



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA  
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



# **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

## **Dissertação de Mestrado**

**OBTENÇÃO DE EXTRATOS LÍQUIDOS DE JUAZEIRO  
E MORORÓ PARA FINS INDUSTRIAIS**

**FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA**

**Campina Grande  
Paraíba**



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



**DISSERTAÇÃO**

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

**OBTENÇÃO DE EXTRATOS LÍQUIDOS DE JUAZEIRO E MORORÓ PARA FINS  
INDUSTRIAIS**

**FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA**

---

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA  
FEVEREIRO, 2013**

FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA

**OBTENÇÃO DE EXTRATOS LÍQUIDOS DE JUAZEIRO E MORORÓ PARA FINS  
INDUSTRIAIS**



**Orientador as:** Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Paula Trindade Rocha  
Prof<sup>ª</sup>. Dra. Josivanda Palmeira Gomes

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Área de Concentração em Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, em cumprimento das exigências para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA  
FEVEREIRO, 2013**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S725o Sousa, Francinalva Cordeiro de.  
Obtenção de extratos líquidos de Juazeiro e Mororó para fins industriais /  
Francinalva Cordeiro de Sousa. -- 2013.  
126 f. : il.

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

"Orientação: Profa. Dra. Ana Paula Trindade Rocha, Profa. Dra.  
Josivanda Palmeira Gomes."  
Referências.

1. Secagem. 2. Plantas Medicinais. 3. Compostos Químicos.  
4. Planejamento Experimental. I. Rocha, Ana Paula Trindade. II. Gomes,  
Josivanda Pa lmeira. III. Título.

CDU 633.88(043)

**DIGITALIZAÇÃO:**

**SISTEMOTECA - UFCG**



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



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

FRANCINALVA CORDEIRO DE SOUSA

OBTENÇÃO DE EXTRATOS LÍQUIDOS DE JUAZEIRO E MORORÓ PARA  
FINS INDUSTRIAIS

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr.<sup>a</sup> Ana Paula Trindade Rocha  
Orientadora (UAEA/CTRN/UFPG)

APROVADO

Dr.<sup>a</sup> Josivanda Palmeira Gomes  
Orientadora (UAEA/CTRN/UFPG)

APROVADO

Dr. Osvaldo Soares da Silva  
Examinador (UATA/CCTA/UFPG)

APROVADO

Dr. Gilmar Trindade de Araújo  
Examinador (UAEQ/CCT/UFPG)

Aprovado

FEVEREIRO - 2013

*A pessoa mais importante da minha vida, minha mãe, 'Maria de Fatima' por acreditar em mim e por todo apoio e esforço que tem a mim dedicado, proporcionando-me a melhor educação dentro de suas mais remotas possibilidades, através dos exemplos de perseverança, dedicação, honestidade e compromisso, "essa vitória é nossa".*

### **DEDICO**

*A minha família que nos últimos anos viveram com minha ausência, mais me apoiaram de uma maneira incondicional, de modo a alcançar todos os meus objetivos até aqui trilhados, pela amizade, incentivo e apoio incontestável em incontáveis momentos de pressão psicológica.*

### **OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

*A DEUS, ser maravilhoso, fonte de energia e vida, do qual tirei forças em momentos tão difíceis nesta caminhada, permitindo-me encontrar pessoas descentes que contribuíram significativamente para a realização deste trabalho.*

*A meu pai, que através do seu jeito meio torto de educar, me incentivou indiretamente a lutar por meus objetivos, acreditando desta forma que os caminhos podem ser cheios de pedregulhos, mais que o sol sempre nasce a cada amanhecer.*

*As minhas irmãs, Ednalva e Corrinha a qual tem muito me apoiado e incentivado nos diversos setores de minha vida, apesar das reclamações de minha ausência. Eu amo vocês.*

*Aos meus pequeninos gênios da infância, Pedro Felipe, Pedro Henrique, Maria Eduarda e Isaque, que com suas sabedorias de criança faziam-me lembrar de que todo esforço merece uma pausa para brincar, relaxar e esquecer os problemas.*

*Ao meu mano Cícero que apesar da não convivência tem me aconselhado muito em acreditar que DEUS é sempre o caminho mais correto a seguir.*

*As minhas orientadoras e amigas Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Paula Trindade Rocha e Prof<sup>ª</sup>. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, pela amizade, orientação, incentivo, confiança e presença constante em minha vida, auxiliando-me sempre que necessário, aqui dedico a minha eterna gratidão.*

*Ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), pelo acolhimento e oportunidade de realização deste curso, onde tive oportunidade de conhecer pessoas e profissionais maravilhosos, com os quais criei laços de amizades indestrutíveis;*

*Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de auxílio financeiro;*

*À Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG e aos professores, pela colaboração, ensinamentos e experiências adquiridas;*

*A Faculdade de Tecnologia Centec que me deu o direito de escolha; Escolhi vim para o mestrado.*

*A professora Rossana Maria Feitosa de Figueiredo, o meu muito obrigada pela colaboração e apoio a mim prestados sempre que busquei informações em sua sala.*

*Ao professor Osvaldo Soares da Silva pela paciência e disponibilidade em orientar-me via email.*

*Ao professor Gilmar Trindade que tantas vezes com suas explicações química pura me deixou confusa, mais me abriu a mente para resolução de alguns problemas técnicos de metodologia.*

*Ao professor e grande amigo Patrício Maracajá pela oportunidade a mim concedida em continuar a buscar meus sonhos no âmbito acadêmico, nunca esquecerei a sua gratidão e apoio moral.*

*Aos professores, funcionários, colegas e amigos do bloco CZ, em especial a Salomé (mãe e amiga de todas as horas – Quando recebo o seu abraço tão carinhoso, a saudade que sinto de minha mãe é em parte preenchida – eu te amo), Silas, Severina, pessoas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho;*

*Aos secretários do curso de pós-graduação em Engenharia Agrícola, nas pessoas de Aldaniza, Cida e Gilson e ainda o meu amigo e terapeuta Gustavo Villarim pelo carinho com o qual resolvem nossos problemas e pelo auxílio prestado;*

*Aos colegas do curso de mestrado, Elisabete Piancó, Christopher Stallone, Aline Oliveira, Joabis Nobre, Bruno Adelino, Luzia Marcia, pessoas indispensáveis nos dias e noites de estudos intermináveis tentando desvendar os mistérios da termodinâmica. O convívio com essa turma me ensinou que amizades vêm e vão mais que os sentimentos adquiridos ao longo do caminho ficam guardados pra sempre em nossas mentes.*

*Ao estudante de graduação Jorge Jacó, bolsista de iniciação científica, por sua contribuição incontestável na realização da pesquisa, atuando com muita garra, eficiência, responsabilidade e compromisso.*

*À minha amiga e irmã Luzia Marcia, por sua amizade e parceria incondicional, por estar sempre de prontidão quando precisei de um ombro amigo pra chorar e me ajudar a caminhar, mesmo em passos lentos. Minha conselheira profissional e sentimental nos momentos em que pensei não mais aguentar tamanho peso sobre meus ombros, sua contribuição foi incontestável na realização deste trabalho, atuando com muita eficiência, responsabilidade e compromisso. Amiga você me ensinou a ver a vida sobre outro ângulo, me ajudou a dar rumo as minhas perturbações amorosas, ofereceu-me seu ombro amigo, sem pedir nada, simplesmente minha amizade.*

*Aos novos amigos Evaldo, Iran, João Paulo e o enigmático José Vieira que no acaso da vida os encontrei, permitindo-me acreditar e confiar que amizades sinceras ainda podem existir.*

*A você Marcelo Possas que Deus em sua infinita sabedoria resolveu que era o momento certo de colocá-lo em meu caminho, dando-me paz de espírito. Obrigado por ter tornado meus dias mais alegres.*

*A minha amiga Salomé, uma criatura linda que DEUS colocou em minha vida. Você me ensinou que as lágrimas que derramamos na vida são necessárias para o nosso crescimento pessoal.*

*Aos amigos de caminhada, Daniel Gonçalves, Elisabete Piancó, Flávio Gurjão, Denise Amaral, Taciano Pessoa, Juliana Brito, Cicera Cavalcante, Regina Garcia, Regilane Marques e Silvana Nazaré, pelo convívio e contribuições valiosas para o sucesso do trabalho.*

*Ao amigo e colega de apartamento Vagner, o gato selvagem que tanto fez-me rir com suas histórias de conto de fadas inacreditáveis, mais cheias de humor.*

*Por fim, sou grata a todos que, de alguma forma, contribuíram e foram importantes na realização deste trabalho.*

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>xi</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xvi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1. Considerações gerais sobre plantas medicinais.....	4
2.2. Juazeiro.....	9
2.3. Mororó.....	11
2.4. Atividade de umidade.....	15
2.4.1. Isotermas de desumidificação.....	15
2.5. Secagem.....	18
2.6. Caracterização de extratos vegetais.....	22
2.7. Caracterização físico-química do extrato.....	23
2.7.1. Teor de água e sólidos totais.....	24
2.7.2. Cinzas.....	25
2.7.3. Densidade.....	25
2.7.4. Alcaloides.....	26
2.7.5. Tanino.....	26
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>28</b>
3.1. Material vegetal.....	28
3.2. Processamento.....	29
3.3. Caracterização das espécies vegetais <i>in natura</i> .....	29
3.3.1. Determinação do teor de água.....	30
3.3.2. Cinzas.....	30
3.3.3. Teor de sólidos totais.....	30
3.4. Determinação das isotermas de equilíbrio higroscópico.....	31
3.5. Planejamento fatorial para secagem.....	33
3.5.1. Cinética de secagem.....	33
3.6. Caracterização física do material vegetal desidratado.....	36

3.6.1. Determinação do teor de água.....	36
3.6.2. Cinzas.....	37
3.6.3. Determinação do teor de extrativos.....	37
3.7. Maceração dinâmica.....	37
3.7.1. Obtenção do extrato líquido bruto.....	38
3.8. Caracterização da solução extrativa.....	38
3.8.1. Determinação da densidade.....	38
3.8.2. Determinação do teor de sólidos totais.....	38
3.8.3. Determinação do teor de alcaloides.....	38
3.8.4. Determinação do teor de taninos condensados.....	39
3.9. Preparação dos extratos concentrados.....	40
3.9.1. Determinação da densidade.....	40
3.9.2. Determinação do teor de sólidos totais.....	40
3.9.3. Determinação do teor de taninos condensado.....	40
3.9.4. Determinação do teor de alcaloides.....	41
3.9.5. Análise estatística.....	41
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>42</b>
4.1. Caracterização das espécies vegetais <i>in natura</i> .....	42
4.2. Determinação das isotermas de equilíbrio higroscópico.....	43
4.3. Cinética de secagem.....	52
4.4. Caracterização física do pó.....	61
4.5. Caracterização física da solução extrativa e do extrato concentrado.....	64
4.6. Análise dos ensaios de secagem através do planejamento experimental.....	68
4.6.1. Análises estatísticas.....	71
4.6.1.1. Alcaloides.....	71
4.6.1.1.1. Juazeiro.....	71
4.6.1.1.2. Mororó.....	73
4.6.1.2. Taninos condensados.....	75
4.6.1.2.1. Juazeiro.....	75
4.6.1.2.2. Mororó.....	77

<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>79</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>80</b>
<b>APÊNDICE A .....</b>	<b>104</b>
<b>APÊNDICE B.....</b>	<b>106</b>
<b>APÊNDICE C .....</b>	<b>108</b>
<b>APÊNDICE D .....</b>	<b>110</b>
<b>APÊNDICE E.....</b>	<b>112</b>
<b>APÊNDICE F .....</b>	<b>115</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 2.1.</b> Árvore (A) e folhas (B) do juazeiro ( <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart..) .....	10
<b>Figura 2.2.</b> Árvore (A) e folhas (B) do mororó ( <i>Bauhinia cheilantha</i> .).....	12
<b>Figura 2.3.</b> Curva típica da cinética de de secagem (VILLELA & ARTUR, 2008) ....	21
<b>Figura 3.1.</b> Folhas frescas de <i>B. forficata</i> Link e <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart .....	28
<b>Figura 3.2.</b> Fluxograma de processamento das folhas para realização dos experimentos. .....	29
<b>Figura 3.3.</b> Bandejas metálicas contendo amostras .....	34
<b>Figura 3.4.</b> Estufa utilizada na secagem das folhas em camada espessa .....	35
<b>Figura 4.1.</b> Isotermas de dessorção de folhas <i>in natura</i> de juazeiro, ajustadas pelo modelo de Peleg .....	48
<b>Figura 4.2.</b> Isotermas de dessorção de folhas <i>in natura</i> de juazeiro, ajustadas pelo modelo de GAB .....	49
<b>Figura 4.3.</b> Isotermas de dessorção de folhas <i>in natura</i> de juazeiro, ajustadas pelo modelo de Oswin .....	49
<b>Figura 4.4.</b> Isotermas de dessorção de folhas <i>in natura</i> de mororó, ajustadas pelo modelo de Peleg.....	50

<b>Figura 4.5.</b> Isotermas de dessorção de folhas <i>in natura</i> de mororó, ajustadas pelo modelo de GAB.....	51
<b>Figura 4.6.</b> Isotermas de dessorção de folhas <i>in natura</i> de mororó, ajustadas pelo modelo de Oswin .....	52
<b>Figura 4.7.</b> Valores observados e estimados, pela equação de Midilli et al. ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de juazeiro. .....	57
<b>Figura 4.8.</b> Valores observados e estimados, pela equação de Midilli et al. ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de mororó.....	57
<b>Figura 4.9.</b> Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de alcaloides totais extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de juazeiro para um nível de confiança de 95%. .....	72
<b>Figura 4.10.</b> Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de alcaloides totais extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de mororó para um nível de confiança de 95%. .....	74
<b>Figura 4.11.</b> Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de taninos condensados extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de juazeiro para um nível de confiança de 95%. .....	76
<b>Figura 4.12.</b> Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de taninos condensados extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de mororó para um nível de confiança de 95%. .....	78

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1.</b> Equações para ajuste de isotermas de sorção de umidade de produtos biológicos	18
<b>Tabela 3.1.</b> Níveis reais e codificados do planejamento fatorial $2^2$	33
<b>Tabela 3.2.</b> Matriz de planejamento fatorial $2^2$ com 3 repetições no ponto central para a cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó	33
<b>Tabela 4.1.</b> Caracterização físico-química das folhas <i>in natura</i> de juazeiro e mororó	42
<b>Tabela 4.2.</b> Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio percentual médio (P) dos modelos ajustados à isoterma de dessorção das folhas de juazeiro	44
<b>Tabela 4.3.</b> Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio percentual médio (P) dos modelos ajustados à isoterma de dessorção das folhas de mororó	44
<b>Tabela 4.4.</b> Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do desvio percentual médio (P%), calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem de folhas de <i>Ziziphus joazeiro</i> Mart. obtidos nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidade de 0,5, 1,0 e 1,5 m s <sup>-1</sup>	53
<b>Tabela 4.5.</b> Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do desvio percentual médio (P%) calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem de folhas de <i>Bauhinia cheilantha</i> , obtidos nas temperaturas de 40, 50 e 60°C e velocidade de 0,5, 1,0 e 1,5 m s <sup>-1</sup>	54
<b>Tabela 4.6.</b> Parâmetros de ajuste da equação de Midilli na cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó	60

<b>Tabela 4.7.</b> Parâmetros de ajuste da equação de Midilli na cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó .....	61
<b>Tabela 4.8.</b> Parâmetros de ajuste da equação de Midilli na cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó .....	63
<b>Tabela 4.9.</b> Parâmetros de ajuste da equação de Midilli na cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó .....	64
<b>Tabela 4.10.</b> Caracterização físico-química da solução extrativa e do extrato concentrado das folhas de mororó .....	66
<b>Tabela 4.11.</b> Matriz de planejamento fatorial $2^2$ com três experimentos no ponto central e os resultados para os ensaios de alcaloides dos extratos concentrados de juazeiro e mororó. .....	68
<b>Tabela 4.12.</b> Matriz de planejamento fatorial $2^2 +$ três experimentos no ponto central e os resultados para os ensaios de condensados dos extratos concentrados de juazeiro e mororó. .....	70
<b>Tabela 4.13.</b> Coeficientes de regressão para alcaloides. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem. .....	71
<b>Tabela 4.14.</b> Resultado da ANOVA para alcaloides. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem. .....	73

<b>Tabela 4.15.</b> Coeficientes de regressão para alcaloides. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem. .....	73
<b>Tabela 4.16.</b> Resultado da ANOVA para alcaloides. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem. .....	75
<b>Tabela 4.17.</b> Coeficientes de regressão para taninos condensados. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem. .....	75
<b>Tabela 4.18.</b> Resultado da ANOVA para taninos condensados. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem. .....	77
<b>Tabela 4.19.</b> Coeficientes de regressão para taninos condensados. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem. .....	77
<b>Tabela 4.20.</b> Resultado da ANOVA para tanino. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem. .....	78



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



Dissertação de Mestrado: **Obtenção de extratos líquidos de juazeiro e mororó para fins industriais**

Autora: **Francinalva Cordeiro de Sousa**

Orientadoras: **Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Paula Trindade Rocha**

**Prof<sup>ª</sup>. Dra. Josivanda Palmeira Gomes**

## RESUMO

Realizou-se este trabalho com o objetivo de estudar o processamento de plantas medicinais, oriundas do semiárido paraibano, visando à produção de extrato líquido para a utilização na indústria farmacêutica. Inicialmente, as folhas *in natura* foram analisadas quanto à composição física. Investigou-se também as isotermas de desorção de umidade das amostras *in natura* nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C no equipamento Aqualab e ajustaram-se os modelos de GAB, Peleg e Oswin aos dados experimentais. Os melhores ajustes aos dados experimentais foram obtidos utilizando-se o modelo de Peleg. Um planejamento fatorial  $2^2$  com pontos centrais totalizando 7 experimentos para cada planta foi utilizado visando a otimização do processo de secagem. A cinética de secagem foi realizada em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidades do ar de 0,5, 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>. Com os dados experimentais obtidos durante o processo de secagem de ambas as espécies foram ajustadas as curvas de secagem aos modelos de Cavalcanti Mata (2006), Henderson & Pabis (1961), Midilli et al. (2002), Page (1949) e Wang & Sing (1978), utilizando o método Quasi-Newton, através do programa Statistica®. O material em pó foi caracterizado fisicamente, quanto aos teores de água, cinzas e extrativo. O extrato hidroalcoólico concentrado da droga vegetal foi obtido através da maceração dinâmica, utilizando como líquido extrator álcool a 70% sendo posteriormente caracterizado físico-quimicamente. A solução extrativa e o extrato concentrado foram caracterizados quanto aos teores de densidade e sólidos. Mediante planejamento experimental, utilizando uma matriz  $2^2 + 3$  repetições no ponto central, foi avaliado o efeito das variáveis de secagem sobre o teor de alcaloides e tanino condensado. Os resultados dentre os parâmetros avaliados para as amostras de extratos hidroalcoólicos, constatou-se que o modelo empírico não foi estatisticamente significativo nem preditivo.

