKLE, K.A. The thin-layer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v. 29, n.1, p. 75-97, 1966.

MAHARAJ, V.; SANKAT, C.K. Quality changes in dehydrated dasheen leaves: effects of blanching pre-treatment and drying conditions. **Food Research International**, Barking, GB, v.29, n.5-6, p.563-568, 1996.

MANGOS, T.J.; BERGER, R.G. Determination of major chlorophyll degradation products. **Zeitschrift für Lebensmittel Untersuchung und-Forschung**, v.204, n.5, p.345-350, 1997.

MATE, J.L.; QUARTAERT, C.; van't RIET, K. Effect of blanching on structural quality of dried potato slices. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, Pa, v. 46, n.3, p. 676-681, 1998.

MENKOV, N.D. Moisture sorption isotherms of chickpea seeds at several temperatures. **Journal of Food Engineering**, Oxford, v.45, n.4, p.189-194, 2000.

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

MOHAMED, L.A.; KOUHILA, M.; JAMALI, A. LAHSASNI, S.; MAHROUZ, M. Moisture adsorption isotherms of prickly pear cladode (*Opuntia ficus indica*) at different temperatures. **Energy Conversion and Management**, Oxford, UK, v.44, n.6, 923-936, 2003.

MÚRCIA, M.A.; LÓPEZ-AYERRA, B.; GRACÍA-CARMONA, F. Effect of processing methods and different blanching time on broccoli: Proximate composition and fatty acids. **Lebensmittel Wissenschaft und Technologie**, London, GB, v.32, n.4, p.238-243, 1999.

NEGI, P.S.; ROY, S.K. Effect of blanching and drying methods on  $\beta$ -carotene, ascorbic acid and chlorophyll retention of leafy vegetables. **LWT – Food Science and Technology**, v.33, n.4, p.295-298, 2000.

NIETO, A.; CASTRO, M.A.; ALZAMORA, S.M. Kinetics of moisture transfer during air drying of blanched and/or osmotically dehydrated mango. **Journal of Food Engineering**, Oxford, UK, v.50, n.3, p.175-185, 2001.

NOGUEIRA, R.I. **Processo de obtenção de inulina de chicória (*Cichorium intybus*) em pó**. Campinas, SP: UNICAMP, p.151, 2002, Tese de doutorado, Faculdade de Engenharia Agrícola.

NSONZI, F.; RAMASWAMY, H.S. Convective-air drying kinetics of osmotically pré-treated blueberries. **Drying Technology**, New York, MA, v.163, n.3-5, p.743-759, 1998.

OBOH, G. Effect of some post-harvest treatments on the nutritional properties of *Cnidocolus acontifolus* leaf. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.4, n.4, p.226-230, 2005.

OLIVEIRA, E.Q.; NETO, B.N.; NEGREIROS, M.Z. et al Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e alface. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.23, n.2, p.285-289, 2005.

OLIVEIRA, R.A. **Efeito da secagem de raízes de chicória na obtenção de inulina**. 2005, p.100. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Faculdade de Engenharia Agrícola, UNICAMP, Campinas.

ORDÓÑEZ, J.A. **Tecnologia de alimentos**, Vol. 1. Porto Alegre: Artmed, 2005, p.294. (Trad. MURAD, F.).

OSKAN, I.A.; AKBUDAK, I.; AKBUDAK, N. Microwave drying characteristics of spinach. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, 2005. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com>>. Acessado em 3 Jan. de 2006.

ÖZDEMİR, M.; DEVRES, Y.O. The thins layer drying characteristics of hazelnuts during roasting. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.42, n.4, p. 225-233, 1999.

PAL, U.S.; CHAKRAVERTY, A. Thin layer convection-drying of mushrooms. **Energy Conversion**, Oxford, UK., v.38, n.2, p.107-113, 1997.

PANCHARIYA, P.C.; POPOVIC, D.; SHARMA, A.L. Thin-layer modeling of black tea drying process. **Journal of Food Engineering**, Oxford, UK, v.52, n.4, p.349-357, 2002.

PARK, K.J.; YADO, M.K.M.; BROD, F.P.R. Estudo de secagem de pêra Bartlett (*Pyrus sp.*) em fatias. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP**, v.21, n.3, p.288-292, 2001a.

PARK, K.J.; BIN, A.; BROD, F.P.R. Obtenção das isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Bartlett (*pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, SP**, v.21, n.1, p.73-77, 2001b.

PARK, K.J.; BROD, F.P.R.; SILVA, J.E.A.R. Estudo comparative de secagem de cebolinha (*Allium sp. Cv. Galega*) utilizando secadores vertical e horizontal. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos, Campinas, Sp**, v.16, n.3, p. 143-145, 1996.

PARK, K.J; NOGUEIRA, R.I. Modelos de ajuste de isotermas de sorção de alimentos. **Revista Engenharia Rural, Piracicaba: ESALQ/USP**, v.3, n.1, p.81-86, 1992.

PARK, K.J; VOHNIKOVA, Z.; BROD, F.P.R. Evaluation of drying parameters and desorption of garden mint leaves (*Mentha crispa L.*). **Journal of Food Engineering, Oxford, UK**, v.51, n.3, p.193-199, 2002.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering, Westport**, v.16, n.1, p.21-37, 1993.