**Palavras-chave:** secagem, plantas medicinais, compostos químicos, planejamento experimental

## ABSTRACT

This work was performed in order to study the processing of medicinal plants, originated from the semiarid region of Paraíba, aiming the production of liquid extract for use in the pharmaceutical industry. Initially, the *in natura* leaves were analyzed for physical composition. It was also investigated the moisture desorption isotherms of *in natura* samples at temperatures of 20, 30 and 40 °C in Aqualab equipment and set up models of GAB, Oswin and Peleg to the experimental data. The optimal settings to the experimental data were obtained using the model of Peleg. A 2<sup>2</sup> factorial design with center points totaling 7 experiments for each plant was used in order to optimize the drying process. The drying kinetics was performed in a greenhouse with circulating air at temperatures of 40, 50 and 60 °C and air velocities of 0.5, 1.0 and 1.5 m s<sup>-1</sup>. The drying curves of the experimental data obtained during the drying process from both species were adjusted to the models of Cavalcanti Mata (2006), Pabis & Henderson (1961), Midilli et al. (2002), Page (1949) and Wang & Sing (1978) using the Quasi-Newton method, through the program Statistica®. The powdered material was characterized physically, regarding the levels of water, ash and extractive. The hydroalcoholic extract of concentrated vegetal drug was obtained by dynamic maceration using as liquid extractor 70% alcohol being subsequently characterized physico-chemically. The extractive solution and the concentrated extract were characterized according to density and solid levels. Through the experimental design, using a matrix 2<sup>2</sup> + 3 repetitions at the center point, was evaluated the effect of the drying variables on the content of alkaloids and condensed tannin. On the results among the parameters for samples of hydroalcoholic extracts, it was found that the empirical model was not statistically significant or predictive.

**Keywords:** drying, medicinal plants, chemical compounds and experimental design

## 1. INTRODUÇÃO

As plantas estão inseridas na humanidade há bastante tempo, sendo essa relação homem e natureza, na forma de alimentos, construção de sua habitação, vestuários, materiais para a fabricação de ferramentas e também para a manutenção de sua saúde. O homem dependia da natureza para sua sobrevivência, desta forma a utilização de plantas medicinais com fins terapêuticos vem desde épocas muito remotas, onde as mesmas eram utilizadas para a cura de diversas doenças (JESUS, 2008). Na cultura nordestina essa prática é comum e está presente nas mais diversas regiões, principalmente nas que se encontram distantes dos grandes centros urbanos, visto que o valor dos medicamentos sintéticos são bastante caros e inacessíveis à grande parte da população, devido às inovações tecnológicas empregadas pelas indústrias.

O desenvolvimento de tecnologias ao longo do tempo possibilitou novos estudos sobre o conhecimento das propriedades medicinais, até então conhecidas de forma empírica pela população, onde estes eram transmitidos de geração para geração. Existem vários centros de pesquisa no Brasil e no exterior desenvolvendo estudos sobre as propriedades farmacológicas de espécies medicinais. O conhecimento científico sobre as plantas medicinais, bem como tecnologias adequadas para a extração de seus princípios ativos enfocando a sua utilização como medicamento, se fazem necessários na busca de comprovar os seus efeitos sobre o organismo humano, tendo em vista que o uso indiscriminado e sem controle de algumas espécies podem ser prejudicial à saúde.

De acordo com OLIVEIRA et al. (2011) a produção de drogas vegetais preconiza a observação de uma série de cuidados durante o processamento e, entre eles, incluem-se a secagem, que na maioria dos casos, deve ser realizada imediatamente após a colheita, minimizando com isso as perdas de substâncias farmacológicas ativas que ocorrem devido a degradação enzimática associada à presença de água. O objetivo principal da secagem farmacêutica é a retirada da água, responsável por reações químicas, fenômenos físicos e desenvolvimento microbiano (SOUZA et al., 2006).

O Brasil possui a maior biodiversidade mundial de plantas como matéria-prima para a fabricação de fitoterápicos e outros medicamentos. Muitos dos fármacos extraídos através das plantas medicinais pela indústria farmacêutica são obtidos através da riquíssima flora brasileira. Por conterem princípios bioativos, as plantas consideradas medicinais são bastante

estudadas nos laboratórios farmacêuticos com o intuito de fazer o isolamento destas substâncias com poderes curativos (BARBOSA FILHO et al., 1997).

A busca por novas substâncias biologicamente ativas requer desempenho criterioso na metodologia para a extração e preparação dos extratos vegetais, visando o isolamento de seus constituintes químicos. Um dos métodos mais empregados é a preparação do extrato hidroalcoólico, para a realização de análises fitoquímicas por cromatografia, espectrofotometria, dentre outros. Uma vez realizados estudos farmacológicos e fitoquímicos sobre outras espécies desse gênero, visando-se concentrações significativas de alguns compostos químicos de grande interesse comercial, dentre eles alcaloides, flavonoides, cumarina, triterpenos, etc., escolheu-se, as espécies juazeiro e mororó para realizar uma caracterização fitoquímica do extrato líquido. Este extrato é importante para pesquisas farmacológicas e desenvolvimento de novos fitoterápicos.

Dentre as espécies nativas do semiárido nordestino, cerca de 119 são utilizadas como plantas medicinais (AGRA et al., 2007a). Dentre estas se destacam o juazeiro, uma planta endêmica da caatinga e o mororó, espécies de grande importância medicinal e econômica, porém, atualmente encontram-se ameaçadas de extinção causadas pelas explorações extrativistas.

Resultados bastante satisfatórios foram encontrados em alguns trabalhos sobre extração de princípios bioativos de plantas medicinais como NORIEGA et al. (2005); BANOV et al. (2006); CAVALHEIRO et al. (2009) e DIAS et al. (2011) o que impulsiona pesquisas e aprofundamento em estudos com fins farmacológicos. Tendo em vista o grande avanço científico e o crescente interesse da indústria farmacêutica por extratos vegetais como constituintes de medicamentos fitoterápicos, novos estudos têm sido desenvolvidos com o objetivo de isolar e identificar os principais metabólitos secundários das diferentes partes de plantas através do uso de tecnologias como a espectrofotometria.

Tendo em vista a grande importância dos extratos fitoterápicos no mercado nacional, o objetivo geral deste presente trabalho é ampliar os estudos referentes ao processamento de plantas medicinais (juazeiro e mororó) do semiárido para obtenção de extratos líquidos visando sua utilização na indústria farmacêutica. Mediante o tema em questão e a sua importância para a população em geral, este estudo tem como objetivos específicos:

- Caracterizar físico-quimicamente (teor de água, teor de sólidos, cinzas, alcaloides e taninos) a matéria-prima vegetal *in natura*;
- Avaliar o equilíbrio higroscópico das espécies vegetais *in natura*;

- Ajustar curvas de secagem de juazeiro e mororó a partir dos dados experimentais, utilizando-se diferentes modelos matemáticos;
- Caracterizar fisicamente (teor de água, teor de extrativos e cinzas) o material vegetal desidratado;
- Obter o extrato líquido por maceração dinâmica das espécies vegetais;
- Avaliar as características físico-químicas (densidade, sólidos totais, alcaloides e tanino condensado) dos extratos líquidos obtidos;
- Avaliar a influência da secagem e velocidade do ar com relação aos constituintes químicos dos extratos vegetais;
- Analisar estatisticamente os resultados das análises químicas dos extratos líquidos vegetais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Considerações gerais sobre plantas medicinais

O conhecimento sobre plantas medicinais simboliza muitas vezes o único recurso terapêutico de muitas comunidades e grupos étnicos. O uso de plantas no tratamento e na cura de enfermidades é tão antigo quanto a espécie humana. Ainda hoje nas regiões mais pobres do país e até mesmo nas grandes cidades brasileiras, plantas medicinais são comercializadas em feiras livres, mercados populares e encontradas em quintais residenciais. As observações populares sobre o uso e a eficácia de plantas medicinais contribuem de forma relevante para a divulgação das virtudes terapêuticas dos vegetais, prescritos com frequência, pelos efeitos medicinais que produzem, apesar de não terem seus constituintes químicos conhecidos (LÓPEZ, 2006).

O potencial de cura das plantas medicinais era experimentado pelas civilizações primitivas, mesmo que empiricamente, ao se perceberem os efeitos terapêuticos das mesmas. Todos esses conhecimentos foram transmitidos oralmente às gerações seguintes, para posteriormente, com o aparecimento da escrita, serem reunidos e armazenados como um tesouro precioso (JESUS, 2008).

Segundo DUARTE (2006), a fitoterapia foi documentada por meio de um manuscrito egípcio denominado “Eber papyrus” (1500 a.C) no qual havia a descrição de 811 ervas com indicação medicinal e seus métodos de utilização. Em 280 a.C. na Grécia antiga, Hipócrates, considerado o pai da medicina, divulgou em sua obra *Corpus Hipocraticum*, informações sobre o poder medicinal da terapêutica vegetal e, posteriormente o tratado da medicina recomendou o uso de remédios dessa natureza, consagrando a existência dos procedimentos fitoterápicos.

Durante as chamadas civilizações clássicas, as drogas vegetais começaram a ser registradas de forma sistemática. Na Grécia, Dioscórides escreveu a obra que posteriormente foi traduzida para o latim do século XV, a chamada “De Matéria Médica”. Neste documento foram descritas mais de quinhentas espécies vegetais e seus usos na terapêutica (POSSE, 2007).

O final do século XX e início do século XXI foram marcados por intensas transformações científicas e tecnológicas que causaram impactos na medicina. Enquanto a indústria investe cada vez mais em recursos para as pesquisas e desenvolvimento tecnológico

no ramo da medicina, maior é o número de usuários da medicina tradicional que buscam tratamento na chamada medicina alternativa ou terapias complementares (BIESKI, 2005).

Apesar da flora brasileira ser bastante rica e suas plantas medicinais serem muito utilizadas pela população, os estudos científicos sobre o assunto são insuficientes, e os programas existentes, estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS), para estudar a segurança e eficácia dos fitoterápicos são poucos. Nos últimos dez anos, entretanto, o interesse por plantas superiores, especialmente por fitoterápicos aumentou significativamente, não só nos países em desenvolvimento, mas também nos países industrializados.

A indústria farmacêutica que possui um acelerado desenvolvimento tem sofrido intensa pressão por parte dos governos de países industrializados, preocupados com os custos de seus sistemas de saúde. Desse modo, as margens de lucro da indústria farmacêutica de produtos sintéticos, que frequentemente são elevados, vêm perdendo espaço para os fitoterápicos. Isto tem aumentado o comércio internacional na medicina vegetal e atraído a maioria das companhias farmacêuticas, inclusive multinacionais, para os fitoterápicos (PACHÚ, 2007).

Desde a Declaração de Alma-Ata, em 1978 a Organização Mundial de Saúde (OMS), tem divulgado a sua posição a respeito da necessidade de valorizar a utilização de plantas medicinais no setor sanitário, tendo em vista que 80% da população mundial utilizam estas plantas ou preparações destas no que se refere à atenção primária de saúde. Ao lado disso, destaca-se a participação dos países em desenvolvimento nesse processo, já que possuem 67% das espécies vegetais do mundo (BRASIL, 2004). Segundo dados da Associação Brasileira das Empresas do Setor Fitoterápico e Suplemento Alimentar (ABIFISA), no Brasil, 91,9% da população já tomou algum remédio com essa forma de princípio ativo, (MARTINS, 2009).

O Governo Federal através do Decreto Presidencial Nº. 5.813, de 22 de junho de 2006, aprovou a Política Nacional de Plantas Medicinais e Fitoterápicos, a qual se constitui em parte essencial das políticas públicas de saúde, meio ambiente, desenvolvimento econômico e social como um dos elementos fundamentais de transversalidade na implementação de ações capazes de promover melhorias na qualidade de vida da população brasileira (BRASIL, 2007).

Com aumento no consumo de fitoterápicos pela população e com a finalidade de uma maior valorização de hábitos mais saudáveis, o alto custo dos medicamentos sintéticos e efeitos colaterais dos remédios alopáticos, além das novas descobertas de princípios ativos nas plantas, motivaram iniciativas para a regulamentação dos fitomedicamentos. A publicação da Resolução RDC nº 48, de 16 de março de 2004, atualizou a normatização do registro de

fitoterápicos junto à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Essa resolução explica que planta medicinal é qualquer planta que possua em um ou vários de seus órgãos, substâncias usadas com finalidade terapêutica ou que estas sejam ponto de partida para a síntese de produtos químicos e farmacêuticos. A estas substâncias é dado o nome de princípios ativos. São eles os responsáveis pelo efeito terapêutico que a planta medicinal possui (BRASIL, 2003).

O consumo de remédios caseiros à base de plantas é uma realidade assimilada não só pela indústria farmacêutica, como também pelo poder público. Tanto assim, que prefeituras de várias capitais, além de inúmeras cidades do interior, já distribuem gratuitamente estes medicamentos à população nos postos de saúde. O Ministério da Saúde, que sempre mostrou bastante cautela em relação a esta prática, também adotou as ervas medicinais e delegou à Central de Medicamentos (CEME), a tarefa de patrocinar, junto a diversas Universidades Brasileiras, estudos sobre as reais propriedades e eventuais efeitos tóxicos.

De acordo com KLEIN et al. (2009) o avanço terapêutico dos fitomedicamentos é bastante amplo, pelo fato de associarem o conhecimento popular ao desenvolvimento tecnológico nas diversas fases de industrialização, alicerçados em pesquisas inerentes. Os extratos obtidos de plantas medicinais devem preservar os diversos componentes ativos, se caracterizando em um fitocomplexo. Esta manutenção busca garantir a ação farmacológica específica da espécie vegetal, lembrando que o isolamento de princípios ativos não reproduz obrigatoriamente o efeito do fitocomplexo.

As plantas medicinais vêm sendo cada vez mais utilizadas nas sociedades industrializadas, não somente pelo seu poder curativo, mas também por serem economicamente mais acessíveis. A desigualdade social faz com que a população busque alternativa e soluções para a promoção da qualidade de vida, principalmente entre as famílias mais carentes (DUTRA, 2009).

Apesar de sua grande utilização na medicina popular brasileira, o uso indiscriminado e sem controle das plantas medicinais pode ser prejudicial à saúde humana. O potencial econômico de espécies medicinais nativas no Brasil é imenso, tanto que tais espécies são consideradas uma riqueza a ser preservada e utilizada, sendo necessário conservar a diversidade genética vegetal disponível. Para otimizar a utilização dos recursos medicinais nativos de um país são indispensáveis estudos de caracterização do germoplasma de uma espécie e também propiciar para que as mesmas sejam incluídas em um programa de melhoramento genético (PEREIRA et al., 2006).

Ao longo do tempo têm sido registrados variados procedimentos clínicos tradicionais utilizando plantas medicinais. Apesar da grande evolução da medicina alopática a partir da segunda metade do século XX, existem obstáculos básicos na sua utilização pelas populações carentes, que vão desde o acesso aos centros de atendimento hospitalares, à obtenção de exames e medicamentos. Estes motivos associados com a fácil obtenção e a grande tradição do uso de plantas medicinais contribuem para sua utilização pelas populações dos países em desenvolvimento. Grande parte da comercialização de plantas medicinais é feita em farmácias e lojas de produtos naturais, onde preparações vegetais são comercializadas com rotulagem industrializada. Em geral essas preparações não possuem certificado de qualidade e são produzidas a partir de plantas cultivadas, o que descaracteriza a medicina tradicional que utiliza, quase sempre, plantas da flora nativa (VEIGA JUNIOR, 2005).

Estimativa da Associação Brasileira de Fitoterapia calcula que somente no Brasil, a indústria de fitoterápicos movimenta, em média, cerca de US\$ 500 milhões por ano. Contudo, essa indústria, tal qual a de medicamentos sintéticos, segue um padrão de desenvolvimento e distribuição marcado pela concentração. Nos últimos anos a legislação brasileira para medicamentos fitoterápicos, vem sofrendo frequentes modificações para tentar minimizar possíveis danos ao bem estar da população que faz uso desta terapia em busca de melhores condições de saúde (PIMENTA, 2012).

A utilização de fitoterápicos deve ocorrer de forma orientada por profissionais da área de saúde, de modo que o uso inadequado não ocasione danos à saúde, que vão desde a ineficiência terapêutica a reações adversas severas. Dependendo da forma de uso, os cuidados são os mesmos destinados a outros medicamentos. Por isso é importante que seja realizado o controle sanitário destes produtos e a conscientização da população sobre seus riscos, visto que a ideia de que produto de origem natural pode ser usado sem prescrição (CARVALHO et al., 2007). Diante do exposto, a legislação brasileira estabelece normas para a produção e registro de produtos a base de ervas medicinais garantindo, desta forma, a segurança do consumidor.

Segundo dados da Organização Mundial de Saúde (OMS) o Brasil é o país que possui a maior parcela da biodiversidade mundial, em torno de 15 a 20% do total, com destaque para as plantas superiores, as quais detêm aproximadamente 24% dessa biodiversidade. Entre os elementos que compõem essa biodiversidade, as plantas são a matéria-prima para a fabricação de fitoterápicos e outros medicamentos. Além desse acervo genético, o Brasil é detentor de rica diversidade cultural e étnica que resultou em um acúmulo considerável de conhecimentos

e tecnologias tradicionais, passados de geração para geração, entre os quais se destaca o vasto conhecimento sobre manejo e uso de plantas medicinais (BRASIL, 2006b).

Nos países desenvolvidos, as plantas medicinais não apenas são matérias-primas para a produção industrial de derivados químicos, assim como também nos países em desenvolvimento, fazem parte de extratos ou compostos fitoterápicos utilizados na terapêutica de diversas enfermidades (ABIFISA, 2009).

De acordo com a Associação Brasileira das Empresas do Setor de Fitoterápicos, Suplemento Alimentar e de Promoção da Saúde – ABIFISA (2009), principal associação do setor voltado a fitoterapia o mercado global de fitoterápico movimenta mundialmente US\$ 21,7 bilhões por ano, representando 15% do capital da indústria farmacêutica mundial. No Brasil essa movimentação chega a cerca de US\$ 160 milhões, e o crescimento das vendas é de mais de 15% ao ano, sendo que para os medicamentos sintéticos esse crescimento chega apenas a 4% ao ano. Em toda a cadeia produtiva, o setor fitoterápico nacional movimenta anualmente cerca de R\$ 1 bilhão e emprega mais de 100 mil de pessoas.

Pesquisa da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) revela que 90% das empresas detentoras de registros de fitoterápicos estão localizadas nas regiões Sul e Sudeste do País. Apesar do enorme potencial, a participação da região Norte nesse setor é de apenas 2% (PIMENTA, 2012).

O crescimento no setor de fitoterápicos vem estimulando pesquisadores e indústrias farmacêuticas internacionais a investir em pesquisas e patenteamento de novas substâncias naturais, bem como em extratos padronizados. O interesse internacional nas plantas medicinais nativas do Brasil é grande, pois o país possui a maior biodiversidade do planeta e uma rica medicina tradicional pouco conhecida e difundida (CARVALHO, 2009).

A indústria de medicamentos fitoterápicos foi beneficiada no tocante a regulação econômica, uma vez que seus produtos não estão sob o controle de preços, sendo, entretanto, chamada a uma ampla reestruturação de processos e produtos dada à exigência de validação implementada pela regulação técnica. No ano de 2006, foram identificados 103 laboratórios com a comercialização de 367 medicamentos fitoterápicos, referentes a 53 classes terapêuticas (FREITAS, 2007).

Porém a competitividade da cadeia produtiva de plantas medicinais no Brasil apresenta concorrência, apesar de possuir uma das maiores reservas de biodiversidade do planeta, apresenta um baixo nível de competitividade no setor. A ampliação de uma competitividade sistêmica da cadeia produtiva de plantas medicinais passa fundamentalmente

pela mudança no marco regulatório, na política industrial e tecnológica nacional (RODRIGUES & NOGUEIRA, 2008).

A farmacovigilância de plantas medicinais e fitoterápicos é uma preocupação emergente, por meio do sistema internacional será possível identificar os efeitos indesejáveis desconhecidos, quantificar os riscos e identificar os fatores de riscos e mecanismos, padronizar termos, divulgar experiências, entre outros, permitindo seu uso seguro e eficaz (SILVEIRA et al., 2008). Assim, mesmo com o desenvolvimento de grandes laboratórios farmacêuticos e dos fármacos sintéticos, as plantas medicinais permaneceram como forma alternativa de tratamento em várias partes do mundo. Observou-se nas últimas décadas a revalorização do emprego de preparações fitoterápicas. Assim, alguns grupos farmacêuticos passaram a desenvolver esforços voltados para o aprimoramento de medicamentos fitoterápicos e sua produção em escala industrial. O novo avanço dos medicamentos fitoterápicos, longe de ser uma volta ao passado, caracteriza-se pela busca de produção em escala industrial, diferentemente das formas artesanais que caracterizaram os estágios iniciais de sua utilização (KLEIN et al., 2009).

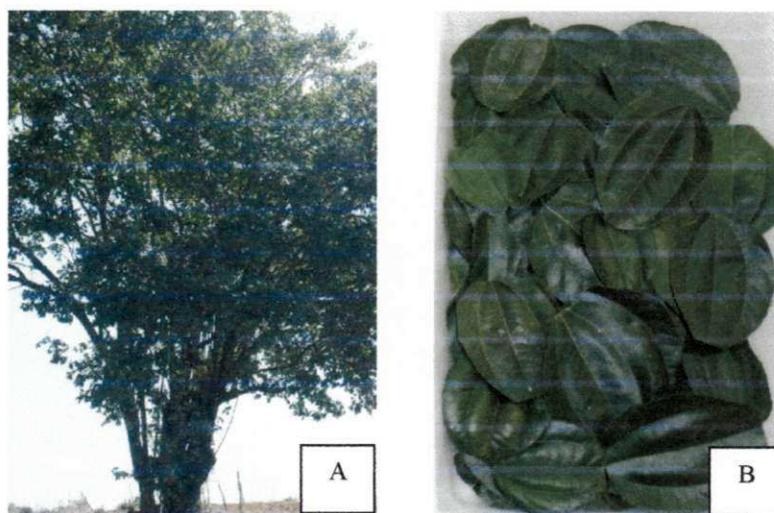
## 2.2. Juazeiro

O *Ziziphus joazeiro* Mart., popularmente conhecido como juazeiro, pertencente a família das Rhamnaceae, é uma espécie endêmica da caatinga, perenifólia, que permanece verde, mesmo durante secas prolongadas, típica dos sertões nordestinos, onde tem ampla distribuição, ocorrendo em todos os estados dessa região. No Brasil o gênero *ziziphus* possui cerca de 30 espécies (HEALD, 2004), seis das quais segundo o CNIP (2005) ocorre na região do Nordeste.

Esta espécie do bioma caatinga vem se destacando, atualmente pelo seu grande potencial econômico e medicinal. Comercialmente é explorada pelas indústrias farmacêuticas na fabricação de cosméticos, creme dental e xampus anticaspas. No período da seca as folhas e os frutos servem principalmente de alimentação animal, porém, por produzir madeira de boa qualidade, pode ser utilizada também para fins ornamentais e fabricação de cosméticos (MONIZ-BRITO, 2002).

A árvore do juazeiro (Figura 2.1a) mede aproximadamente de 4 a 12 m de altura, dependendo de onde se desenvolve chega até 16 m, possui casca lisa, cinza-escura, levemente castanha. A copa é frondosa, globosa a subglobosa, verde-escura, com galhos que descem até

próximo ao solo. Os ramos são flexuosos, subdivididos, retorcidos com espinhos axilares, rígidos, geralmente retos, dispostos aos pares, de 1 a 4 cm de comprimentos. As folhas (Figura 2.1b) medem de 5 a 7 ou até 10 cm de comprimentos e 3 a 5 cm de largura, alternas, pecioladas, elípticas, coriáceas, verde lustroso, serradas na base, com três nervuras principais paralelas. O fruto é uma drupa pequena arredondada, amarelo-castanho levemente áspero. O sistema radicular é vigoroso, com raízes amplas e profundas, que buscam água a grandes profundidades, mantendo-se verde mesmo em períodos de seca (LIMA, 1989).



**Figura 2.1.** *Ziziphus joazeiro* Mart (A). Folhas do juazeiro (B)

O juazeiro apresenta grande importância econômica e ecológica, sendo bastante utilizado pela população para a produção de lenha e carvão, arborização de ruas e jardins, seus frutos de coloração amarelo-parda são comestíveis, doces e com elevado teor de vitamina C, os quais são explorados de forma extrativa (LORENZI, 2008). Os frutos são consumidos *in natura* ou processados como doces e geleias, o suco do fruto é utilizado para limpeza e tratamento de pele com acne e também como alimentação para aves e outros animais. Floresce durante os meses de novembro e dezembro e a maturação dos frutos ocorre no período de junho a julho (ITF, 2008). Suas flores são utilizadas como fonte de alimento para abelha sem ferrão, no qual serve como renda para produtores de algumas áreas da caatinga.

Tradicionalmente na medicina popular nordestina as partes mais utilizadas são as folhas, cascas, entrecasas, frutos e raízes. As folhas na forma de extrato feito com água são usadas por via oral para alívio de problemas gástricos e expectorantes. Externamente, por sua entrecasca ser rica em saponina, uma substância com propriedades detergentes, é usada para a limpeza dos cabelos e dos dentes, sendo também utilizado como tônico capilar no controle de caspas. Popularmente as propriedades medicinais para o combate de afecções são indicadas

como analgésico, bactericida, febrífugo, cicatrizantes tópicos, gengivites, higiene bucal, tônico hepático e cardíaco, adstringente, diurético, tônico capilar para seborreia e alopecia, afecções respiratórias bacterianas superiores, tosse e bronquite (ITF, 2008).

Resultados de ensaio farmacológicos comprovaram que o juazeiro apresenta efeito mais eficaz na diminuição da placa dental do que os dentífricos convencionais, desestabilizando a placa dental e excedendo uma ação antimicrobiana sobre *Streptococcus mutans*, principal germe causador da cárie dentária resultante da escovação dos dentes com uma suspensão aquosa a 1 % da entrecasca pulverizada (SOUSA et al., 1991).

Apesar de ser uma espécie bastante utilizada pela população do semiárido nordestino, a exploração do juazeiro limita-se ao extrativismo predatório, sendo necessários investimentos em estudos e pesquisas capazes de contribuir para a sua domesticação e cultivo. É uma árvore que cresce lentamente e vive mais de 100 anos. Há mais de 100 espécies e são encontradas em todas as regiões tropicais do mundo, sendo utilizadas na medicina popular de todos os países onde crescem nas caatingas e campos abertos do polígono da seca, aparece ainda em áreas secas da Argentina, Bolívia e Paraguai (ITF, 2008).

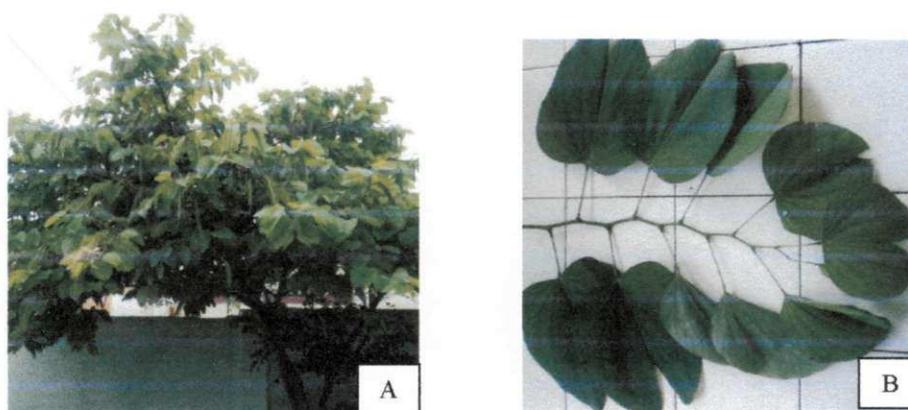
De acordo com MUNIZ-BRITO & OSUNA (2008) poucas espécies arbóreas da caatinga possuem informações sobre o seu cultivo. Apesar do reconhecimento científico das suas potencialidades e importância para a biodiversidade ainda permanecem sem a atenção devida por parte de programas eficientes que visem a sua conservação e valorização como recurso natural junto à população. O *Z. joazeiro* é uma das espécies nessa condição e até hoje muito pouco estudada.

Atualmente ainda são relativamente escassos os estudos fitoquímicos e farmacológicos desenvolvidos com a espécie *Ziziphus joazeiro* Mart, com a finalidade de se analisar a eficiência terapêutica. Apesar da escassez de estudo, o extrato da entrecasca faz parte de preparações fitoterápicas comercializadas sem nenhum controle de qualidade.

### **2.3. Mororó**

A família Leguminosae ou Fabaceae abrange cerca de 900 gêneros e 19 mil espécies, sendo a família de maior representatividade na Caatinga. Dentre seus gêneros, destaca-se o *Bauhinia*, que se apresenta como árvore de porte arbóreo ou arbustivo compreendendo aproximadamente 300 espécies, sendo que no Brasil ocorrem 91 delas, conhecidas comumente como mororó ou pata-de-vaca (VAZ & TOZZI, 2005), sendo três destas

consideradas raras: *B. candelabriformis*, *B. leptantha* e *B. malacotrichoides* (QUEIROZ et al., 2009a). *Bauhinia cheilantha* é uma árvore de caule duro, com cascas fibrosas e com ausência de espinhos (LORENZI & MATOS, 2008). Possui um porte pequeno, chegando a atingir até 3,5 m de altura, folhas com lóbulos arredondados (Figura 2.2), cartáceas a subcoriáceas, apresentando pecíolo com 2-3 cm de comprimento, suas inflorescências chegam a atingir cerca de 5,0 cm de comprimento, apresentando pétalas geralmente brancas, mas pode variar até a cor levemente rosa e os frutos são do tipo legume deiscente (QUEIROZ, 2009b).



**Figura 2.2.** *Bauhinia cheilantha* (A). Folhas (B) do mororó

Dentre as inúmeras espécies vegetais de interesse medicinal, algumas plantas do gênero *Bauhinia* são utilizadas na medicina popular para a cura de várias doenças em diversas regiões do mundo incluindo África, Ásia e Américas Central e do Sul. As plantas desse gênero são frequentemente alvos de diversos estudos no que diz respeito às suas propriedades medicinais.

De acordo com VAZ & TOZZI (2005) a *Bauhinia* é uma espécie nativa da América do Sul, com distribuição na Argentina, Paraguai, Uruguai, Bolívia e Brasil. No Brasil essa distribuição ocorre nos Estados de Alagoas, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná, Pernambuco, Piauí, Rio de Janeiro, Santa Catarina e São Paulo. Algumas espécies exóticas do gênero *Bauhinia*, como *B. variegata*, *Bauhinia blakeana* Dunn. e *Bauhinia monandra* Kurz são muito utilizadas como plantas ornamentais em jardins e praças (LORENZI & MATOS, 2008).

No Brasil pode-se encontrar cerca de 20% das espécies pertencentes ao gênero *Bauhinia* (Caesalpiniaceae) das quais muitas são empregadas na medicina popular, comercializadas em feiras livres ou estão presentes na composição de diversos produtos, pois

apresentam indicações populares como antidiabética, anti-hipertensiva e contra o mau colesterol que, geralmente, são atribuídas às substâncias fenólicas encontradas em suas folhas, principalmente flavonoides (AGRA, 2007b; SILVA & CHECHINEL FILHO, 2002).

O interesse pelo estudo do gênero *Bauhinia* teve início em 1929, quando a médica Carmela Juiani, concluiu o primeiro estudo clínico sobre os efeitos da planta no controle da glicemia (MAÇAL, 2011). No entanto, a espécie que apresenta maior número em estudo sobre sua ação hipoglicemiante, é a *Bauhinia forficata* Link, sendo considerada pela população como mororó verdadeiro. Estudos fitoquímicos e farmacológicos realizados sobre algumas espécies de plantas deste gênero indicam a presença de diferentes classes de compostos orgânicos de interesse na medicina fitoterápica. Dentre os compostos isolados e identificados incluem-se glicosídeos, sais minerais, taninos pigmentos, mucilagens, lactonas, flavonoides, terpenoides, esteroides, triterpenos, taninos e quinonas (LORENZI & MATOS, 2008).

*Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud., é uma leguminosa típica da Caatinga, principal ecossistema existente no semiárido brasileiro. Estima-se que cerca de 40% da área desse ecossistema nunca tenha sido coletada e 80% dela subamostrada (TABARELLI & VICENTE, 2004).

A espécie *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel possui grande relevância econômica e etnofarmacológica no semiárido brasileiro, sendo sua parte aérea amplamente empregada nas práticas caseiras da medicina popular para o tratamento de diabetes, além de possuir aplicação madeireira, forrageira e como combustível (BARBOSA FILHO et al., 2005; GUIMARÃES-BEELLEN et al., 2006). É uma espécie cuja importância nas comunidades rurais é bastante expressiva, sendo usada na produção de remédios tradicionais com ação anti-inflamatória, antidiabética, para distúrbios digestivos, reumatismo e sedativa (ALBUQUERQUE et al., 2005; ALMEIDA et al., 2005). São atribuídas às suas folhas ação anti-inflamatória, antidiabética, sedativa, antiparasitária, digestiva e expectorante, sendo comprovada cientificamente sua atividade antioxidante, antinociceptiva e hipoglicemiante (LORENZI & MATOS, 2008).

Diversos trabalhos da presença e identificação desta espécie no semiárido têm sido relatados na literatura (AGRA, 2007b; BARBOSA et al., 2007; GUIMARÃES-BEELLEN et al., 2006; SOUZA & LORENZI, 2005). Devido a sua ação terapêutica e principalmente a hipoglicêmica, a espécie é uma planta de potente valor medicinal, utilizada pela população do semiárido brasileiro, podendo também ser utilizada no tratamento da doença em outras partes do mundo. A espécie já possui uma metodologia de controle de qualidade para produção de

fitoterápicos que poderão ser desenvolvidos a partir de suas folhas (PEIXOTO SOBRINHO et al., 2008) o que é de grande valia para o incremento do arsenal terapêutico no combate a diabetes, uma vez que os medicamentos disponíveis hoje apresentam diversos efeitos indesejáveis aos pacientes (HAMZA et al., 2010).

As principais atividades farmacológicas estudadas para o gênero foram: antidiabética (*B. divaricata*, *B. candicans*, *B. monandra*, *B. variegata*, *B. forficata*, *B. cheilantha* e *B. megalandra*); antimicrobiana (*B. splendens*, *B. manca*, *B. rufescens* e *B. forficata*); anti-inflamatória (*B. forficata* e *B. guianensis*); e analgésica (*B. splendens*). Muitos compostos já foram identificados no gênero, principalmente o grupo dos flavonoides, seguidos por terpenoides e esteroides (SILVA & CECHINEL FILHO, 2002). No entanto pouco são os estudos que relatam os compostos químicos encontrados na *B. cheilantha*.

De acordo com SILVA et al. (2007) fracionando cromatograficamente através de uma triagem fitoquímica as folhas de *Bauhinia cheilantha*, levou-se ao isolamento de antocianinas, antraquinonas, flavonoides, cumarinas, naftoquinonas, quinonas, lignanas, triterpenos e esteroides. LUNA et al. (2005) estudando a espécie *B. cheilantha* isolaram de suas folhas, madeiras e raízes através do extrato etanólico, diferentes classes de composto orgânicos de interesses medicinal: alcaloides, antraquinonas, esteroides livres, flavonas, flavonoides e xantonas, do caule e das folhas compostos fenolicos, e da raiz e caule extraíram flavonas. Da fração metanólica da solução aquosa liofilizada das folhas isolou-se dois flavonoides: quercitrina e afzelina, além da detecção de constituintes voláteis nas folhas, como o óxido de cariofileno e trans-cariofileno.

Outras espécies do gênero *Bauhinia*, por sua vez, já foram os objetivos de diferentes investigações. FUENTES et al. (2004) avaliaram a ação antidiabética de diferentes frações do extrato foliar de *Bauhinia candicans* Benth. O tratamento utilizando doses de 8 mg/kg da fração III (Canferol-3-O-rutinosídeo) reduziu significativamente os níveis de glicemia, evidenciando uma atividade mais pronunciada. Estes resultados sugerem que os extratos de *B. candicans* aumentam o metabolismo da glicose e que podem conter princípios ativos com propriedades hipoglicemiantes.

A infusão das folhas de *B. forficata* é utilizada há bastante tempo pelos indígenas na medicina fitoterápica brasileira. Esta infusão atua como agente diurético, hipoglicemiante, tônico, purgativo, no combate a elefantíase e na redução de glicosúria (MARTINS et al., 1998). As atividades analgésicas e anti-inflamatórias também são relatadas para esta espécie (SILVA & CECHINEL FILHO, 2001). Esta planta por ser facilmente encontrada no mercado farmacêutico e em comunidades rurais, é muito usada na preparação de chás.

Fitoquimicamente as espécies mais estudadas para o tratamento de diabetes são *B. manca*, *B. candicans*, *B. uruguayensis*, *B. purpurea*, *B. forficata* e *B. splendens*. Apesar de muitos compostos terem sido identificados nestas plantas, de acordo com (SILVA & CHECHINEL FILHO, 2002) é insuficiente o conhecimento da atividade farmacológica na maioria das substâncias isoladas. SOUZA et al. (2004) realizaram tratamentos *in vivo e in vitro* para investigar o efeito hipoglicêmico e o potencial antioxidante do flavonoide Kaempferitrina das folhas de *B. forficata*. Efeito este confirmado por PEPATO et al. (2004); RUELA et al. (2006); MENEZES et al. (2007) e CUNHA et al. (2010) que administraram em ratos uma decocção aquosa e extrato aquoso de *B. forficata*, verificando, portanto, o potencial efeito em tratamentos de diabetes sem produzir efeitos tóxicos e comprovando a atividade biológica atribuída a planta.

A maioria das plantas utilizadas no tratamento do diabetes, quando avaliadas farmacologicamente, apresentam atividades hipoglicemiantes, além de possuir constituintes químicos que podem ser utilizados como modelos para novos agentes no tratamento desta disfunção. Da grande variedade de compostos químicos encontrados nos remédios fitoterápicos para o tratamento de diabetes, destaca-se os princípios ativos: triterpenoides, alcaloides, cumarinas e flavonoides (NEGRI, 2005). Porém o grande interesse que esta espécie tem despertado na comunidade científica é a presença do componente químico kaempferitrina identificada através de estudo fitoquímico somente em suas folhas, o que explica a atividade hipoglicemiante (PIZZOLATTI et al., 2003; SOUSA et al., 2004). Como a kaempferitrina parece estar presente somente nas folhas da *B. forficata*, este marcador surge como uma importante ferramenta como padrão na análise de amostras comerciais contendo *B. forficata*. Esta informação é de extrema importância para análise de qualidade, uma vez que existe uma diversidade de preparações disponíveis no mercado a base de folhas de *B. forficata* (ENGEL et al., 2008).

## **2.4. Atividade de água**

### **2.4.1. Isotermas de dessorção de umidade**

O teor de água de qualquer produto, quando em equilíbrio com o ambiente de armazenamento, é chamado de conteúdo de umidade de equilíbrio ou equilíbrio higroscópico. O conteúdo de umidade de equilíbrio avalia a perda ou ganho de água sob determinada condição de temperatura e umidade relativa, relacionando-se diretamente com os processos de

secagem e armazenagem de produtos agrícolas. O conteúdo de umidade de equilíbrio é alcançado quando a pressão parcial de vapor de água no produto iguala-se à pressão parcial de vapor do ar que envolve (COSTA, 2010). O importante de conhecer o teor de umidade de equilíbrio dos produtos biológicos através da determinação de isotermas de secagem está relacionado ao dimensionamento de secadores.