PEÑA, R.S; RIBEIRO,C.C.;GRANDI, J.G., Influencia da temperatura nos parâmetros de modelos bi-parametricos que predizem isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia cupana*) cm pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos. Campinas. v. 17, n.3, p. 229-232. 1997.**

PEREIRA, G.I.S.; PEREIRA, R.G.F.A.; BARCELOS, M.F.P.B.; MORAIS, A.R. Avaliação química da folha de cenoura visando ao seu aproveitamento na alimentação humana. **Ciência Agrotécnica, Lavras**, v.27, n.4, p.8524-857, 2003.

RAMESH, M.N; WOLF, W.; TEVINI, D.; JUNG, G. Influence of processing parameters on the drying of spice paprika. **Journal of Food Engineering, Oxford, GB**, v.49, n.1, p. 63-72, 2001.

RIGHETTO, A.M. **Caracterização físico-química e estabilidade de suco de acerola verde microencapsulado por atomização e liofilização**. Campinas, SP: UNICAMP, p.178, 2003. Tese de Doutorado em Engenharia de Alimentos.

SACILIK, K.; UNAL, G. Dehydration characteristics of kastomonu garlic slices. **Biosystems Engineering**, London, GB, v.92, n. 2, p.207-215, 2005.

SACILIK, K; ELICIN, A.K. The thin layer drying characteristics of organic apple slices. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.73, n.3, p.281-289, 2006.

SAPRU, V.; LABUZA, T.P. Moisture transfer simulation in packaged cereal-fruit systems. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.60, n.1, p.45-61, 1996.

SARTORI, J. A.; **Qualidade dos grãos de milho pós o processo de secagem**, 2001, 16 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Faculdade de Engenharia Agrícola. Universidade Estadual de Campinas-SP.

SEVERINI, C.; BAIANO, A.; DE PILLI, T.; CARBONE, B.F.; DEROSI, A. Combined treatments of blanching and dehydration: study on potato cubes. **Journal of Food Engineering**, v.68, n.3, p.289-296, 2005.

SHARMA, G.P.; PRASAD, S. Optimization of process parameters for microwave drying of garlic cloves. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.75, n.4, p.441-446, 2006.

SILVA, F.A.S. A; AZEVEDO, C.A.V.. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**.Campina Grande, v.4, n.1, p.71-78, 2002.

SILVA, A.S.; ALMEIDA, F.A.C.; GOUVEIA, J.P.G.; LIMA, E.E. Cinética de secagem das folhas do coentro variedade verdão. In: **XXXIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola**, 2005, Canoas. **Anais...**2005. p.4 – CD.

SILVA, M.A.S.; PINEDO, R.A.; KIECKBUSCH, T.G. Ascorbic acid thermal degradation during hot air drying of camu-camu slices at different air temperatures. In: **XIV International Drying Symposium**, 2004, São Paulo, **Anais...2004**, Vol. C.

SINGH, G.; KAWATRA, A.; SEHGAL, S. Nutritional composition of selected green leafy vegetables, herbs and carrots. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, Holanda, v.56, p.359-364, 2001.

SOUZA FILHO, M. de S. M., LIMA, J.R., SOUZA, A.C.R. et al. Effect of bleaching, osmotic process, heat treatment and storage on ascorbic acid stability of cashew apple processed by combined methods. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, SP, v.19, n.2, p.211-213, 1999.

STATISTICA (data analysis software system) - **StatSoft, Inc.** (2004), version 7. [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).

STREIT, N.M.; CANTERLE, L.P.; CANTO, M.W. HECKTHEUER, L.H.H. As clorofilas. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v.35, n.3, p.748-755, 2005.

SUNJKA, P.S.; RAGHAVAN, G.S.V. Assessment of pretreatment methods and osmotic dehydration for cranberries. **Canadian Biosystems Engineering**, Toronto, v.46, n.3, p.35-40, 2004.

TAIZ, L.; ZIEGLER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.693. (Trad. SANTARÉM, E.R. et al.).

USDA – **United States Department of Agriculture**, 2005. Disponível em: <<http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp>>. Acessado em 10 de Set 2005.

VARNALIS, A.I.; BRENNAN, J.G.; MACDOUGALL, D.B. A proposed mechanism of high-temperature puffing of potato. Part I. The influence of blanching and drying conditions on the volume of puffed cubes. **Journal of Food Engineering**, Oxford, GB, v.48, n.4, p.361-367, 2001.

WATADA, A.E.; ABE, K.; YAMAUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. **Food Technology**, Chicago, Ill, v.5, n.1, p. 116-122, 1990.

WEEMAES, C.A.; OOMS, V. VAN LOEY, A.M.; HENDRICKX, M.E. Kinetics of chlorophyll degradation and color loss in heated broccoli juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Easton, PA, v.47, n.6, p.2404-2409, 1999.

YADAV, S.K.; SEHGAL, S. Effect of domestic processing and cooking on selecte antinutrient contents of some green leafy vegetables. **Plant Foods for Human Nutrition**, Dordrecht, Holanda, v.58, n.1, p.1-11, 2003.

YAZDAMI, M.; SAZANDEHCHI, P.; AZIZI, M.; GHOBADI, P. Moisture sorption isotherms and isosteric heat for pistachio. **European Food Research Technology**. Disponível em: <<http://www.springerlink.com>>. Acessado em 15 de Jan. de 2006.