De acordo com PARK et al. (2001) A determinação da atividade de água é uma das medidas mais importantes no processamento e análises de produtos agropecuários *in natura* ou processados, devido a sua influência no que diz respeito à qualidade e a estabilidade do produto. Dessa forma, o excessivo teor de umidade nos materiais biológicos causa grandes perdas durante o armazenamento, pois o risco de desenvolvimento de fungos torna-se maior, comprometendo a qualidade do produto; e teor muito baixo de umidade pode ocasionar redução de preços na sua comercialização devido à perda de massa do produto, ao passo que a remoção inadequada de umidade pode resultar na queda de qualidade e na viabilidade do mesmo (COSTA, 2010).

Segundo FELLOWS (2006) a atividade de água ( $a_w$ ) é definida como a razão da pressão de vapor da água no alimento e a pressão de vapor saturada da água na mesma temperatura, conforme Eq. 2.1.

$$a_w = \frac{P_v}{P_{vs}} \quad (2.1)$$

em que:

$P_v$  - pressão parcial de vapor de água contida no produto a uma dada temperatura

$P_{vs}$  - pressão de vapor de água saturada na mesma temperatura do produto

$a_w$  - atividade de água

A atividade de água de uma forma quantitativa é representada como sendo a umidade relativa do ar em equilíbrio com o produto, e pode ser representada pela Eq. 2.2.

$$a_w = \frac{UR}{100} \quad (2.2)$$

em que:

$a_w$  - atividade de água

UR - umidade relativa

O estudo da atividade de água pode ser realizado através das isotermas de sorção. De acordo com ORDÓÑEZ et al. (2005) isotermas são gráficos que relacionam a quantidade de água de um produto com sua atividade de água, em função da umidade relativa da atmosfera que circunda o produto, uma vez alcançado o equilíbrio constante. A curva de uma isoterma pode ser classificada de duas formas: isoterma de adsorção e isoterma de dessorção. Essa curva é diferenciada em função do modo como o equilíbrio do produto e o ambiente no qual o mesmo se encontra é atingido, se por ganho de água determinada durante a hidratação (adsorção) ou perda de água provocada durante a desidratação.

A partir dos dados experimentais correlacionados com o teor de água do produto e a umidade relativa do ambiente, existem vários modelos teóricos, semiempíricos e empíricos que podem ser utilizados para o ajuste dos dados. Alguns desses modelos são baseados no mecanismo de sorção como os modelos de BET (BRUNAUER et al., 1938) e GAB (BERG, 1981), outros ainda, são denominados de modelos empíricos e semi-empíricos dentro dos quais pode-se citar Oswin e Smith (OSWIN, 1946; SMITH, 1947) e Peleg (PELEG, 1993). De acordo com FURMANIAK et al. (2007) os critérios utilizados na seleção de modelos são o grau de ajustes dos mesmos aos dados experimentais e a simplicidade do modelo.

As isotermas de sorção de umidades são características fundamentais dos materiais alimentícios, essenciais para o processo de secagem e relacionadas a quase todos os aspectos de estabilidade à secagem, de produtos secos ou de produtos com baixa umidade. O comportamento das isotermas de sorção é ainda necessário para se conhecer bem a sua relação com as características físicas, químicas e de estabilidade dos produtos desidratados ou parcialmente desidratados (HUBINGER et al., 2009).

A qualidade de um material biológico pode ser preservada mediante estudo de parâmetros como secagem e armazenamento. O conhecimento sobre a umidade de equilíbrio destes materiais é bastante importante, pois definem as condições mais adequadas para o armazenamento de drogas vegetais. Através das curvas de sorção que mostram a relação entre a umidade de equilíbrio do produto e a umidade relativa com temperatura constante, é possível determinar o teor de água final necessário à estabilização do material.

Segundo MULET et al. (2002) existem na literatura mais de 200 equações proposta para representar o fenômeno de equilíbrio higroscópico dos produtos agrícolas. Sendo que estes modelos diferem na sua base teórica ou empírica e na quantidade de parâmetros envolvidos. Algumas dessas equações são demonstradas na Tabela 2.1. Essas equações são fundamentais para o ajuste dos dados experimentais a uma isoterma, correlacionando o teor de água do produto com a atividade de água.

**Tabela 2.1.** Equações para ajuste de isotermas de sorção de umidade

Modelo	Equação
Sigma-Copace	$X_e = \exp \{ (a - (bT) + [c \exp(A_w)]) \}$
Sabbah	$X_e = a(A_w)^b / T^C$
Oswin	$X_e = (a + bT) / [(1 - A_w) / A_w]^{1/C}$
Henderson	$X_e = [\ln(1 - A_w) / (-aT_{abs})]^{1/b}$
Henderson-modificada por Thompson	$X_e = \{ \ln(1 - A_w) / [-a(T + b)] \}^{1/C}$
Henderson-modificada por Cavalcanti Mata	$X_e = \{ \ln(1 - A_w) / [-a(T^b)] \}^{1/C}$
Halsey	$X_e = \left( \frac{-a}{\ln A_w} \right)^{(1/b)}$
Halsey-modificado	$X_e = [\exp(a - bT) / -\ln(A_w)]^{1/C}$
Copace	$X_e = \exp [a - (bT) + (cA_w)]$
Chung-Pfost	$X_e = a - b \ln [-(T + c) \ln(A_w)]$
Langmuir	$\frac{X_e}{X_m} = \frac{cA_w}{1 + cA_w}$
Bet (Brunauer, Emmett e Teller)	$X_e = \frac{(X_m c A_w)(1 - (n + 1)A_w^n + nA_w^{n+1})}{(1 - A_w)(1 + (c - 1)A_w - cA_w^{n+1})}$
Bet linearizado (Brunauer, Emmett e Teller)	$\frac{A_w}{(1 - A_w)X_e} = \frac{1}{X_m c} + \frac{A_w(c - 1)}{X_m c}$
Peleg	$X_e = k_1 A_w^{n_1} + k_2 A_w^{n_2}$
Gab (Guggenheim, Anderson e de Boer)	$X_e = \frac{X_m c k A_w}{(1 - k A_w)(1 - k A_w + c k A_w)}$

$X_e$  - conteúdo de água de equilíbrio, kg kg<sup>-1</sup>;  $X_m$  - conteúdo de água na monocamada molecular, kg kg<sup>-1</sup>;  $a_w$  - atividade de água, adimensional; T - temperatura, °C; a, b, c, k,  $k_1$ ,  $k_2$ , n,  $n_1$ ,  $n_2$  - constantes das equações; R - constante universal dos gases

## 2.5. Secagem

De acordo AKYILDIZ et al. (2004) a secagem é um processo de transferência de energia e massa entre o produto e o ar, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto evaporando a água existente. Este processo pode envolver três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por

convecção é o meio utilizado em grande escala na secagem comercial que consiste na migração de umidade do interior para a superfície do produto, na qual é evaporado para o ambiente.

A secagem é o processo mais utilizado para assegurar a qualidade e estabilidade de produtos agrícolas após sua colheita. O principal objetivo é a redução do teor de água até níveis seguros que permitam o armazenamento por determinado período de tempo. Com a redução do teor de água, a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem durante o armazenamento também serão reduzidas. Portanto a secagem constitui uma operação fundamental entre as técnicas envolvidas na conservação das qualidades desejáveis de produtos de origem vegetal, colhidos com alto teor de água (GONELLI, 2008).

De acordo com FELLOWS (2006) na secagem, a retirada da umidade é obtida pela movimentação da água, por uma diferença de presença de vapor da água entre a superfície do produto, a ser secado e o ar que envolve. A condição para que um produto seja submetido ao processo de secagem é que a pressão de vapor sobre a superfície do produto seja maior do que a pressão do vapor da água no ar de secagem. São vários os fatores que influenciam a secagem, como o método de secagem empregado, temperatura e umidade relativa do ar de secagem e velocidade do ar e tempo de secagem. A falta do controle destes fatores pode comprometer a qualidade do produto final (GONELLI, 2008).

Segundo CAMPOS (2006) a secagem pode ser realizada em condições ambiente, ou, ainda, artificialmente com uso de estufa, secador, etc. A secagem natural é um processo lento, que deve ser conduzido à sombra, em local ventilado, protegido de poeira e do ataque de insetos e outros animais. Este processo é recomendado para regiões que tenham condições climáticas favoráveis, relacionadas principalmente à alta ventilação e temperatura, com baixa umidade relativa, caso típico da região do Nordeste brasileiro principalmente durante a estação seca (verão). Na secagem artificial, a fonte de calor é variável pelo processo a ser executado por alternativas mecânicas, elétricas ou eletrônicas e o ar que atravessa a camada do material é forçado. Este método permite o controle da temperatura, do fluxo de ar de secagem e do tempo de exposição do material ao ar aquecido, fatores que garantem a eficiência do processo (CAMACHO et al., 2004).

O estudo do processo de secagem fornece informações sobre o comportamento do fenômeno de transferência de calor e massa entre o material biológico e o elemento de secagem, normalmente ar atmosférico aquecido ou não, as quais são fundamentais para o projeto, operação e simulação de sistemas de secagem e secadores. A abordagem adequada para a investigação do processo de secagem é a análise em leito de camada delgada, podendo

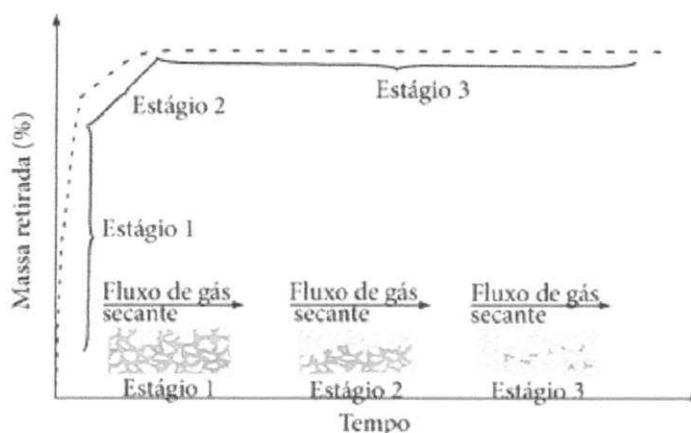
ser considerado um elemento de volume do leito de camada espessa, em que a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem, que atravessa a massa do produto, podem ser consideradas constantes (CORRÊA et al., 2003).

Na secagem de plantas medicinais, a determinação da temperatura do ar de secagem é delimitada em função da sensibilidade dos princípios ativos presentes (MARTINAZZO, 2006). Outro fator não menos importante na qualidade química das plantas medicinais submetidas ao processo de secagem é a velocidade do ar utilizado. Aumentando a taxa de insuflação do ar através do produto, ocorre o aumento da quantidade de água retirada, ocasionando redução do tempo de secagem. Desta forma, a combinação desses dois parâmetros irá interferir diretamente na taxa de secagem e contribuir de forma significativa na diminuição do tempo gasto no processo e impedir a degradação da composição química de espécies ou parte de planta submetida à secagem (MARTINS, 2000).

A evolução e as descobertas de novas tecnologias e metodologias aconteceram de forma a promover e otimizar o processo de secagem e a melhoria da qualidade do produto final (DOYMAR & PALA, 2007). Sendo assim, o processo de secagem é bastante utilizado na desidratação de plantas medicinais para reduzir o teor de água presente e evitar o desenvolvimento de fungos e bactérias que, presente no material biológico, degradaria os princípios ativos influenciando, desta forma, em sua atividade farmacológica.

Em espécies medicinais a secagem é uma operação unitária de preparação para o armazenamento, a fim de atender as necessidades da indústria farmacêutica de fitoterápicos, que não possuem estrutura para usar as plantas frescas nas quantidades exigidas para a produção industrial (LORENZI & MATOS, 2008). Pesquisas relacionadas ao estudo da cinética de secagem em camada delgada são realizadas com diversos produtos agrícolas, como sementes, grãos, frutos e em algumas espécies de plantas, com importância econômica. Observa-se, conforme o produto e as condições do processo de secagem, que diferentes modelos se ajustam a cada situação específica (MARTINAZZO et al., 2007).

As características específicas de cada produto, associadas às características do ar de secagem e ao meio de transferência de calor adotado, determinam diversas condições de secagem. No entanto, a transferência de calor e de massa entre o ar de secagem e o produto é fenômeno comum a qualquer espécie de secagem (PARK et al., 2001). A Figura 2.3 mostra os três estágios típicos da cinética de secagem, que são caracterizados pelas diferentes velocidades de retiradas de água do produto (VILLELA & ARTUR, 2008).



**Figura 2.3.** Curva típica da cinética de secagem

De acordo com VILLELA & ARTUR (2008) a secagem se divide basicamente em três estágios, a saber: O estágio 1 é caracterizado por um período muito curto de tempo com alta taxa de secagem transiente e seguinte período de alta taxa de secagem constante com temperatura do sólido igual a temperatura de bulbo úmido do ar de secagem. O estágio 2 é caracterizado por uma taxa de secagem decrescente, pelo aumento da temperatura do meio sólido e a água é retirada de forma mais lenta. O estágio 3 é caracterizado pela menor taxa de secagem durante todo o processo, próximo a zero, e a umidade do sólido tende a atingir a umidade de equilíbrio, que é a menor que pode ser alcançada numa certa condição de secagem.

As curvas de secagem, em camada delgada, variam com a espécie, variedade, condições ambientais, métodos de preparo pós-colheita, entre outros fatores. Nesse sentido, diversos modelos matemáticos têm sido utilizados para descrever o processo de secagem de produtos agrícolas (RESENDE et al., 2008). Esses modelos, geralmente, baseiam-se em variáveis externas ao produto como, temperatura e a umidade relativa do ar de secagem; entretanto, de acordo com RESENDE et al. (2011), esses modelos não fornecem indicações detalhadas sobre o fenômeno de transporte de energia e de água no interior dos produtos biológicos e consideram que todo o processo de secagem ocorre somente no período de taxa decrescente.

Na literatura são citados vários métodos para se analisar a secagem de produtos higroscópicos (teóricos, semiempíricos e empíricos). Segundo MIDILLI et al. (2002), existem três tipos de secagem em camada delgada que visam a descrever a cinética de secagem de produtos agrícolas. O modelo teórico que considera apenas a resistência interna, a transferência de calor e a água entre o produto e o ar quente; nos modelos semiteóricos e os

empíricos, que consideram somente a resistência interna, a temperatura e a umidade relativa do ar de secagem.

Segundo LEITE et al. (2005), a utilização de modelos matemáticos na secagem de produtos agrícolas é de fundamental importância, pois com tais modelos torna-se possível a simulação matemática da operação de secagem e com isso o estudo do comportamento das variáveis relacionadas ao processo. Estes modelos são utilizados para estimar o tempo de secagem de diferentes produtos com diferentes teores de água e no desenvolvimento das curvas de secagem.

As informações contidas nas curvas de secagem são de fundamental importância para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos. Com elas pode-se estimar o tempo de secagem de certa quantidade de produtos e com isso ser feito o planejamento de produção. Com o tempo necessário para a produção é possível estimar os gastos energéticos os quais refletirão no custo de processamento, que por sua vez influenciará no preço final do produto. No dimensionamento de equipamentos é possível determinar quais as condições de operação para a secagem e com isso a seleção de trocadores de calor, ventiladores, entre outros (VILLELA & ARTUR, 2008).

## **2.6. Caracterização de extratos vegetais**

Embora uma planta possa conter centenas de metabólitos secundários, apenas os compostos presentes em maior concentração são geralmente isolados e estudados pela fitoquímica clássica. A análise de substâncias ativas é muito mais complexa e longa, já que geralmente os compostos presentes em menor proporção na planta são os que apresentam melhores efeitos biológicos. Por isto a necessidade de um trabalho em colaboração mais ampla entre químicos e farmacólogos para a análise de extratos, onde se obtém extratos semipuros, frações e finalmente, os compostos puros (CHECHINEL FILHO & YUNES, 1998).

De acordo com a FIB (2010), devido à crescente demanda da utilização de substâncias vegetais, os extratos, por serem sinônimos de naturais e encontrados nos mais diversos tipos de produtos, estão cada vez mais em foco. Ainda de acordo com o mesmo autor, extratos são preparações concentradas, obtidas a partir de matérias-primas vegetais secas que passaram ou não por um processo de tratamento prévio e extração por métodos envolvendo solventes. Os extratos e seus métodos de obtenção foram desenvolvidos pela indústria farmacêutica por interesses farmacológicos em seus princípios ativos. ROCHA (2006) retrata o processo

extrativo como sendo a remoção de forma mais seletiva e completa possível, das substâncias ou fração ativa contidas na droga vegetal, utilizando um líquido ou mistura de líquidos tecnologicamente apropriados e toxicologicamente seguros. Normalmente as técnicas utilizadas para extração são: maceração, percolação e turbo extração, sendo os líquidos extratores, hidrocarbonetos alifáticos (éter de petróleo), hidrocarbonetos halogenados (clorofórmio e diclorometano), álcoois (etanol e metanol), cetonas (acetona e metil-etil-cetona), ácido acético, acetato de etila, éter etílico e água.

Diversas propriedades terapêuticas têm sido atribuídas às plantas, tais como capacidade antifúngica, anti-inflamatória, analgésica, hipoglicemiante, em especial nas raízes e rizomas, devido à presença de taninos e mucilagens. Já a elevada atividade cicatrizante é conferida à substância alantoína que atua como regeneradora, estimulando o crescimento de tecidos novos e sadios (FALCÃO et al., 2005).

A obtenção do extrato para posterior uso na indústria farmacêutica requer uma análise química, antes da incorporação nas formulações. Existem ainda na literatura estudos que reportam à caracterização fitoquímica de vários extratos de espécies medicinais. BARA et al. (2006) avaliando a qualidade de amostras de pós e extratos de algumas plantas que fazem parte da composição de medicamentos fitoterápicos, verificou que 60% das amostras analisadas de guaraná e ginkgo estavam em desacordo em relação ao teor de princípios ativos. AGUIAR et al. (2008) pesquisando em diferentes extratos padronizados da erva cidreira confirmaram *in vitro* sua atividade antimicrobiana. SILVA JÚNIOR et al. (2006) estudando as características físico-químicas do extrato fluido e seco do confrei após secagem por nebulização, observaram que este processo não interferiu na integridade de seus constituintes químicos. BANOVA et al. (2006) caracterizando extrato seco de ginkgo biloba, identificaram em sua composição flavonoides por cromatografia em camada delgada.

## **2.7. Caracterização físico-química do extrato**

Na produção de fitoterápicos, deve existir uma análise rigorosa no controle de qualidade das matérias-primas, pois inúmeras pesquisas têm demonstrado como é precária a qualidade da matéria-prima vegetal brasileira. Considerando a participação crescente de plantas medicinais e de medicamento de origem vegetal no arsenal terapêutico, cresce a necessidade de efetuar o controle de qualidade utilizando de técnicas modernas e eficientes. As plantas medicinais, que constituem matéria-prima para a produção de fitoterápicos e/ou

fitofármacos, apresentam variações no teor de seus constituintes e podem sofrer deteriorações e contaminações. Assim, o controle de qualidade de matérias-primas assume particular importância (SHARAPIN et al., 2000).

Em se tratando do uso de plantas medicinais na terapêutica existe uma grande preocupação com a qualidade das drogas e seus derivados, a qual tem início na identificação correta da espécie, etapa não menos importante do que o seu plantio, colheita e beneficiamento. Isto se estende também no modo de preparo dos extratos vegetais e medicamentos. Os parâmetros de qualidade para fins farmacêuticos são, a priori, estabelecidos nas Farmacopeias e Códigos Oficiais. No entanto, ainda há uma escassez de monografias para matérias-primas de diversas espécies vegetais nativas (MICHELIN et al., 2010).

A padronização dos extratos obtidos tem sido um ponto importante, no qual é observada a relação entre o material vegetal e o extrato obtido, ou seja, quanto em peso foi inicialmente utilizado da planta seca para fornecer uma determinada massa de extrato seco. Após extração e filtração normalmente uma planta seca fornece uma quantidade de material sólido em torno de 30%, porém há casos em que ocorre uma variação entre 5 e 50%, de acordo com a solubilidade de seus metabólitos (GREGÓRIO et al., 2006).

### **2.7.1. Teor de água e sólidos totais**

A determinação do teor de água em plantas medicinais é uma das medidas mais importantes e mais utilizada pelas indústrias farmacêuticas. O teor de água está relacionado diretamente com a melhoria da estabilidade, qualidade e composição química do material vegetal. O excesso de água nas drogas vegetais leva ao crescimento de micro-organismos, tais como fungos e bactérias e as reações enzimáticas que podem provocar a deterioração dos materiais botânicos e degradação dos princípios ativos, comprometendo desta forma a qualidade do material vegetal. A FARMACOPÉIA BRASILEIRA (2000) especifica que a faixa adequada de teor de água para a conservação de vários órgãos vegetais, deve estar entre 8 e 14%.

Segundo MICHELLIN et al. (2010) este tipo de análise é importante uma vez que fornece informações valiosas com referência ao armazenamento da droga vegetal. A água residual encontrada na droga vegetal seca está relacionada com o seu correto armazenamento, que pode acarretar perda do material e consequente degradação dos constituintes químicos. O

autor ressalta ainda que as informações fornecidas por esta análise são importantes tanto do ponto de vista tecnológico, como também servem de parâmetro no controle de qualidade.

O teor de água corresponde à perda em peso sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida. Na realidade, não só a água é removida, mas também outras substâncias se volatilizam nessas condições. O resíduo obtido no aquecimento direto é chamado resíduo seco; o aquecimento direto da amostra a 105 °C é o processo mais usual (BRASIL, 2005). De acordo com NASCIMENTO et al. (2005) o método gravimétrico utilizado para determinar o percentual de água na amostra leva-se em consideração as substâncias que volatilizam durante o processo.

Quanto ao teor de sólidos essa determinação é importante para verificar o rendimento nos processos de secagem e maior concentração dos compostos bioativos.

### **2.7.2. Cinzas**

De acordo com a FARMACOPÉIA BRASILEIRA (2000) em se tratando de drogas vegetais, o principal objetivo deste tipo de ensaio é a verificação de impurezas inorgânicas não voláteis que podem estar presentes como contaminantes. Essa análise permite a verificação de adulterantes presentes na amostra, através da quantidade de material inorgânico, após calcinação. A determinação da quantidade de cinzas é realizada por incineração e a metodologia relaciona-se com a massa dos resíduos não voláteis existentes na matéria-prima, além das cinzas da planta e o material inorgânico, (areia e terra) que estão ligados à droga vegetal (CARDOSO, 2009).

### **2.7.3. Densidade**

A determinação de densidade é uma análise simples que pode ser afetada pela alteração da temperatura. De acordo com QUEIROZ (1993) a massa específica sofre influências diretas da pressão e temperatura, crescendo com o aumento da pressão à temperatura constante e diminuindo com o aumento da temperatura à pressão também constante.

Essa propriedade que determina a concentração de compostos presentes em um determinado produto é, geralmente, realizada em líquidos e de acordo com o BRASIL (2005) pode ser medida por vários aparelhos sendo os mais utilizados picnômetros e densímetros convencionais e digitais.

#### 2.7.4. Alcaloides

O estudo na composição química das plantas consideradas medicinais é motivo de grande interesse na comunidade científica. Diversas substâncias são extraídas dos vegetais com várias finalidades de cura. Os alcaloides são um grupo de substâncias naturais com ação farmacológica presentes nas folhas e flores de algumas plantas as quais lhes conferem sabor amargo.

De acordo com FRIAS et al. (2011) os alcaloides representam um vasto grupo de substâncias naturais descritas na literatura, podendo chegar a cerca de 20% destas. É amplamente encontrada em todas as plantas, desde as briófitas até as angiospermas, as quais são encontradas em todos os órgãos da planta.

A atividade biológica dos alcaloides está diretamente ligada com a sua grande diversidade estrutural. Os alcaloides são um grupo de metabólitos secundários derivados de aminoácidos aromáticos (triptofano, tirosina), os quais são derivados do ácido chiquímico, e também de aminoácidos alifáticos (ornitina, lisina) (PERES, 2012). Desde a identificação do primeiro alcaloide, a morfina, extraída a partir de *Papaver somniferum*, milhares de outros foram isolados a partir de plantas onde se pode encontrar em todas as partes, embora dependendo da espécie, se acumulem em estrutura particular que podem ser as cascas, as folhas, as raízes e os frutos. Esses grupos de metabólitos secundários revelam-se de grande interesse devido as suas propriedades farmacológicas e medicinais (NEVES & CUNHA, 2012).

#### 2.7.5. Taninos

Os taninos são compostos fenólicos solúveis em água de grande interesse econômico sendo utilizado como fonte de matéria-prima para diversas indústrias, estando presente na maioria das plantas. De acordo com a quantidade de taninos, o vegetal poderá adquirir odor desagradável, sabor adstringente, provocar intoxicações e promover efeitos antinutricionais em predadores (BATESTIN et al., 2004).

Os taninos são compostos polifenólicos distribuídos em plantas alimentos e bebidas, possuem peso molecular relativamente elevado, solúveis em água, formam complexos razoavelmente fortes com proteínas e outros polímeros. Plantas ricas em taninos são empregadas na medicina tradicional no tratamento de diversas moléstias como, por exemplo, o tratamento de feridas, já que possuem um poder antisséptico, devido a sua capacidade de

precipitar proteínas das células superficiais das mucosas e dos tecidos, formando uma camada protetora, impedindo o desenvolvimento de micro-organismos (DIAS et al., 2011).

A quantificação de taninos é realizada por vários tipos de ensaios, tais como precipitação de metais ou proteínas e por métodos colorimétricos, dos quais são os mais comuns. Os métodos mais apropriados para determinação de taninos são os ensaios com precipitação de proteínas. Alguns ensaios colorimétricos são usados para quantificar grupos de taninos específicos, muito embora estes métodos sejam amplamente usados para analisar taninos de uma maneira geral (HAGERMAN, 1997).

Para quantificar taninos condensados os métodos mais utilizados são o butanol-HCl e o vanilina. O método vanilina depende da reação da vanilina com os taninos condensados para formação de complexos coloridos. O sucesso deste ensaio depende do tipo do solvente usado, da concentração e natureza do ácido, do tempo da reação, temperatura e concentração da vanilina (SHOFIELD et al. 2001; AGOSTINI-COSTA et al. 2003).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento experimental foi realizado no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) e no Laboratório de Química de Biomassa (LBQ), ambos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande.

#### 3.1. Material vegetal

No desenvolvimento do presente estudo, utilizou plantas medicinais oriundas do semiárido paraibano. A matéria prima vegetal constituída por folhas *in natura* de *Ziziphus joazeiro* Mart e *Bauhinia cheilantha* conhecidas popularmente por juazeiro e mororó, foram respectivamente adquiridas na cidade de Campina Grande, no Bairro das Palmeiras e no Campus da Universidade Federal de Campina Grande. A coleta do material vegetal (folhas) foi realizada prioritariamente pela manhã. Após coleta esse material era acondicionado em sacos plásticos de polietileno e processados imediatamente.

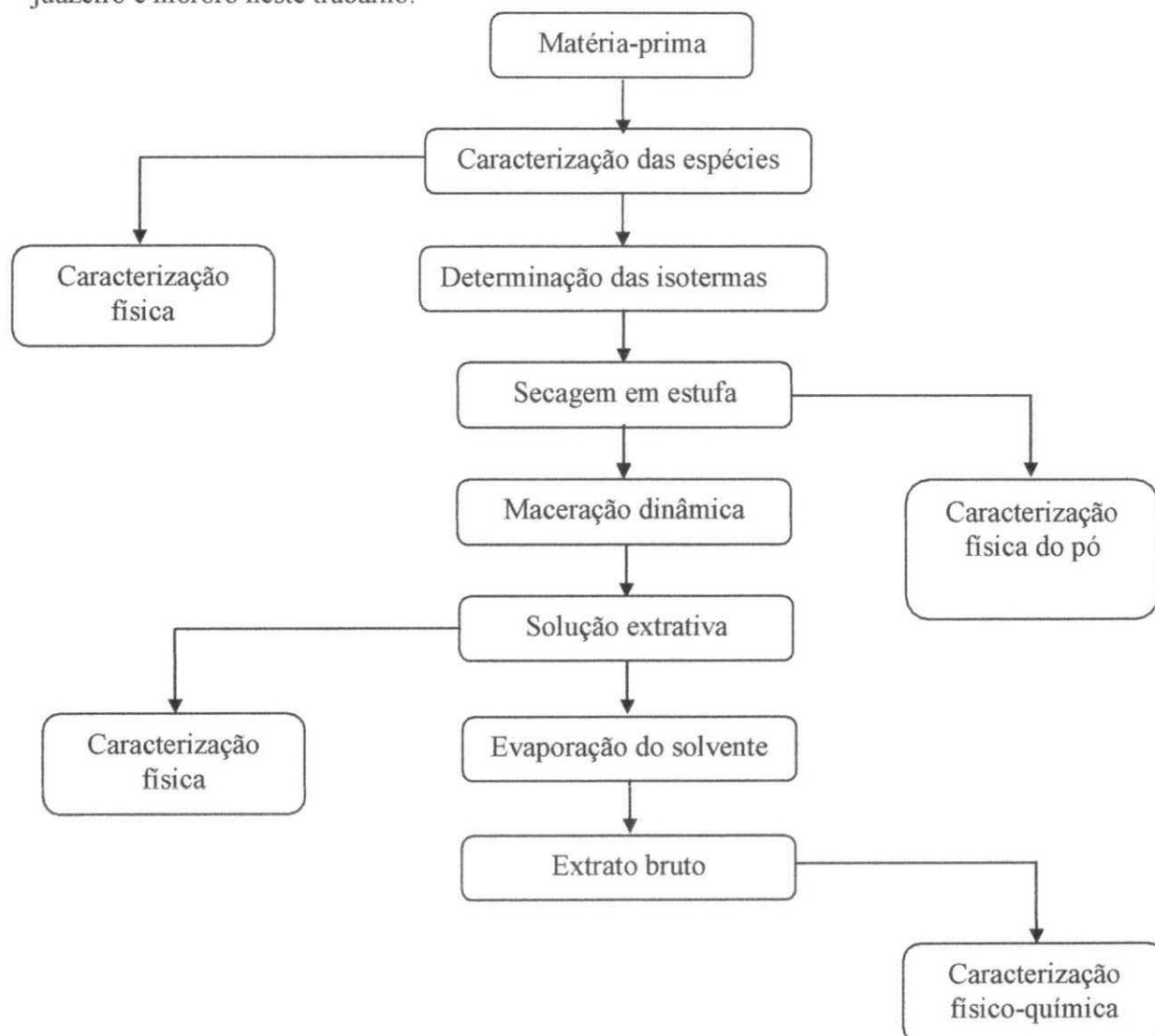
Após a colheita, antes de ser iniciado o processo de secagem, o material fresco era transportado para o Laboratório de Química de Biomassa (LBQ) onde as folhas foram selecionadas para a retirada de partes doentes e danificadas assim como qualquer parte de outro vegetal ou material. Depois do processo de seleção manual as mesmas tiveram suas extremidades inferiores e superiores cortadas (Figura 3.1), para trabalhar somente com a parte central.



**Figura 3.1.** Folhas frescas de *B. cheilantha* e *Ziziphus joazeiro* Mart

### 3.2. Processamento

Na Figura 3.2, tem-se o fluxograma de processamento realizado com as folhas de juazeiro e mororó neste trabalho.



**Figura 3.2.** Fluxograma de processamento das folhas para realização dos experimentos

### 3.3. Caracterização das espécies vegetais *in natura*

O material vegetal *in natura* foi caracterizado pela determinação de teor de água, cinzas e sólidos totais.

### 3.3.1. Determinação do teor de água

A determinação do teor de água foi realizada utilizando o método da estufa a  $105 \pm 3$  °C por 24 h, através do método descrito por BRASIL (2005) expresso em porcentagens. O teor de água inicial pode ser calculado em base úmida e base seca de acordo com as Eqs. 3.1 e 3.2, respectivamente.

$$X_i = \frac{w_i - w_s}{w_i} \quad (3.1)$$

$$X_i = \frac{w_i - w_s}{w_s} \quad (3.2)$$

em que:

$X_i$  - umidade inicial

$w_i$  - massa inicial

$w_s$  - massa seca

### 3.3.2. Cinzas

A determinação quantitativa das cinzas totais foi realizada através da metodologia descrita por BRASIL (2010), utilizando-se uma mufla na temperatura de 600 °C, cujos resultados foram expressos em porcentagens (%).

### 3.3.3. Teor de sólidos totais

A determinação do teor de sólidos totais (g/g) foi realizada através do método de secagem em estufa, no qual consiste em pesar uma placa de petri vazia, depois pesar a mesma placa de petri contendo certa quantidade da solução extrativa. A seguir essa placa deve ser levada a estufa a  $102 \pm 1$  °C, em triplicata, e deixada no interior deste equipamento até peso constante da amostra, a placa deverá ser novamente pesada para cálculo da concentração de sólidos. Com estes valores determinou-se o teor de sólidos através da Eq. 3.3.

$$C_s = \frac{\text{Massa seca}}{\text{Massa total adicionada}} \quad (3.3)$$

### 3.4. Determinação das isothermas de equilíbrio higroscópico

As isothermas de dessecção de umidade das folhas de juazeiro e mororó foram determinadas em diferentes temperaturas (20, 30 e 40 °C) utilizando-se o método estático-indireto com base nos estudos efetuado por CAPRISTE & ROTSTEIN (1982).

A atividade de água ( $a_w$ ) das amostras de folhas *in natura* nas diferentes temperaturas foi determinada no analisador de atividade de água Aqualab 3TE (Decagon). Ao iniciar os experimentos foram pesadas em balança analítica com precisão de 0,0001 g, aproximadamente 1,000 g de folhas frescas de juazeiro e mororó em cápsulas de polietileno que acompanha o equipamento; em seguida, levadas à estufa com circulação forçada de ar, na temperatura de 60 °C por um período de 15 min. Após este período as amostras eram transferidas para um dessecador para equilibrar a temperatura da amostra com a do equipamento. Em seguida as amostras foram colocadas uma de cada vez, no equipamento Aqualab, para realizar as leituras de atividade de água e temperatura.

O registro da atividade de água era realizado mediante o equilíbrio atingido entre a amostra e o equipamento, evidenciado pela estabilização da leitura. Na sequência as amostras eram pesadas em balança analítica, procedendo a leitura de outras cápsulas de 5 em 5 min, este processo se repetia até que a última leitura apresentasse um valor igual ou maior que a penúltima, possibilitando desta forma a construção das isothermas de dessecção. Após as amostras alcançarem valores de atividades de água próximos a 0,1, estas foram levadas a uma estufa para determinação da massa seca e, conseqüentemente, da umidade de equilíbrio.

A umidade de equilíbrio em base seca foi determinada pela relação entre a massa de água e a massa seca das amostras (Eq. 3.4).

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} 100 \quad (3.4)$$

em que:

$X_{eq}$  - umidade de equilíbrio, % base seca

$m_{eq}$  - massa da amostra no equilíbrio, g

$m_s$  - massa seca da amostra, g

Utilizaram-se, para o ajuste matemático das isothermas de dessecção de teor de água das amostras de folhas, os modelos de GAB (Eq. 3.5), Peleg (Eq. 3.6) e Oswim (Eq. 3.7),

através de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, empregando-se o programa computacional Statistica 5.0®.

### GAB

$$X_{eq} = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.5)$$

### Peleg

$$X_{eq} = k_1 a_w^{n_1} k_2 a_w^{n_2} \quad (3.6)$$

### Oswin

$$X_{eq} = a \left( \frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.7)$$

em que:

$X_{eq}$  - umidade de equilíbrio

$a_w$  - atividade de água

$X_m$  - umidade na monocamada molecular

$C, K, a$  e  $b$  - parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto

$K_1, K_2, n_1$  e  $n_2$  - constantes da equação

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foram: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 3.8.

$$P = \frac{100}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{|(X_{exp} - X_{pre})|}{X_{exp}} \quad (3.8)$$

em que:

P - desvio percentual médio, %

$X_{exp}$  - valores obtidos experimentalmente

$X_{pred}$  - valores preditos pelo modelo

n - número de dados experimentais

### 3.5. Planejamento fatorial para secagem

O planejamento fatorial utilizado neste trabalho teve, como objetivo, avaliar a influência das variáveis de entrada (temperatura e velocidade do ar de secagem) sobre as respostas (teor de alcaloides e taninos condensados), diminuindo desta forma, a quantidade de ensaios e conseqüentemente, a redução de tempo e custo. Para análise de regressão não linear dos dados experimentais, utilizou-se um planejamento fatorial  $2^2$  com três repetições no ponto central (nível 0) empregando-se o programa computacional Statistica, versão 5.0, conforme Tabela 3.1.

**Tabela 3.1.** Níveis reais e codificados do planejamento fatorial  $2^2$

Níveis reais	Níveis codificados		
	-1	0	+1
Temperatura (°C)	40	50	60
Velocidade do ar (m s <sup>-1</sup> )	0,5	1,0	1,5

Com o objetivo de verificar a influência das variáveis de entrada sobre as respostas, a matriz de planejamento (Tabela 3.2) foi elaborada com quatro experimentos distintos e três pontos centrais.

**Tabela 3.2.** Matriz de planejamento fatorial  $2^2$  com 3 repetições no ponto central para a cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó

Experimentos	Temperatura (°C)	Velocidade do ar (m s <sup>-1</sup> )
1	40 (-1)	0,5 (-1)
2	60 (-1)	0,5 (-1)
3	40 (+1)	1,5 (+1)
4	60 (+1)	1,5 (+1)
5	50 (0)	1,0 (0)
6	50 (0)	1,0 (0)
7	50 (0)	1,0 (0)

#### 3.5.1. Cinética de secagem

As plantas foram cortadas de maneira transversal em pedaços de no máximo 2 cm de espessura. Em seguida as plantas foram homogeneizadas e colocadas em uma bandeja de

material metálico (Figura 3.3), em tela de arame de malha fina. Cada bandeja continha aproximadamente 150 g de folhas frescas.



**Figura 3.3.** Bandejas metálicas contendo amostras

O teor de água inicial do produto foi determinado pelo método gravimétrico, utilizando-se estufa a  $105 \pm 3$  °C, durante 24 h, até peso constante, em três repetições de acordo com BRASIL (2005).

Após a homogeneização do material, o conjunto (bandeja + amostra) foi pesado em balança semianálitica digital Gehaka BG 2000 e colocada na estufa (câmara de secagem) procedendo ao início da operação. Após o equipamento ter sido ligado, foi determinada a velocidade do ar, através de um anemômetro colocado na lateral da estufa, bem como o ajuste das temperaturas a serem trabalhadas.