ZANONI, B.; PERI, C.; NANI, R.; LAVELLI, V. Oxidative heat damage of tomato halves as affected by drying. **Food Research International**, Barking, GB, v.31, n.5, p.395-401, 1999.

ZOGZAS, N.P.; MAROULIS, Z.B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology**, New York, NY, v. 14, p.2225-53, 1996.

## **8. APÊNDICE**

### DADOS EXPERIMENTAIS DA SECAGEM

Tabela 1a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem das folhas do coentro sem branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,5ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
2,5	0,836	0,843	2,5	0,686	0,678	2	0,584	0,614	1	0,669	0,674
5	0,731	0,743	5	0,514	0,490	4	0,329	0,369	2	0,464	0,445
7,5	0,617	0,644	7,5	0,366	0,342	6	0,177	0,194	3	0,337	0,304
10	0,533	0,559	10	0,263	0,222	8	0,082	0,090	4	0,262	0,216
15	0,407	0,448	12,5	0,177	0,137	10	0,046	0,031	5	0,189	0,137
20	0,306	0,351	15	0,120	0,080	15	0,024	0,008	7,5	0,109	0,059
25	0,242	0,289	20	0,051	0,029	20	0,002	0,002	10	0,057	0,020
30	0,178	0,227	25	0,017	0,011	25	0,002	0,002	12,5	0,035	0,008
40	0,098	0,139	30	0,011	0,006	30	0,002	0,002	15	0,020	0,004
50	0,056	0,078	40	0,006	0,006	40	0,002	0,002	17,5	0,015	0,004
60	0,023	0,041	50	0,006	0,000	50	0,001	0,001	20	0,005	0,004
70	0,021	0,024	60	0,006	0,000	60	0,001	0,001	25	0,002	0,003
80	0,009	0,018	80	0,000	0,000	80	0,000	0,000	30	0,002	0,002
100	0,003	0,011	100	0,000	0,000				40	0,000	0,000
120	0,003	0,000	120	0,000	0,000				50	0,000	0,000
140	0,001	0,000							60	0,000	0,000
160	0,001	0,000									
180	0,001	0,000									
210	0,000	0,000									

Tabela 2a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem das folhas do coentro sem branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,0ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
2,5	0,823	0,829	2,5	0,808	0,789	2	0,680	0,655	1	0,703	0,712
5	0,733	0,748	5	0,655	0,617	4	0,465	0,427	2	0,535	0,553
7,5	0,655	0,673	7,5	0,524	0,463	6	0,290	0,289	3	0,402	0,420
10	0,587	0,616	10	0,410	0,343	8	0,177	0,187	4	0,298	0,326
15	0,474	0,528	12,5	0,307	0,251	10	0,098	0,118	5	0,185	0,232
20	0,379	0,444	15	0,233	0,160	15	0,024	0,039	7,5	0,067	0,100
25	0,262	0,367	20	0,131	0,069	20	0,013	0,011	10	0,024	0,041
30	0,231	0,303	25	0,068	0,034	25	0,007	0,006	12,5	0,008	0,020
40	0,144	0,205	30	0,040	0,011	30	0,002	0,002	15	0,003	0,008
50	0,088	0,138	40	0,017	0,000	40	0,002	0,002	17,5	0,002	0,006
60	0,048	0,083	50	0,006	0,000	50	0,001	0,002	20	0,002	0,004
70	0,017	0,048	60	0,000	0,000	60	0,001	0,000	25	0,002	0,004
80	0,008	0,023	80	0,000	0,000	80	0,000	0,000	30	0,002	0,001
100	0,004	0,008	100	0,000	0,000				40	0,000	0,001
120	0,004	0,002	120	0,000	0,000				50	0,000	0,000
140	0,003	0,001							60	0,000	0,000
160	0,003	0,000							80	0,000	0,000
180	0,000	0,000									
210	0,000	0,000									

Tabela 3a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem do caule do coentro sem branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,5ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
10	0,893	0,910	10	0,833	0,851	5	0,793	0,812	2,5	0,893	0,871
20	0,818	0,832	20	0,709	0,758	10	0,644	0,666	5	0,784	0,778
30	0,746	0,768	30	0,604	0,668	15	0,520	0,562	7,5	0,680	0,681
40	0,678	0,713	40	0,511	0,594	20	0,421	0,466	10	0,577	0,595
50	0,617	0,657	50	0,442	0,532	25	0,335	0,387	15	0,401	0,435
60	0,559	0,607	60	0,372	0,467	30	0,270	0,322	20	0,281	0,327
80	0,459	0,514	80	0,261	0,359	40	0,185	0,228	25	0,180	0,242
100	0,374	0,441	100	0,175	0,267	50	0,130	0,153	30	0,108	0,171
120	0,307	0,376	120	0,110	0,192	60	0,091	0,101	40	0,029	0,083
150	0,229	0,297	140	0,068	0,140	70	0,064	0,067	50	0,003	0,030
180	0,169	0,230	160	0,046	0,093	80	0,043	0,046	60	0,002	0,008
210	0,126	0,178	180	0,034	0,062	100	0,021	0,023	80	0,000	0,000
240	0,092	0,139	210	0,021	0,027	120	0,010	0,014	100	0,000	0,000
270	0,068	0,112	240	0,015	0,015	140	0,003	0,008			
300	0,043	0,092	270	0,008	0,005	160	0,000	0,001			
360	0,020	0,065	300	0,001	0,001	180	0,000	0,000			
420	0,009	0,048	330	0,000	0,000	200	0,000	0,000			
480	0,002	0,017	360	0,000	0,000						
540	0,000	0,002									
600	0,000	0,000									