A secagem foi determinada mediante experimentos em camada delgada em estufa com circulação forçada de ar (Figura 3.4). As amostras foram submetidas a secagens nas temperaturas entre 40, 50 e 60 °C e com velocidades do ar de 0,5, 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>, monitorada por um anemômetro digital de pás rotativas modelo Thal-300 da Instrutherm, com precisão de  $\pm 3\%$ . A umidade relativa do ar foi monitorada na câmara de secagem e no ambiente externo através de um termo higrômetro digital (modelo TH-439 da Equitherm) para todos os tratamentos de secagem.



**Figura 3.4.** Estufa utilizada na secagem das folhas em camada espessa

Durante a operação de secagem foram realizadas pesagens periódicas até que as amostras atingissem o equilíbrio (peso constante). Após o término de cada tratamento, as folhas secas foram mantidas em ambiente desumificado até atingirem a temperatura ambiente. Após a secagem, as amostras secas foram trituradas em moinho de faca tipo willye, onde as folhas foram prensadas e moída por 4 lâminas de aço inoxidável, com conseqüente formação de pó.

Após o processo de moagem o pó foi então acondicionado em embalagens laminadas flexíveis, compostas de uma camada de PET cristal (polietileno tereftalato cristal) com espessura de 12  $\mu\text{m}$ , uma camada de PET metal (polietileno tereftalato metal) com espessura de 12  $\mu\text{m}$  e uma camada de PEBD cristal (polietileno de baixa densidade cristal) com espessura de 50  $\mu\text{m}$ . As embalagens continham aproximadamente 100 g da amostra; depois de colocadas nessas embalagens as amostras trituradas foram fechadas, utilizando-se seladora mecânica. As amostras em pó foram mantidas nestas embalagens para análises posteriores.

Para o ajuste dos modelos matemáticos aos dados experimentais obtidos da secagem das folhas de juazeiro e mororó, utilizou-se as equações de CAVALCANTI MATA (2006) (Eq. 3.9), HENDERSON & PABIS (1961) (Eq. 3.10), PAGE (1949) (Eq. 3.11), MIDILLI et al. (2002) (Eq. 3.12) e WANG & SING (1978) (Eq. 3.13) através da análise de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, empregando-se o programa computacional Statistica 5.0<sup>®</sup>, com a finalidade de obter o modelo matemático que melhor representasse o processo de secagem das folhas de juazeiro e mororó.

**Cavalcanti Mata (2006)**

$$RU = a_1(a_2 \cdot (t^{a_3})) + a_4 \cdot \exp(a_2 \cdot (t^{a_5})) + a_6 \quad (3.9)$$

**Henderson & Pabis (1961)**

$$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t) \quad (3.10)$$

**Page (1949)**

$$RU = \exp(-k \cdot t^n) \quad (3.11)$$

**Midilli et al. (2002)**

$$RU = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t \quad (3.12)$$

**Wang & Sing (1978)**

$$RU = 1 + a \cdot t + b \cdot t^2 \quad (3.13)$$

em que:

RU - razão de teor de água, adimensional

a, b, k, n - constante do modelo

t - tempo, min

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais foi o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Eq. 3.8.

### 3.6. Caracterização física do material vegetal desidratado

#### 3.6.1. Determinação do teor de água

O teor de água foi determinado através do método descrito em BRASIL (2005), expressos em percentagem (%).

### 3.6.2. Cinzas

A determinação quantitativa das cinzas totais foi realizada através da metodologia descrita por BRASIL (2010), utilizando-se uma mufla na temperatura de 600 °C, os resultados foram expressos em percentagens (%).

### 3.6.3. Determinação do teor de extrativos

Amostras de 1,0 g do pó das folhas foram pesadas e submetidas à decocção com 100g de água, durante 10 min. Após resfriamento, o volume foi novamente completado a 100 g. A solução obtida foi filtrada em papel de filtro e os primeiro 20 mL foram desprezados. Aliquota equivalente a 20 g foram pesadas em pesa - filtro previamente tarado e evaporou-se até secura em banho de água, sob agitação constante. O resíduo foi colocado em estufa, à temperatura de 102 °C por 2 h. Em seguida, resfriado em dessecador e pesado (MELLO & PETROVICK, 2000). O teor de extrativos foi calculado em massa percentual, pela média de três determinações segundo a Equação 3.14.

$$TE = \frac{g \cdot FD \cdot 100}{M} \quad (3.14)$$

Onde:

TE - teor de extrativos, %

g - massa de resíduo seco, g

M - massa da amostra, g

FD - fator de diluição (5)

### 3.7. Maceração dinâmica

A matéria-prima seca, triturada e com baixo teor de água, composta por folhas de mororó e juazeiro foram submetidas ao processo de maceração dinâmica, com álcool etílico a 70%. Para o preparo da solução extrativa hidroalcoólica foram misturados folhas e álcool numa proporção de 1:10. O material permaneceu em agitação constante por 01(uma) hora em agitador mecânico (modelo Q250M-2 da Quimis) com rotação de 200 rpm e temperatura controlada de 30 °C.

### 3.7.1. Obtenção do extrato líquido bruto

Após a extração, as soluções extrativas resultantes foram filtradas a vácuo em papel de filtro, sendo posteriormente concentradas mediante evaporação do solvente em rota - evaporador (modelo RV 05 BS28 da IKA) à temperatura máxima de 50 °C, até a redução de três vezes a massa inicial, de forma a aumentar o teor de sólidos. O extrato assim obtido foi conservado a 4 °C, em BOD (modelo MA 415 da Marconi), acondicionado em frasco escuro.

## 3.8. Caracterização da solução extrativa

### 3.8.1. Determinação da densidade

A determinação da densidade foi realizada através da relação entre a massa e o volume da amostra, utilizando-se o método picnométrico a 30 °C. A densidade da amostra foi calculada através da Eq. 3.15.

$$\rho = \frac{M_{se}}{M_{\text{água}}} \times \rho_{\text{água}}^{30^{\circ}\text{C}} \quad (3.15)$$

Onde:

$\rho$  - densidade da solução extrativa, g cm<sup>-3</sup>

$M_{se}$  - massa da solução extrativa contida no picnômetro, g

$M_{\text{água}}$  - massa da água destilada contida no picnômetro, g

### 3.8.2. Determinação do teor de sólidos totais

A determinação do teor de sólidos na solução extrativa foi realizada através do método gravimétrico segundo a metodologia apresentada em 3.3.3.

### 3.8.3. Determinação do teor de alcaloides

A curva de calibração foi determinada segundo metodologia descrita por SREEVIDYA & MEHROTRA (2003). O padrão analítico utilizado foi nitrato de bismuto pentahidratado. A curva foi construída através da leitura em triplicata da solução padrão no intervalo de 0,01 a 0,09 mg/mL. As leituras realizadas em absorvância na frequência de 435 nm.

A curva de calibração foi construída utilizando 10 mg de nitrato de bismuto pentahidratado, diluída com 5 mL de ácido nítrico concentrado e o volume foi completado com água destilada para balão volumétrico de 100 mL. A partir desta solução foram retirados 50 mL e transferido para um balão volumétrico de 500 mL e o volume completado com água destilada.

A partir da solução estoque de nitrato de bismuto pentahidratado foram realizada diluições de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 mL, para balões volumétrico de 50 ml, adicionou-se 1 mL da solução Dragendorff e 5 mL da solução de tiuréia a 3% com auxílio de pipetas respectivamente. O volume foi completado com água destilada, homogeneizado e deixado em repouso por 30 min até o desenvolvimento da coloração amarela. Decorrido o tempo previsto para o desenvolvimento da coloração, fez-se a leitura em espectrofotometro UV/VIS (Agilent 8453) a 435 nm. A quantificação de alcaloides totais foi obtida por intermédio da curva padrão.

$$\text{mgalcaloides/100g amostra} = \frac{x \cdot V \cdot 100}{m} \quad (3.16)$$

em que:

x - concentração obtida na curva padrão, mg mL<sup>-1</sup>

V - volume da amostra, mL

m - peso da amostra, g

#### 3.8.4. Determinação do teor de taninos condensados

A determinação de taninos condensados seguiu o método colorimétrico descrito por MORRISON et al. (1995) o qual utilizam uma solução de ácido clorídrico a 8% e uma solução de vanilina a 1%. O ensaio foi realizado em triplicata e para o teor de taninos condensados foi utilizada uma curva de calibração com catequina no intervalo de 2,5 a 200 mg/mL. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro UV-VIS (Agilent 8453), com auxílio de cubetas de quartzo no comprimento de onda de 500 nm.

Os cálculos realizados para determinação de taninos utilizaram uma curva padrão de catequina, previamente estabelecida.

Os dados foram obtidos por intermédio da curva padrão, calculados através da Eq. 3.17.

$$\text{mgcat}/100\text{g amostra} = \frac{x \cdot V \cdot 100}{m} \quad (3.17)$$

em que:

x - concentração obtida na curva padrão,  $\text{mg mL}^{-1}$

V - volume da amostra, mL

m - peso da amostra, g

### **3.9. Preparação dos extratos concentrados**

As soluções extrativas obtidas foram submetidas ao processo de concentração em rota- evaporador (modelo RV 05 B S28 da IKA) a pressão reduzida e temperatura não superior a 50 °C. Os extratos foram reduzidos a uma massa correspondente a três vezes a sua massa inicial.

#### **3.9.1. Determinação da densidade**

A determinação dos extratos concentrados foi realizada através da picnometria segundo a metodologia apresentada em 3.8.1.

#### **3.9.2. Determinação do teor de sólidos totais**

A determinação do teor de sólidos na solução concentrada foi realizada através do método gravimétrico segundo a metodologia apresentada em 3.3.3.

#### **3.9.3. Determinação do teor de taninos condensado**

A determinação do teor de taninos condensado foi realizada de acordo com a metodologia descrita por MORRISON et al. (1995), apresentada em 3.8.3.

#### **3.9.4. Determinação do teor de alcaloides**

A determinação do teor de alcaloides foi realizada de acordo com a metodologia descrita por SREEVIDYA & MEHROTRA (2003), apresentada em 3.8.4.

#### **3.9.5. Análise estatística**

Os dados experimentais da caracterização física do pó, da solução extrativa e do extrato concentrado foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, utilizando o programa Assistat, versão 7.6 beta (SILVA & AZEVEDO, 2009).

Com vista à otimização do processo, as respostas obtidas para todos os ensaios foram avaliadas quanto aos efeitos principais e as interações entre fatores através do programa Statistica, versão 5.0.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Caracterização das espécies vegetais *in natura*

Os resultados dos ensaios para determinação das características físicas das folhas de juazeiro e mororó *in natura* são apresentados na Tabela 4.1. Amostras vegetais quando submetidas a excesso de umidade pode sofrer ação de fungos e bactérias, e conseqüentemente a degradação das substâncias bioativas.

**Tabela 4.1.** Caracterização física das folhas *in natura* de juazeiro e mororó

	Juazeiro			Mororó		
	Teor de água (%)	Teor de sólidos (%)	Cinzas (%)	Teor de água (%)	Teor de sólidos (%)	Cinzas (%)
<b>Experimentos</b>						
1	56,0632	43,9376	2,7546	69,0470	30,9529	2,3494
2	47,7933	52,5400	3,1511	70,4898	29,5102	2,0214
3	56,1495	43,8504	2,3857	67,7735	32,2264	2,2380
4	67,5496	32,4503	2,2977	67,7735	27,6362	1,8428
5	54,8429	45,1570	2,3949	73,3066	26,5804	2,2966
6	54,4561	45,5439	2,3616	68,6621	31,3379	2,1317
7	58,2174	41,7826	2,3593	68,3933	30,6067	1,9828
<b>Média geral</b>	56,4394	43,6087	2,5293	70,1480	29,8358	2,1233
<b>Desvio padrão</b>	5,6808	5,7600	0,3046	1,9970	2,1128	0,1945

Na Tabela 4.1, encontram-se os valores de teor de água para as folhas *in natura* das duas espécies em estudo dos diferentes experimentos do planejamento experimental. Observa-se que o teor de água variou entre 47,79% (juazeiro) e 73,30% (mororó), isso pode ser explicado devido às mudanças climáticas, valores que foram inferiores aos encontrados por BANDEIRA et al. (2011) para folhas recém-colhidas de quatro espécies do gênero *Plectranthus* conhecidas popularmente como boldo, com teor de água variando entre 87,16 e 93,12%.

As folhas representam a parte vegetal onde o teor de água é mais abundante. Observa-se que os valores encontrados para os teores de água dos diferentes experimentos tanto do juazeiro quanto do mororó são estatisticamente diferentes entre si, sendo os maiores valores correspondentes ao mororó.

Os valores de teor de água das folhas de juazeiro (56,44%) e mororó (70,15%) foram inferiores aos encontrados por RODRIGUES et al. (2011) que foi de aproximadamente 88% no estudo com boldo da terra, utilizando o micro-ondas na determinação do melhor método

gravimétrico, e por RANDÜZ et al. (2006) para folhas de hortelã-comum (*mentha x villosa* huds) que foi de 80% para a temperatura de 50 °C e superiores aos encontrados por SPINDOLA JUNIOR et al. (2009) que investigando folhas de *Mikania glomerata* em distintas condições de luminosidade verificaram teores de água variando entre 1,56% no tratamento em pleno sol a 3,65% no tratamento realizado à sombra.

Inversamente ao teor de água, os sólidos totais apresentam o menor valor para o experimento 4 (60 °C e 1,5 m s<sup>-1</sup>) e maior valor no experimento 2 (60 °C e 0,5 m s<sup>-1</sup>). Esses valores corroboram com os determinados por SALVI JÚNIOR (2009) ao estudar aroeira vermelha (*Schinus terebinthifolius* Raddi) encontrou valores de 40,96% de resíduo sólido nas folhas frescas. A determinação do resíduo sólido de material vegetal fresco indica a perda de água e de substâncias voláteis durante o processo de secagem da espécie vegetal.

De acordo com a Tabela 4.1 é possível observar que os teores de cinzas das folhas de juazeiro e mororó apresentam resultados semelhantes, variando de 2,12% (mororó) a 2,53% (juazeiro). Os valores de cinzas obtidos para ambas as folhas, são inferiores aos de *Bauhinia forficata* Link, coletadas em duas regiões do Brasil, que variou de 8,43 a 8,61%, relatados por MARQUES et al. (2012) e semelhantes aos encontrados por ARAÚJO et al. (2006) que ao avaliarem o comportamento térmico de amostras comerciais de guaraná em pó estabeleceram um estudo comparativo entre os métodos convencionais e termogravimétrico para determinação do teor de cinzas encontraram valores entre 1,60 a 3,34%.

A determinação do teor de cinzas é importante, porque de acordo com CARDOSO (2009) indica possíveis adulterações, pois avalia a presença de resíduos inorgânicos não voláteis.

#### **4.2. Determinação das isotermas de equilíbrio higroscópico**

Os dados do conteúdo de umidade de equilíbrio das folhas *in natura* do juazeiro e do mororó e a atividade de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C são apresentados no Apêndice A e B. O valor do teor de água de equilíbrio para diversos materiais depende da maneira como a condição de equilíbrio é atingida. Um determinado valor é obtido quando o produto úmido perde umidade por dessorção durante a secagem (ROCHA, 2011). Em geral, a umidade de equilíbrio diminui com o aumento da temperatura. Esta diminuição pode ser justificada com base no aumento da pressão de vapor da água no ar da superfície do produto, por apresentar maior número de molécula de água que o ar (OLIVEIRA et al., 2006).

O conteúdo de equilíbrio de umidade avalia a perda ou o ganho de água e está relacionado diretamente com os processos de secagem e armazenagem de produtos agrícolas. O método de conservação utilizando a secagem baseia-se principalmente na diminuição do teor de água disponível no material vegetal, consequentemente serão reduzidas as atividades enzimáticas, química e biológica, garantindo um armazenamento seguro.

Nas Tabelas 4.2 e 4.3 são sumarizados os parâmetros dos modelos ajustados aos dados experimentais do conteúdo de umidade de equilíbrio das folhas de juazeiro e mororó para as diferentes temperaturas bem como seus respectivos valores dos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e o desvio percentual médio (P).

**Tabela 4.2.** Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio percentual médio (P) dos modelos ajustados à isoterma de dessorção das folhas de juazeiro

Modelos	Temperatura	Parâmetros				$R^2$ (%)	P(%)
		Xm	C	K			
GAB	20 °C	4,3471	4,5212	0,9993		98,76	17,2241
	30 °C	6,0425	0,6014	0,9758		99,88	14,0792
	40 °C	4,9498	0,5397	0,9885		99,88	15,0863
Oswin		A		B			
	20 °C	6,7198		0,8961		98,46	17,5272
	30 °C	5,0670		0,9328		99,72	17,7691
	40 °C	4,0962		0,9846		99,79	15,4595
Peleg		k1	n1	k2	n2		
	20 °C	124,24	50,4318	46,4343	2,5273	99,61	14,8810
	30 °C	36,2231	3,5045	115,897	19,9438	99,95	15,5016
	40 °C	34,1743	3,1867	142,442	23,1603	99,97	14,4862

**Tabela 4.3.** Parâmetros, coeficientes de determinação ( $R^2$ ) e desvio percentual médio (P) dos modelos ajustados à isoterma de dessorção das folhas de mororó

Modelos	Temperatura	Parâmetros				$R^2$ (%)	P(%)
		Xm	C	K			
GAB	20 °C	14,5950	0,2275	0,9636		99,64	8,1513
	30 °C	16,120	0,3482	0,9849		99,82	10,6963
	40 °C	6,7217	0,4957	0,9981		99,73	8,6689
Oswin		A		B			
	20 °C	6,71659		1,02256		99,42	15,6738
	30 °C	6,45931		0,97211		99,29	14,4843
	40 °C	5,02374		1,07452		99,71	12,2861
Peleg		k1	n1	k2	n2		
	20 °C	168,205	13,2892	20,4955	1,9401	99,71	6,8864
	30 °C	189,857	15,2434	36,9384	2,6596	99,88	7,1331
	40 °C	226,846	22,3592	48,4275	3,7883	99,62	8,8281

Com base nos dados apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3 observa-se que pelos coeficientes de determinação todos os modelos apresentam bom ajuste aos dados experimentais, porém o modelo de Oswin apresentou desvio percentual médio acima de 10% o que permite indicar que os modelos de GAB e Peleg são os que melhor descrevem o processo de dessecção das folhas de juazeiro e mororó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. EDOUN et al. (2010) ao determinarem o teor de água de equilíbrio das folhas de eru (*Gnetum africanum*) para a faixa de temperatura de 30 a 50 °C e umidade relativa de 10 a 90%, verificaram que o modelo de GAB foi o que melhor descreveu as isotermas. Concordantes com esta afirmação MOHAMED et al. (2004) ao estudarem o teor de água de equilíbrio de folhas de laranja (*Citrus aurantium*) concluíram que dentre os modelos testados o de GAB e BET, descreveu satisfatoriamente o ajuste aos dados experimentais de adsorção.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 4.2 e 4.3 verifica-se que, dentre os 3 modelos testados, o modelo de quatro parâmetros de Peleg destaca-se satisfatoriamente na representação dos dados, por apresentar coeficientes de determinação superior a 99% e os menores desvios médios respectivamente. O modelo de Oswin com dois parâmetros o qual é empírico e baseia-se na expansão matemática para curvas de formato sigmoide, apresentou ajustes inferiores quando comparados aos demais modelos. Desta forma, a equação de Peleg pode ser utilizada para estimar a representação higroscópica do fenômeno, nas condições em que o estudo foi desenvolvido. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por BAHLOUL et al. (2008) que ao estudarem o comportamento higroscópico de quatro variedades de folhas de oliveira em três temperaturas (30, 40 e 50 °C), afirmaram que o modelo de Peleg forneceu o melhor ajuste aos dados experimentais para uma atividade de água de 0,058-0,898.