Tabela 4a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem do caule do coentro sem branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,0ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
10	0,898	0,901	10	0,877	0,893	5	0,884	0,896	2,5	0,839	0,853
20	0,816	0,832	20	0,782	0,806	10	0,790	0,813	5	0,707	0,737
30	0,762	0,774	30	0,695	0,731	15	0,701	0,730	7,5	0,586	0,628
40	0,712	0,722	40	0,620	0,661	20	0,625	0,663	10	0,478	0,529
50	0,661	0,676	50	0,554	0,604	25	0,559	0,602	15	0,317	0,373
60	0,617	0,633	60	0,492	0,550	30	0,497	0,545	20	0,204	0,235
80	0,541	0,563	80	0,387	0,457	40	0,396	0,446	25	0,137	0,165
100	0,476	0,497	100	0,291	0,371	50	0,312	0,364	30	0,096	0,121
120	0,422	0,442	120	0,222	0,300	60	0,246	0,290	40	0,032	0,062
150	0,346	0,367	140	0,162	0,234	70	0,192	0,227	50	0,007	0,034
180	0,289	0,310	160	0,122	0,181	80	0,155	0,180	60	0,006	0,021
210	0,238	0,260	180	0,089	0,141	100	0,107	0,110	80	0,001	0,002
240	0,190	0,217	210	0,065	0,111	120	0,074	0,069	100	0,000	0,000
270	0,148	0,182	240	0,047	0,084	140	0,055	0,036	120	0,000	0,000
300	0,114	0,145	270	0,030	0,060	160	0,042	0,026	140	0,000	0,000
360	0,068	0,092	300	0,011	0,034	180	0,030	0,014			
420	0,034	0,058	330	0,001	0,015	200	0,018	0,007			
480	0,002	0,033	360	0,001	0,007	220	0,012	0,006			
540	0,000	0,014	390	0,000	0,004	240	0,003	0,001			
600	0,000	0,000	420		0,000	300	0,000	0,000			

Tabela 5a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem das folhas do coentro com branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,5ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,0000	0	1,000	1,0000
2,5	0,805	0,829	2,5	0,764	0,783	2	0,747	0,7772	1	0,814	0,8325
5	0,711	0,736	5	0,606	0,647	4	0,569	0,6189	2	0,690	0,7083
7,5	0,645	0,638	7,5	0,504	0,549	6	0,446	0,4969	3	0,583	0,6070
10	0,585	0,561	10	0,378	0,459	8	0,342	0,4011	4	0,504	0,5226
15	0,508	0,450	12,5	0,291	0,376	10	0,260	0,3250	5	0,403	0,4514
20	0,432	0,358	15	0,228	0,293	15	0,141	0,1944	7,5	0,267	0,3162
25	0,365	0,299	17,5	0,189	0,233	20	0,079	0,1177	10	0,170	0,2239
30	0,307	0,238	20	0,142	0,196	25	0,046	0,0719	12,5	0,120	0,1597
40	0,215	0,161	25	0,087	0,135	30	0,026	0,0443	15	0,087	0,1146
50	0,156	0,109	30	0,063	0,105	40	0,014	0,0170	17,5	0,065	0,0826
60	0,104	0,068	40	0,024	0,030	50	0,002	0,0067	20	0,044	0,0598
80	0,049	0,034	50	0,008	0,008	60	0,000	0,0026	25	0,024	0,0317
100	0,028	0,018	60	0,000	0,000	70	0,000	0,0000	30	0,014	0,0170
120	0,010	0,012	80	0,000	0,000	80	0,000	0,0000	40	0,000	0,0000
140	0,004	0,008	100	0,000	0,000				50	0,000	0,0000
160	0,002	0,005	120	0,000	0,000				60	0,000	0,0000
180	0,001	0,001									
210	0,000	0,000									

Tabela 6a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem das folhas do coentro com branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,0ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,00	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
2,5	0,843	0,85	2,5	0,816	0,846	2	0,757	0,746	1	0,817	0,821
5	0,763	0,78	5	0,721	0,731	4	0,607	0,591	2	0,705	0,676
7,5	0,706	0,69	7,5	0,610	0,635	6	0,503	0,473	3	0,608	0,581
10	0,588	0,62	10	0,522	0,555	8	0,411	0,370	4	0,534	0,510
15	0,524	0,52	12,5	0,463	0,486	10	0,333	0,288	5	0,468	0,437
20	0,461	0,44	15	0,412	0,427	15	0,204	0,185	7,5	0,347	0,323
25	0,410	0,38	17,5	0,360	0,376	20	0,128	0,118	10	0,264	0,237
30	0,325	0,31	20	0,301	0,331	25	0,079	0,067	12,5	0,203	0,174
40	0,252	0,22	25	0,228	0,258	30	0,036	0,022	15	0,152	0,123
50	0,187	0,16	30	0,169	0,202	40	0,022	0,015	17,5	0,124	0,089
60	0,141	0,11	40	0,096	0,125	50	0,008	0,007	20	0,096	0,058
80	0,105	0,06	50	0,044	0,079	60	0,003	0,000	25	0,057	0,027
100	0,067	0,02	60	0,022	0,050	70	0,001	0,000	30	0,041	0,010
120	0,037	0,02	80	0,000	0,000	80	0,000	0,000	40	0,019	0,004
140	0,022	0,01	100	0,000	0,000				50	0,009	0,001
160	0,013	0,01	120	0,000	0,000				60	0,001	0,001
180	0,005	0,00							80	0,000	0,000
210	0,000	0,00									

Tabela 7a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem do caule do coentro com branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,5ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
10	0,793	0,832	10	0,746	0,754	5	0,770	0,777	2,5	0,776	0,775
20	0,697	0,728	20	0,598	0,610	10	0,635	0,634	5	0,646	0,627
30	0,620	0,667	30	0,473	0,496	15	0,509	0,514	7,5	0,531	0,496
40	0,553	0,604	40	0,366	0,405	20	0,403	0,403	10	0,427	0,392
50	0,496	0,537	50	0,287	0,335	25	0,316	0,308	15	0,273	0,226
60	0,445	0,480	60	0,216	0,267	30	0,249	0,236	20	0,159	0,098
80	0,362	0,382	80	0,117	0,169	40	0,161	0,139	25	0,088	0,048
100	0,294	0,292	100	0,058	0,103	50	0,106	0,088	30	0,046	0,018
120	0,237	0,238	120	0,031	0,056	60	0,072	0,057	40	0,016	0,010
150	0,173	0,184	140	0,021	0,030	70	0,052	0,043	50	0,009	0,007
180	0,130	0,144	160	0,014	0,018	80	0,037	0,031	60	0,009	0,007
210	0,098	0,114	180	0,011	0,012	100	0,019	0,019	80	0,000	0,000
240	0,076	0,065	210	0,003	0,002	120	0,011	0,012	100	0,000	0,000
270	0,060	0,037	240	0,003	0,002	140	0,001	0,004			
300	0,044	0,020	270	0,000	0,001	160	0,000	0,000			
360	0,025	0,008	300	0,000	0,000	180	0,000	0,000			
420	0,013	0,003	330	0,000	0,000	200	0,000	0,000			
480	0,005	0,000	360	0,000	0,000						
540	0,002	0,000									
600	0,000	0,000									

Tabela 8a – Valores do adimensional de umidade e tempo para a secagem do caule do coentro com branqueamento a 50, 60, 70 e 80°C na velocidade do ar de 1,0ms<sup>-1</sup>.

50°C			60°C			70°C			80°C		
Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)		Tempo (min)	(Ut-Ue)/(Uo-Ue)	
	R1	R2		R2	R2		R1	R2		R1	R2
0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000	0	1,000	1,000
10	0,864	0,804	10	0,791	0,824	5	0,840	0,817	2,5	0,829	0,833
20	0,771	0,710	20	0,652	0,716	10	0,725	0,689	5	0,711	0,703
30	0,709	0,633	30	0,534	0,613	15	0,620	0,579	7,5	0,598	0,590
40	0,658	0,572	40	0,434	0,526	20	0,531	0,487	10	0,483	0,489
50	0,589	0,516	50	0,355	0,454	25	0,455	0,413	15	0,305	0,319
60	0,535	0,467	60	0,287	0,393	30	0,388	0,343	20	0,195	0,225
80	0,445	0,383	80	0,181	0,265	40	0,289	0,236	25	0,115	0,155
100	0,371	0,315	100	0,113	0,175	50	0,217	0,158	30	0,065	0,104
120	0,315	0,257	120	0,080	0,120	60	0,163	0,100	40	0,017	0,048
150	0,244	0,190	140	0,055	0,082	70	0,124	0,065	50	0,002	0,014
180	0,193	0,146	160	0,041	0,055	80	0,098	0,044	60	0,002	0,002
210	0,156	0,113	180	0,035	0,039	100	0,057	0,018	80	0,002	0,001
240	0,125	0,088	200	0,028	0,025	120	0,033	0,013	100	0,002	0,001
270	0,105	0,070	220	0,026	0,020	140	0,016	0,004	120	0,000	0,000
300	0,087	0,052	240	0,020	0,011	160	0,008	0,009	140	0,000	0,000
360	0,062	0,033	270	0,012	0,004	180	0,002	0,004			
420	0,039	0,017	300	0,006	0,000	200	0,000	0,002			
480	0,023	0,008	330	0,003	0,000	220	0,002	0,002			
540	0,005	0,000	360	0,001	0,000	240	0,002	0,001			
600	0,000	0,000	390	0,000	0,000	300	0,000	0,000			