SILVA et al. (2007) determinaram as isotermas de dessecção de *Calendula officinalis* L. em diferentes temperaturas (30, 45 e 60 °C), através do uso de método gravimétrico, a fim de se verificar a influência da temperatura na atividade de água. Os dados experimentais foram ajustados aos modelos matemáticos de BET, GAB, Halsey, Oswin, Peleg, Henderson e Chung Pfost. O erro relativo entre os valores experimentais e os valores estimados foi calculado em cada curva, a fim de se avaliar qual equação melhor se ajustou aos dados experimentais. O modelo que apresentou o menor erro relativo foi o de Peleg, com 9,40% na temperatura de 30 °C, 5,71% para a temperatura de 45 °C e 3,36% para a temperatura de 60 °C.

Observa-se também que na representação dos dados das folhas de mororó a equação de Peleg apresentou valores inferiores a 10% para o desvio percentual médio em todas as

temperaturas estudadas, que de acordo com MOHAPTRA & RAO (2005) indica uma boa adequação do modelo proposto para descrever o comportamento higroscópico. Resultados semelhantes foram encontrados por SILVA et al. (2010) que ao estudarem as características higroscópicas de folhas de coentro, observaram que a equação de Peleg possui boa relação quanto a descrição do comportamento dos dados experimentais da folha desidratada. No entanto, o modelo matemático de GAB apresentou desvios percentuais médios abaixo de 10% nas temperaturas de 20 e 40 °C (8,15 e 8,67%) e desvio percentual aceitável na temperatura de 30 °C (10,69%).

Já para a espécie de juazeiro, apesar das equações apresentarem coeficientes de determinação maiores que 98%, os desvios médios foram superiores a 10%, o que segundo AGUERRE et al. (1989) considera-se que resultados acima de 10% não indica um ajuste adequado dos valores observados em relação aos ajustados pelos modelos em questão.

Observando os parâmetros do modelo de GAB nas tabelas apresentadas, constata-se que a umidade na monocamada molecular ( $X_m$ ) variou em torno de 4 a 16 (% em base seca) entre as espécies em estudo. O conteúdo de umidade na monocamada ( $X_m$ ) é a quantidade de água que está fortemente adsorvida na superfície do produto, sendo considerado importante para o armazenamento por longos períodos. Resultados semelhantes foi encontrado por GHODAKE et al. (2007) estudando a higroscopicidade de folhas de chá preto e chá verde nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidade relativa de 10 a 90%, ao ajustarem o modelo de GAB as isotermas de sorção encontraram valores de  $X_m$  variando de 6 a 12.

Verifica-se também nas Tabelas 4.2 e 4.3 que para o modelo de GAB, os valores de  $k$  apresentam-se menores que 1, variando entre 0,96 a 0,99, não apresentando comportamento definido em relação às temperaturas estudadas, enquanto que o parâmetro  $C$  para a espécie mororó apresentou comportamento inversamente proporcional ao aumento da temperatura, já para a espécie de juazeiro esse valor oscilou de 0,5 a 4,5. Observa-se que o parâmetro  $C$  em ambas as espécies foram inferiores a 200, que de acordo com ALEXANDRE et al. (2007) encontra-se dentro da faixa comumente encontrada na literatura. O parâmetro  $K$  de acordo com ALEXANDRE et al. (2007) representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada com relação ao volume de líquido, enquanto a constante de sorção  $C$  é função das interações entre os sítios ativos do produto e as moléculas de água.

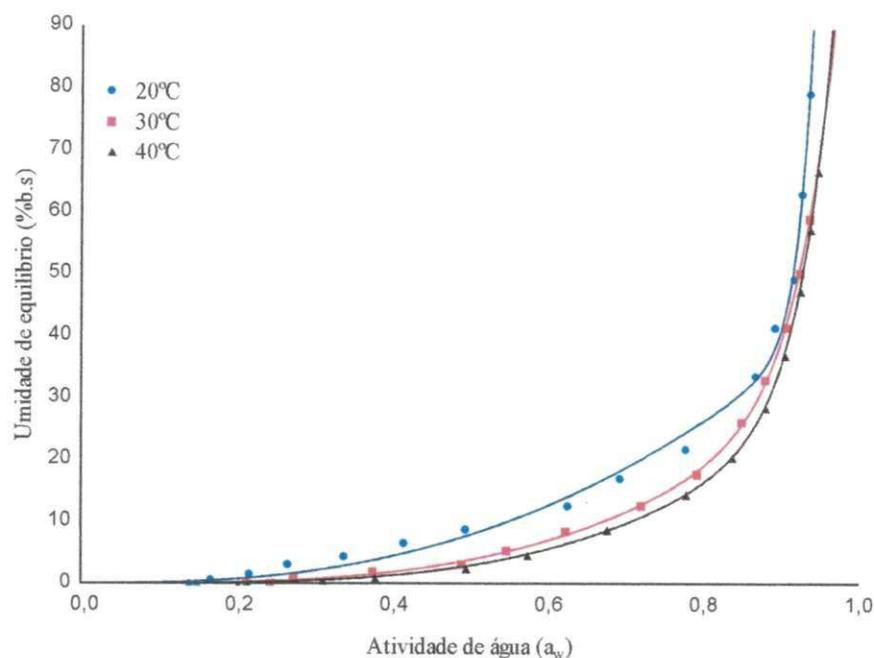
Nos ajustes feito com o modelo de Peleg as constantes  $k_1, n_1, k_2, n_2$  apresentaram comportamentos diferentes entre as espécies. Observa-se na Tabela 4.2 que para o juazeiro houve uma discrepância entre os valores. Verifica-se que os parâmetros  $k_1$  e  $n_1$  diminuíram com o aumento da temperatura sendo inversamente proporcional a  $k_2$  e  $n_2$ . Já para a espécie

mororó  $k_1$ ,  $n_1$ ,  $k_2$  e  $n_2$  apresentaram tendência de acréscimo com o aumento da temperatura. SILVA et al. (2007) verificaram que para *Calendula officinalis* L. os parâmetros  $k_1$ ,  $n_1$  do modelo de Peleg apresentaram um decréscimo em seus valores com o aumento da temperatura, com relação aos demais parâmetros a temperatura de 45 °C foi levemente superior que a de 60 °C. PARK et al. (2002) no estudo dos parâmetros de secagem e isoterms de dessorção em folhas de menta (*Mentha crispera* L.) desidratadas em temperaturas de 30 e 40 °C, constataram que o modelo de Peleg foi o que apresentou menor erro relativo (1,82 e 3,82%) respectivamente.

Analisando os ajustes pelo modelo de Oswin nota-se que para a espécie juazeiro os parâmetros a e b apresentaram tendência de acréscimo com o aumento da temperatura. Já para as folhas de mororó observa-se que a constante a e b na temperatura de 30 °C apresentou tendência de decréscimo com o aumento da temperatura. PARK et al. (2001) estudando o comportamento das isoterms de sorção de pêra bartlett (*Pyrus sp.*) *in natura* e desidratada osmoticamente, utilizando seis e três temperaturas (40, 60 e 80 °C) obtiveram com o modelo de Oswin e com o aumento da temperatura, acréscimo da constante b, com um pequeno decréscimo na temperatura de 80 °C e diminuição da constante a.

As Figuras de 4.1 a 4.3 exibem as isoterms de dessorção das folhas de juazeiro resultantes dos modelos de Peleg, GAB e Oswin nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Verifica-se que as isoterms apresentam formato sigmoidal, típica de produtos com alto teor de água.

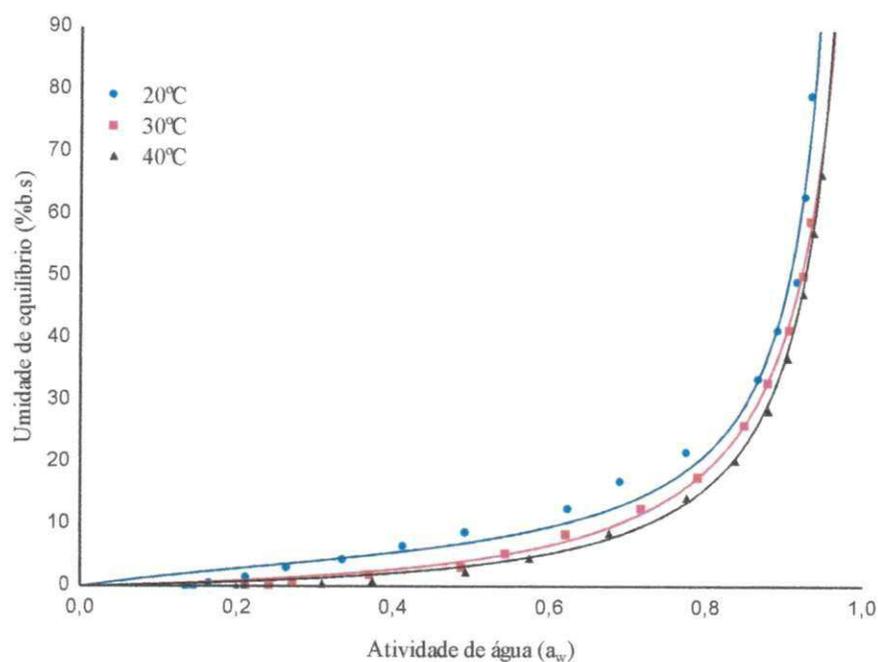
Na Figura 4.1 são apresentadas as isoterms de dessorção de umidade das folhas *in natura* de juazeiro em três temperaturas (20, 30 e 40 °C) ajustadas pelo modelo de Peleg. Observa-se que quando a temperatura aumenta, o conteúdo de umidade de equilíbrio decresce para um valor de atividade de água, este comportamento segundo LAHSASNI et al. (2003) é atribuído ao alto estado de excitação das moléculas de água em temperaturas elevadas, diminuindo as forças de atração entre as moléculas. Estes resultados corroboram com os obtidos para produtos agrícolas (RESENDE et al., 2006; GONELLI, 2008; FERREIRA et al., 2011).



**Figura 4.1.** Isotermas de desorção de folhas *in natura* de juazeiro, ajustadas pelo modelo de Peleg

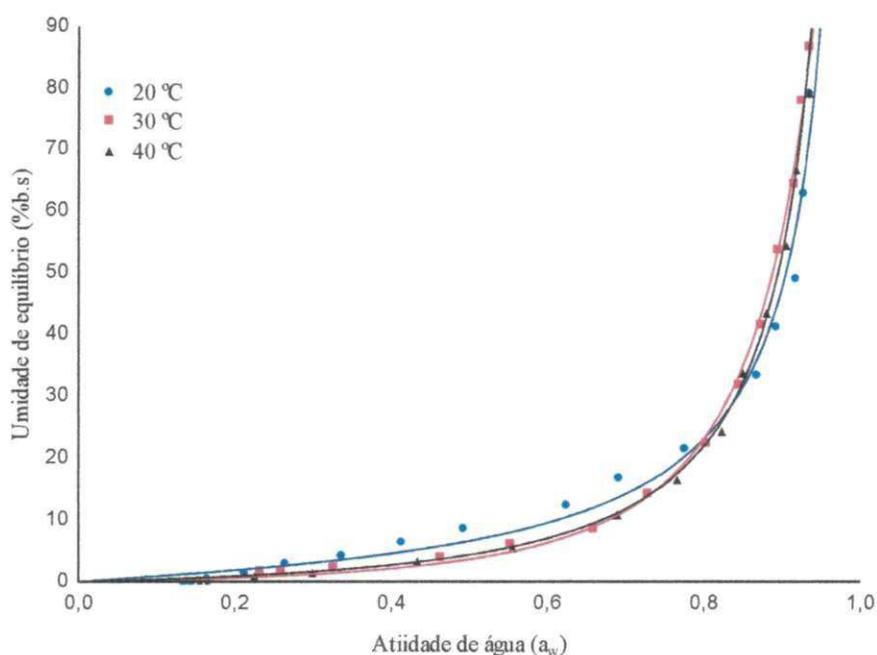
Verifica-se também que a umidade de equilíbrio cresce com o aumento da atividade de água para todas as temperaturas. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por SILVA et al. (2010) ao estudarem as características higroscópica e termodinâmica do coentro desidratado. Observa-se que para a temperatura de 20 °C em atividades de água menores que 0,5, as curvas apresentam maiores desvios em relação aos dados experimentais. Para atividades de água compreendidas entre 0,9 e 0,95, todas as curvas possuem comportamentos similares.

Na Figura 4.2 estão as isotermas de desorção de umidade de folhas *in natura* de juazeiro, nas diferentes temperaturas estudadas (20, 30 e 40 °C) ajustadas pelo modelo de GAB. Verifica-se uma pequena influência da temperatura sobre as isotermas de folhas de juazeiro em todas as temperaturas, sendo que as curvas de 30 e 40 °C se sobrepõem entre as atividades de água 0,90 a 0,95, sendo similares as curvas obtidas pelo modelo de Peleg.



**Figura 4.2.** Isotermas de dessecção de folhas *in natura* de juazeiro, ajustadas pelo modelo de GAB

A Figura 4.3 expõe as isotermas de dessecção de umidade das folhas *in natura* de juazeiro nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, ajustadas pelo modelo de Oswin.

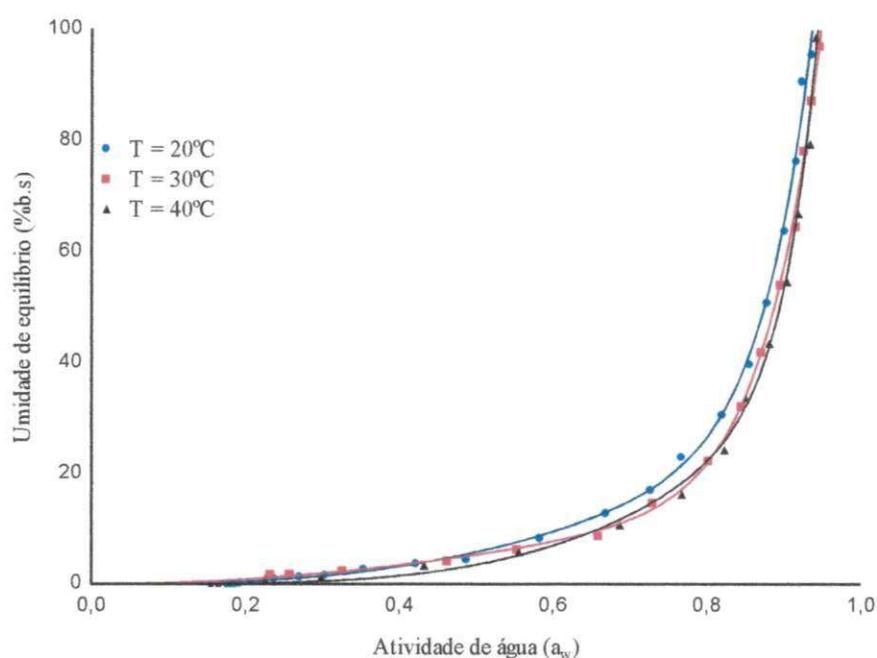


**Figura 4.3.** Isotermas de dessecção de folhas *in natura* de juazeiro, ajustadas pelo modelo de Oswin

Observa-se que as curvas ajustadas apresentam um comportamento similar aos demais modelos, no entanto, as curvas referentes a 30 e 40 °C se sobrepõem a partir de atividade de

água de 0,2. A curva de 20 °C cruza as curvas de 30 e 40 °C a partir de atividade de água de 0,8. Este comportamento difere dos obtidos por BAHLOUL et al. (2008) que ao comparar as curvas de dessecção de quatro variedades de folhas de oliveira na temperatura de 30 °C os quais observaram que houve uma maior dispersão a partir de  $a_w$  de 0,6.

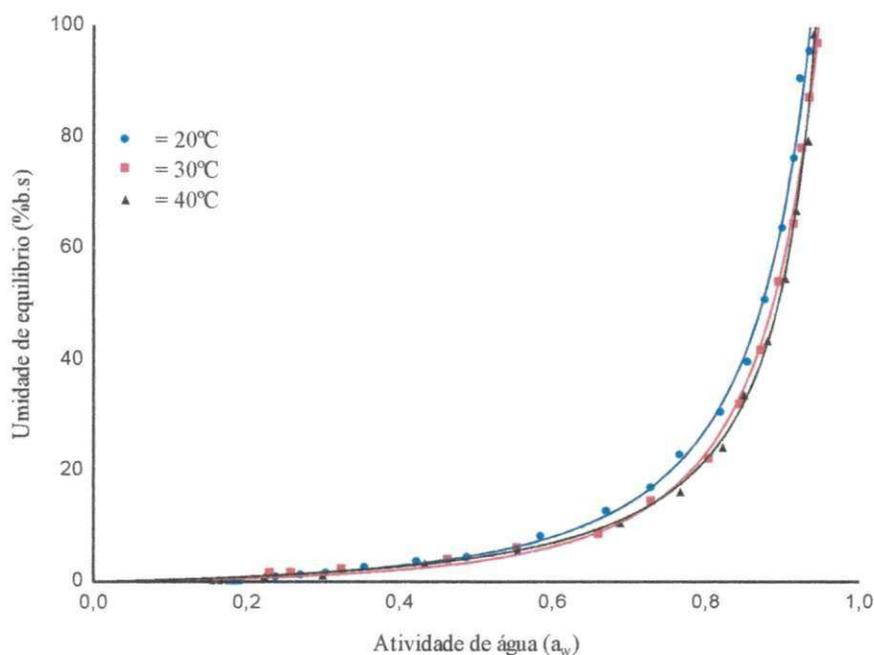
As Figuras de 4.4 a 4.6 exibem a representação gráfica dos modelos de Peleg, GAB e Oswin, respectivamente, aplicados aos dados experimentais das isotermas de dessecção das folhas de mororó, resultantes nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Observa-se que as isotermas apresentam formato sigmoidal, característica de curvas do tipo II, de acordo com a classificação de BRUNAUER et al. (1938), que considera o formato sigmoidal do equilíbrio higroscópico padrão para produtos agrícolas.



**Figura 4.4.** Isotermas de dessecção de folhas *in natura* de mororó ajustadas pelo modelo de Peleg

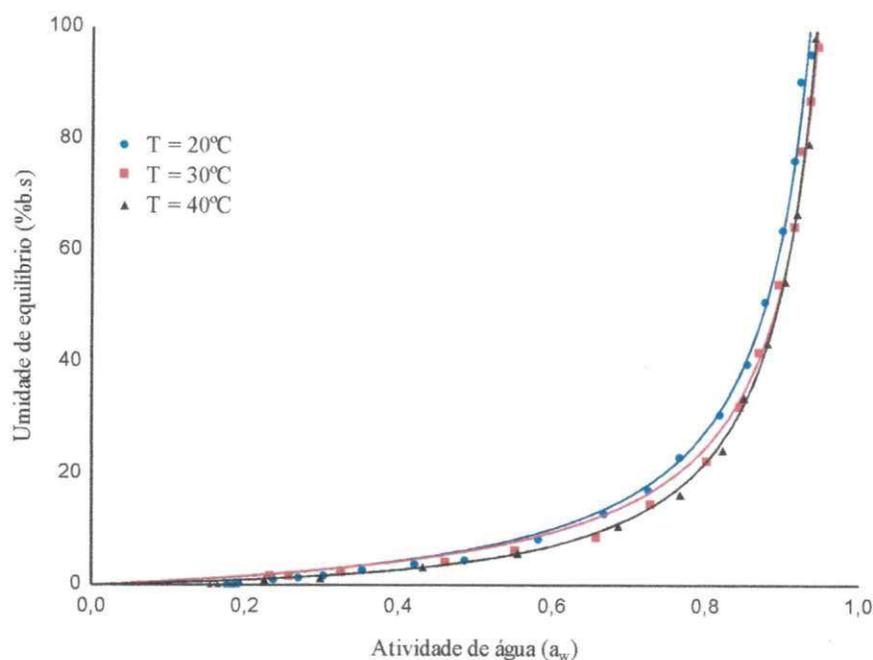
Verifica-se na Figura 4.4 a representação gráfica das isotermas de dessecção de umidade das folhas de mororó, nas três temperaturas estudadas, ajustadas pelo modelo de Peleg. Observa-se que não existe grande influência da temperatura sobre as umidades de equilíbrio das folhas *in natura* para atividade de água inferior a 0,3. A partir de 0,6 a curva referente à temperatura de 20 °C ocupa posição superior em relação às demais temperaturas, no entanto a curva de 30 °C encontra-se em posição inferior a 40 °C numa atividade de água entre 0,7 até aproximadamente 0,8 e se sobrepondo entre atividade de água de 0,9.