## ANÁLISES DE VARIÂNCIA

Tabela 9a - Análise de variância dos valores médios da luminosidade das folhas do coentro desidratado nas temperaturas estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	34,3630	8,59075	25,8498**
Resíduo	15	4,9850	0,33233	
Total	19	39,3480		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 10a - Análise de variância dos valores médios do croma das folhas do coentro desidratado nas temperaturas estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	39,34965	9,83741	101,8893**
Resíduo	15	1,44825	0,09655	
Total	19	40,7979		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 11a - Análise de variância dos valores médios do ângulo do matiz das folhas do coentro desidratado nas temperaturas estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	120,16427	30,04107	94,5238**
Resíduo	15	4,76722	0,31781	
Total	19	124,93149		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 12a - Análise de variância dos valores médios da luminosidade do caule do coentro desidratado nas temperaturas estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	110,6150	27,65375	133,7006**
Resíduo	15	3,1025	0,20683	
Total	19	113,7175		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 13a - Análise de variância dos valores médios do croma do caule do coentro desidratado nas temperaturas estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	14,27887	3,56972	17,4483**
Resíduo	15	3,06883	0,20459	
Total	19	17,3477		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 14a - Análise de variância dos valores médios do ângulo do matiz do caule do coentro desidratado nas temperaturas estudadas

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	4	127,1611	31,79027	233,0580**
Resíduo	15	2,04607	0,1364	
Total	19	129,20717		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 15a - Análise de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	48099,18859	24049,5943	61,1206**
Resíduo	9	3541,30169	393,47797	
Total	11	51640,49028		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 16a - Análise de variância dos valores médios do teor de ácido ascórbico do caule do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	14449,36534	7224,68267	121,6494**
Resíduo	9	534,50458	59,38940	
Total	11	14983,86991		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 17a - Análise de variância dos valores médios do teor de proteína bruta das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	29,94869	14,97435	29,9048**
Resíduo	9	4,5066	0,50073	
Total	11	34,45529		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 18a - Análise de variância dos valores médios do teor de proteína bruta do caule do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	4,55947	2,27973	43,2318**
Resíduo	9	0,4746	0,05273	
Total	11	5,03406		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 19a - Análise de variância dos valores médios do teor de clorofila total das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	14,12682	7,06341	25515,022**
Resíduo	9	0,00249	0,00028	
Total	11	14,12931		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 20a - Análise de variância dos valores médios do teor de clorofila total do caule do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	4,67447	2,33723	10723,2981**
Resíduo	9	0,00196	0,00022	
Total	11	4,67643		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 21a - Análise de variância dos valores médios da luminosidade das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	80,285	40,1425	205,8690**
Resíduo	9	1,7550	0,1950	
Total	11	82,04		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 22a - Análise de variância dos valores médios do croma das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	461,12555	230,56277	1049,5631**
Resíduo	9	1,97707	0,21967	
Total	11	463,10262		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 23a - Análise de variância dos valores médios do ângulo do matiz das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	77,42672	38,71336	95,0883**
Resíduo	9	3,66418	0,40713	
Total	11	81,09089		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 24a - Análise de variância dos valores médios da luminosidade do caule do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

Fonte de variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Tratamentos	2	67,6250	33,81250	116,3719**
Resíduo	9	2,6150	0,29056	
Total	11	70,240		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 25a - Análise de variância dos valores médios do croma do caule do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	2	4,55585	2,27793	10,2766**
Resíduo	9	1,99495	0,22166	
Total	11	6,5508		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

Tabela 26a - Análise de variância dos valores médios do ângulo do matiz das folhas do coentro *in natura* e desidratadas com e sem branqueamento.

<b>Fonte de variação</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.Q.</b>	<b>Q.M.</b>	<b>F</b>
Tratamentos	2	31,26645	15,63322	100,5298**
Resíduo	9	1,39957	0,15551	
Total	11	32,66602		

\*\* Significativo a 1% de probabilidade.

G.L. - Grau de liberdade; S.Q. - Soma dos quadrados; Q.M. - Quadrado médio dos desvios; F - Valor e significância do teste F

## REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS EQUAÇÕES APLICADAS AOS DADOS EXPERIMENTAIS DAS ISOTERMAS DE ADSORÇÃO

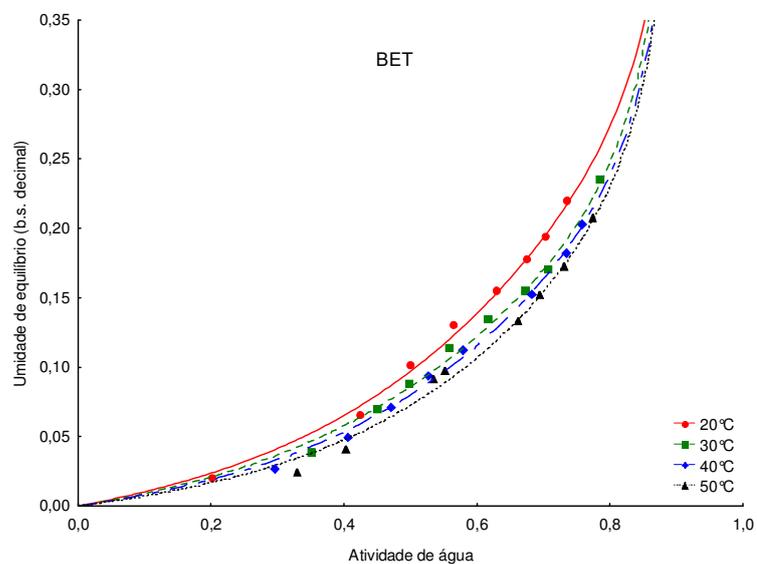


Figura 1a - Isotermas de adsorção das folhas do coentro, pela aplicação do modelo de BET.

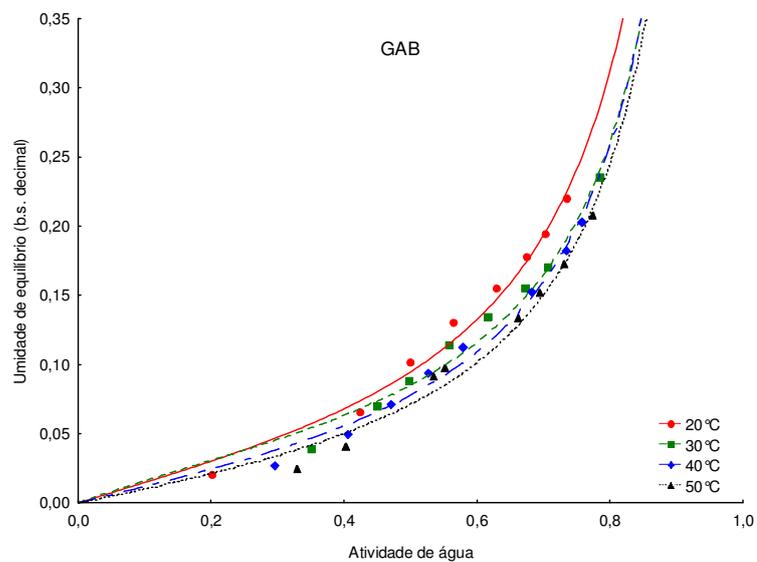


Figura 2a - Isotermas de adsorção das folhas do coentro, pela aplicação do modelo de GAB.

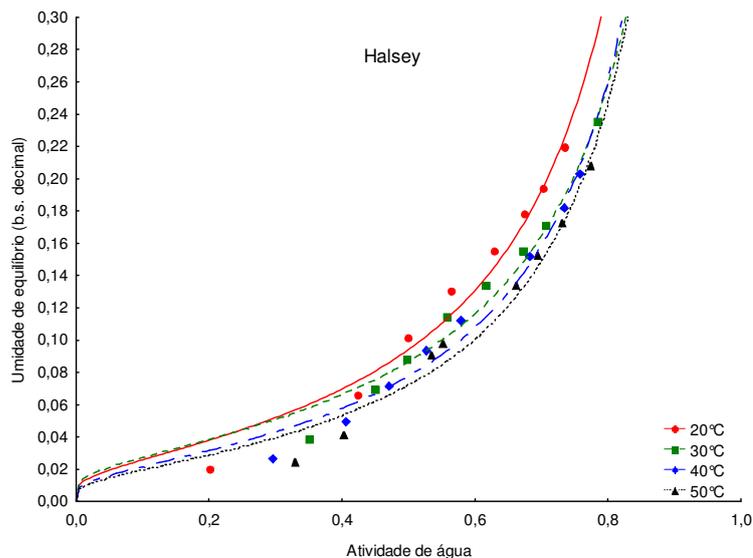


Figura 3a - Isothermas de adsorção das folhas do coentro, pela aplicação do modelo de Halsey.

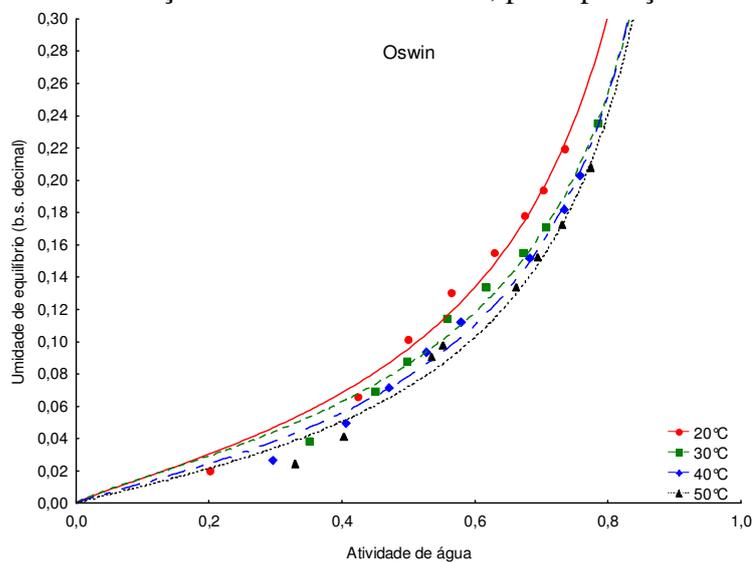


Figura 4a - Isothermas de adsorção das folhas do coentro, pela aplicação do modelo de Oswin.

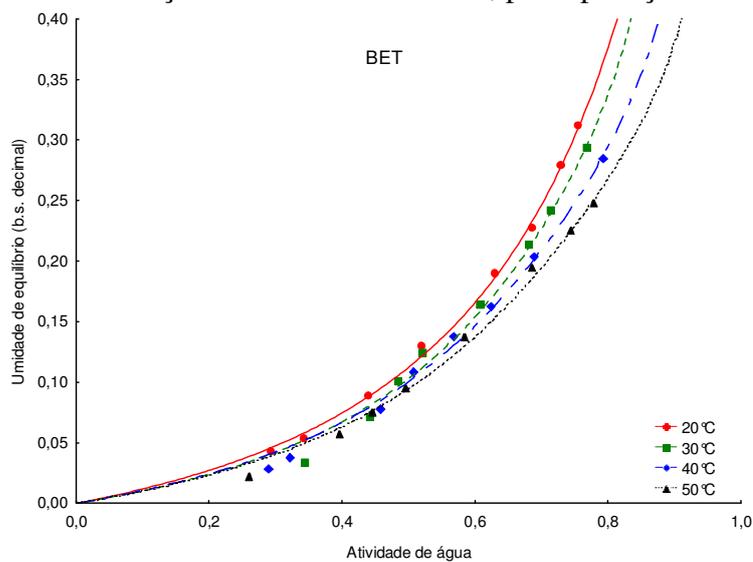


Figura 5a - Isothermas de adsorção do caule do coentro, pela aplicação do modelo de BET.

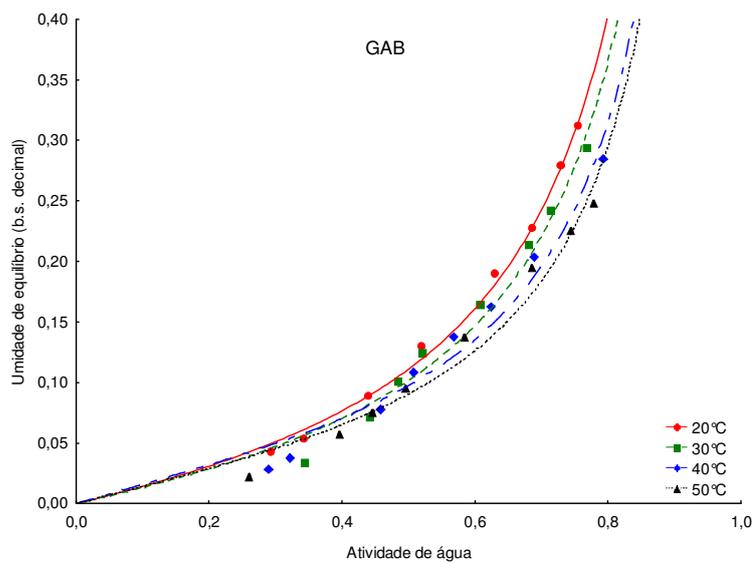


Figura 6a - Isothermas de adsorção do caule do coentro, pela aplicação do modelo de GAB.

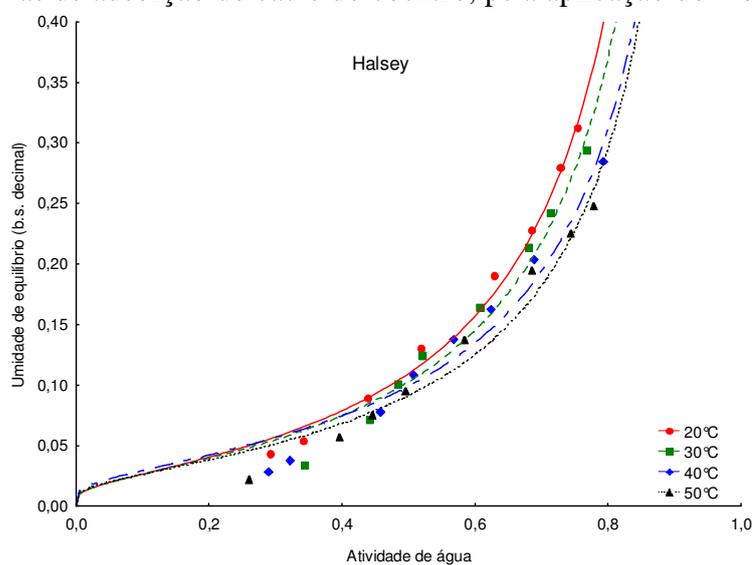


Figura 6a - Isothermas de adsorção do caule do coentro, pela aplicação do modelo de Halsey.

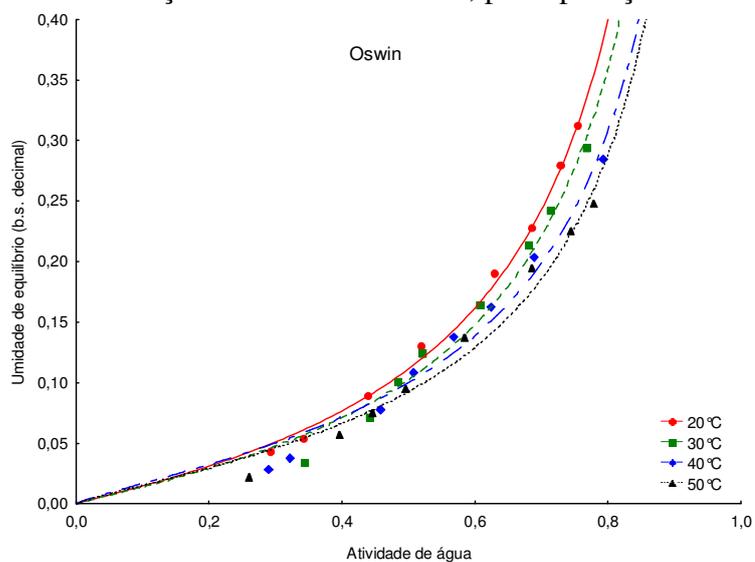


Figura 7a - Isothermas de adsorção do caule do coentro, pela aplicação do modelo de Oswin.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)