Na Figura 4.5 são mostradas as curvas das isotermas de dessorção de umidade, ajustada pelo modelo de GAB. Pode-se verificar que as temperaturas de 20, 30 e 40 °C, nas atividades de água entre 0,2 e aproximadamente 0,6 as curvas encontram-se sobrepostas. Esse comportamento pode ser observado nas temperaturas de 30 e 40 °C, onde é possível verificar que em toda a faixa de  $a_w$  estudada, as curvas se sobrepõem, com tendência de dispersão a partir de  $a_w = 0,8$ . A sobreposição das isotermas obtidas para as diferentes temperaturas indica que não houve efeito da temperatura sobre as mesmas.



**Figura 4.5.** Isotermas de dessorção de folhas *in natura* de mororó ajustadas pelo modelo de GAB

As isotermas de dessorção de umidade das folhas *in natura* de mororó ajustadas pelo método de Oswin são representadas na Figura 4.6. Pode-se constatar que as curvas nas temperaturas de 20 e 30 °C estão sobrepostas na faixa de  $a_w$  compreendida entre 0,2 a 0,65, e que os pontos experimentais da temperatura de 30 °C se sobrepõem à curva de 40 °C em toda a faixa de atividade de água estudada.



**Figura 4.6.** Isotermas de dessorção de folhas *in natura* de mororó ajustadas pelo modelo de Oswin

A curva de 20 °C em  $a_w$  acima de 0,7 fica mais distanciada das demais. Tal comportamento difere dos apresentados por ARABHOSSEINI et al. (2010) ao estudarem o equilíbrio higroscópico de folhas e galhos de *Miscanthus* para a faixa de temperatura de 25 a 70 °C, aplicando o modelo de Oswin.

### 4.3. Cinética de secagem

Os dados experimentais obtidos para as duas espécies em estudo foram submetidos à análise de regressão não linear com a finalidade de obter o modelo matemático que melhor representasse o processo de secagem das folhas de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart) e mororó (*Bauhinia cheilantha*) em camada delgada, considerando as diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem.

Nas Tabelas 4.4 e 4.5 estão apresentados respectivamente o resumo do ajuste dos modelos aos dados experimentais de secagem de ambas as espécies nas temperaturas estudadas (40, 50 e 60 °C) e velocidade do ar de secagem (0,5, 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>), os valores do coeficiente de determinação ( $R^2$  em decimal) e desvio percentual médio (P).

**Tabela 4.4.** Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do desvio percentual médio (P%), calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem de folhas de *Ziziphus joazeiro* Mart. obtidos nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidade de 0,5, 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>

Modelos	Temperaturas (°C)	Vel. do ar (m s <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup> (%)	P (%)
<b>Cavalcanti Mata (2006)</b>	40	0,5	0,9991	6,5384
	60	0,5	0,9986	17,2112
	40	1,5	0,9981	12,9237
	60	1,5	0,9993	7,0685
	50	1,0	0,9994	9,6503
	50	1,0	0,9985	8,7199
	50	1,0	0,9990	7,6643
<b>Henderson e Pabis (1961)</b>	40	0,5	0,9807	18,8401
	60	0,5	0,9809	24,0909
	40	1,5	0,9795	23,5450
	60	1,5	0,9841	14,2677
	50	1,0	0,9764	16,8362
	50	1,0	0,9877	16,8569
	50	1,0	0,9818	16,7713
<b>Midilli et al. (2002)</b>	40	0,5	0,9991	4,8129
	60	0,5	0,9980	10,0056
	40	1,5	0,9979	9,2360
	60	1,5	0,9992	5,2862
	50	1,0	0,9985	7,3576
	50	1,0	0,9985	7,6630
	50	1,0	0,9992	7,0944
<b>Page (1949)</b>	40	0,5	0,9976	14,7432
	60	0,5	0,9973	16,8581
	40	1,5	0,9977	18,9610
	60	1,5	0,9977	10,7325
	50	1,0	0,9982	13,1966
	50	1,0	0,9981	12,0507
	50	1,0	0,9959	14,0772
<b>Wang e Sing (1978)</b>	40	0,5	0,9955	7,8531
	60	0,5	0,9958	15,6923
	40	1,5	0,9955	11,3164
	60	1,5	0,9953	11,0210
	50	1,0	0,9972	7,8531
	50	1,0	0,9961	10,6756
	50	1,0	0,9977	9,6628

**Tabela 4.5** - Valores do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e do desvio percentual médio (P%) calculado para verificação do ajuste dos modelos matemáticos aos valores experimentais da secagem de folhas de *Bauhinia cheilantha*, obtidos nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C e velocidade de 0,5, 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>

Modelos	Temperaturas (°C)	Vel. do ar (m s <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup> (%)	P(%)
<b>Cavalcanti Mata (2006)</b>	40	0,5	0,9979	12,7399
	60	0,5	0,9988	3,7857
	40	1,5	0,9981	8,8596
	60	1,5	0,9991	5,4731
	50	1,0	0,9996	6,1107
	50	1,0	0,9990	8,4702
	50	1,0	0,9987	7,3648
<b>Henderson e Pabis (1961)</b>	40	0,5	0,9784	19,5876
	60	0,5	0,9849	16,5405
	40	1,5	0,9848	21,2773
	60	1,5	0,9856	17,2749
	50	1,0	0,9928	11,5271
	50	1,0	0,9891	11,7177
	50	1,0	0,9903	11,4218
<b>Midilli et al. (2002)</b>	40	0,5	0,9991	4,8533
	60	0,5	0,9991	2,9165
	40	1,5	0,9994	6,5227
	60	1,5	0,9991	4,6902
	50	1,0	0,9996	6,9395
	50	1,0	0,9993	6,4865
	50	1,0	0,9989	6,2535
<b>Page (1949)</b>	40	0,5	0,9976	11,1749
	60	0,5	0,9973	7,3106
	40	1,5	0,9977	11,1297
	60	1,5	0,9977	9,4716
	50	1,0	0,9982	8,2975
	50	1,0	0,9981	9,5797
	50	1,0	0,9959	9,6603
<b>Wang e Sing (1978)</b>	40	0,5	0,9955	11,0044
	60	0,5	0,9958	6,8238
	40	1,5	0,9955	12,6464
	60	1,5	0,9953	7,8772
	50	1,0	0,9972	8,0753
	50	1,0	0,9961	9,9629
	50	1,0	0,9977	8,3764

Dentre os modelos avaliados e conforme os resultados obtidos para os coeficientes de determinação ajustados bem como para os desvios percentuais médios, a equação de

MIDILLI et al. (2002) foi a que melhor representou aos dados experimentais para descrever o processo de secagem das folhas de juazeiro e mororó para a faixa de temperatura (40 a 60 °C) e velocidade estudada (0,5 a 1,5 m s<sup>-1</sup>), seguida por CAVALCANTI MATA et al. (2006).

A curva de Cavalcanti Mata apresentou excelentes resultados em relação aos coeficientes de determinação como também de desvio médio, porém a mesma não se ajustou aos dados experimentais de secagem. A equação de Cavalcanti Mata é empregada para descrever cinética de secagem de produtos agrícolas. Contudo vale ressaltar que todas as equações estudadas podem ser utilizadas para prever a cinética de secagem. No entanto MANDAMBA et al. (1996) ressaltam que apenas o coeficiente de determinação não constitui um bom critério para a seleção de modelos não lineares logo, tornam-se necessárias avaliações de outros parâmetros.

Observa-se que para as equações analisadas o desvio percentual médio (P) no qual descreve o desvio dos valores observados em relação à curva estimada por cada modelo apresenta uma variação entre as equações e as respectivas temperaturas e velocidades do ar de secagem em estudo. Contudo os valores observados para MIDILLI et al. (2002), CAVALCANTI MATA (2006) e WANG & SING (1978) apresentaram os menores valores de desvio percentual médio (P). Segundo MOHAPATRA & RAO (2005) valores menores que 10%, são recomendados para a seleção de modelos, indicando desta forma uma representação adequada do fenômeno. Ainda de acordo com as Tabelas 4.4 e 4.5, observa-se que a equação de MIDILLI et al. (2002) foi a única que apresentou valores de desvio médio satisfatório para todas as condições testadas.

Resultados semelhantes foram observados por REIS et al. (2011) que realizando a modelagem matemática de pimenta cumari nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C concluíram que a equação de MIDILLI et al. (2002) foi o que melhor representou a cinética de secagem da pimenta. Da mesma forma RADÜNZ et al. (2011) avaliando o comportamento da cinética de secagem de carqueja a diferentes temperaturas do ar (40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C) em secadores de bandeja, observaram que a equação de MIDILLI et al. (2002) apresentou ajuste adequado aos dados experimentais para toda a faixa de temperatura estudada, e o modelo de PAGE (1949) apresentou ajuste adequado aos dados experimentais apenas para a faixa de temperatura de 60 a 90 °C.

MARTINAZZO et al. (2007) ajustaram várias equações empírica e semiempírica aos dados experimentais da secagem de folhas de capim – limão (*Cymbopogon citratus*) em camada delgada e diferentes temperaturas (30, 40, 50 e 60 °C). Os autores concluíram que a

equação de MIDILLI et al. (2002) dentre as testadas foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais, apresentando o maior coeficiente de determinação.

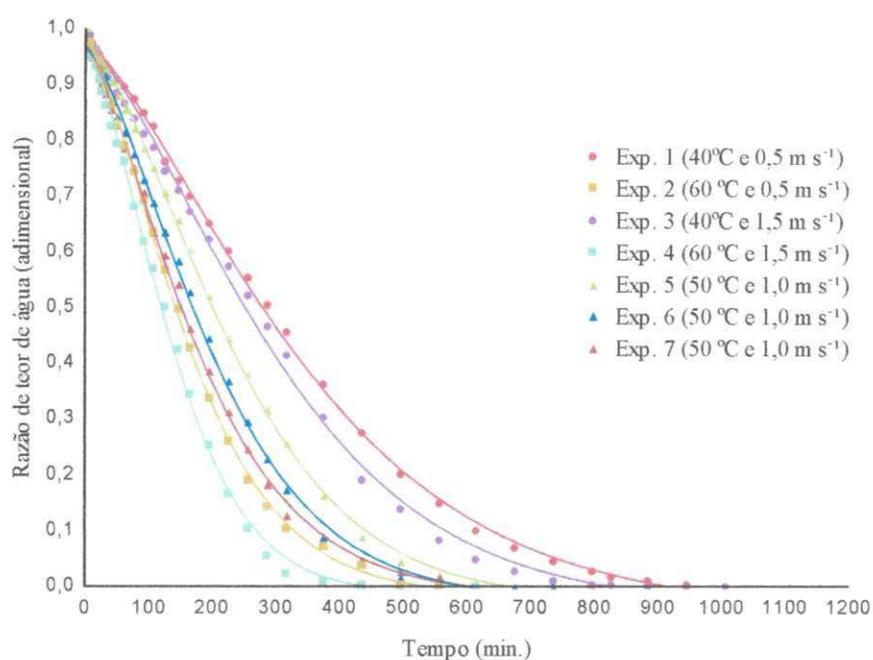
MARTINAZZO et al. (2010) estudando a modelagem matemática e os parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão em diferentes temperaturas (30, 40, 50 e 60 °C) utilizaram dez equações matemáticas para descrever o processo, verificaram que a equação de Page Modificado foi a que melhor se ajustou aos dados experimentais. Concordante com esta afirmação AKPINAR (2006) observou que o modelo de Page Modificado obteve melhor ajuste aos dados experimentais de folhas de hortelã (*Mentha* sp.) e manjerição (*Ocimum basilicum*) para secagem ao sol e em camada delgada. Portanto, a determinação do modelo matemático depende da espécie de planta estudada.

Para a secagem de folhas de endro (*Anethum graveolens* L.) e salsinha (*Petroselinum crispum* L.) DOYMAZ (2006) empregou três temperaturas de secagem (50, 60 e 70 °C) com velocidade do ar constante (1,1 m s<sup>-1</sup>). Os valores experimentais foram ajustados aos modelos de Lewis, Henderson & Pabis, Page, Midilli & Kucuk. Concluiu que o modelo de Midilli & Kucuk representou satisfatoriamente a cinética de secagem das duas plantas em estudo.

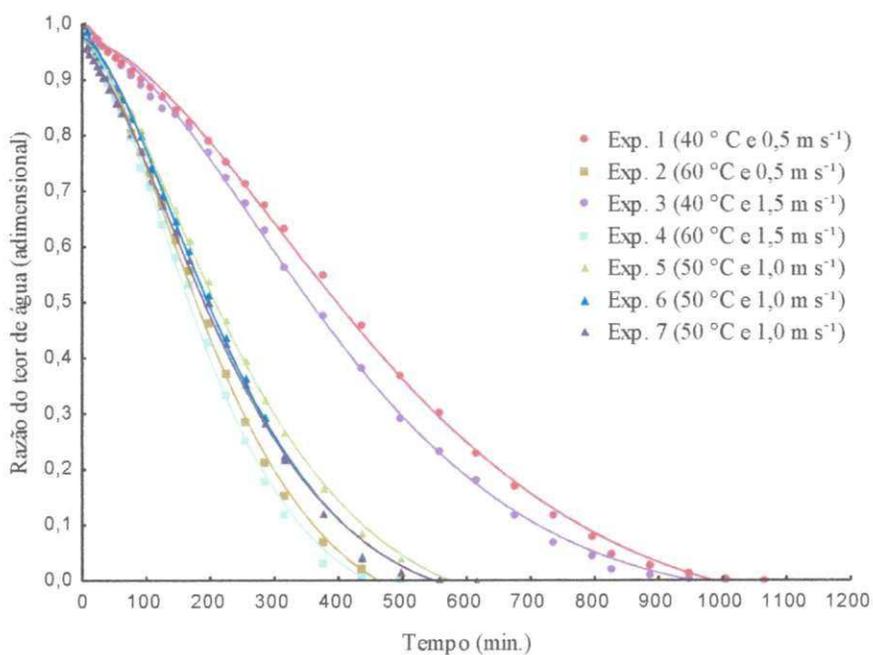
Em relação ao coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>), as equações de CAVALCANTI MATA (2006), MIDILLI et al. (2002), PAGE (1949) e WANG & SING (1978) apresentaram valores elevados para todos os tratamentos, estando acima de 0,99. No ajuste das curvas de secagem o menor valor de R<sup>2</sup> encontrado foi de 0,97 para o modelo de HENDERSON & PABIS (1961), nas temperaturas de 40 °C e velocidade do ar de 0,5 m s<sup>-1</sup> (mororó) e 40 e 50 °C e velocidade do ar de 1,5 e 1,0 m s<sup>-1</sup> (juazeiro). O bom ajuste das equações pode ser observado nas Tabelas 4.4 e 4.5. Comportamento similar foi verificado por BARBOSA et al. (2007) que utilizando um secador de plantas medicinais, com as temperaturas de 40, 50, 60, 70 e 80 °C e velocidade de 0,29 m s<sup>-1</sup> ajustaram os dados experimentais de erva-cidreira-brasileira a várias equações e verificaram coeficientes de determinação variando entre 97 a 99%, com os menores erros médio relativo para a equação de MIDILLI et al. (2002) e PAGE (1949).

Para melhor análise do modelo ajustado aos dados experimentais de secagem das folhas de juazeiro e mororó as Figuras 4.7 e 4.8 foram elaboradas, comparando os valores observados e estimados da razão de teor de água pela equação de MIDILLI et al. (2002) durante a secagem nas temperaturas entre 40 e 60 °C e velocidade do ar de 0,5 a 1,5 m.s<sup>-1</sup>. Os valores experimentais de razão de teor de água em função do tempo estão apresentados no Apêndice C e D. As curvas de secagem estão representadas em função do tempo e umidade de equilíbrio do produto respectivamente para as temperaturas e velocidade do ar de secagem em

estudo. Nestas figuras é possível observar que os dados encontram-se próximos da curva que passa pela origem dos pontos que, teoricamente, representa a igualdade entre os valores observados e estimados.



**Figura 4.7.** Valores observados e estimados, pela equação de Midilli et al. (2002) ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de juazeiro



**Figura 4.8.** Valores observados e estimados, pela equação de Midilli et al. (2002) ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de juazeiro

De acordo com as Figuras 4.7 e 4.8 pode-se verificar o efeito significativo da temperatura sobre as curvas de secagem das folhas de juazeiro e mororó. Como previsto, o tempo de secagem decresce com o aumento da temperatura do ar, fato também observado por diversos pesquisadores para inúmeros produtos agrícolas (SOUSA et al., 2011; RADÜNZ et al., 2010; DOYMAZ, 2007; MARTINAZZO et al., 2007). Quanto maior for a temperatura do ar, maior é a taxa de secagem e a perda do teor de água é mais rápida no início do processo. Esse comportamento ocorre em virtude do aumento de transferência entre o ar e a camada de folhas.

Observa-se que do tempo zero até aproximadamente 100/150 min, as curvas das folhas de juazeiro e mororó encontram-se no período constante onde as mesmas estão praticamente sobrepostas, não sendo possível detectar diferenças entre as variáveis em estudo. A partir desse tempo, a influência da temperatura e velocidade do ar fica evidente, apresentando uma variação de perda de água conforme a temperatura e velocidade utilizada. Nota-se também que a perda de água das folhas apresenta inicialmente uma taxa quase que constante até aproximadamente 120 min para todas as temperaturas e velocidades em estudo, indicando a temperatura de 60 °C e velocidade de 1,5 m s<sup>-1</sup> maior efeito de secagem em relação às demais temperaturas e velocidades.

Verificou-se que os tempos de secagem das folhas de juazeiro, considerando-se a redução do teor de água com média de 58% (b.u) para 5% (b.u) nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C foram de 945, 675 e 555 min respectivamente. Já para as folhas de mororó cujo teor de água inicial foi de 69% (b.u) o tempo médio necessário para completar o processo de secagem foi de 1095, 615 e 495 min para as temperaturas de 40, 50 e 60 °C, respectivamente.

Observa-se que o maior tempo de secagem ocorreu a 40 °C como era de se esperar, tempo esse reduzido na medida em que se aumentou a temperatura e velocidade do ar de secagem. Na secagem de 40 °C o tempo necessário para se atingir o equilíbrio foi superior para as folhas de mororó quando comparado ao juazeiro, isso pode ser explicado pelo teor de água inicial ser mais elevado, porém vale ressaltar que para as demais temperaturas esse tempo diminui consideravelmente devido a espessura das folhas de mororó serem bem mais finas. Comportamento similar foi observado por RADÜNZ et al. (2010) ao avaliar a cinética de secagem de folhas de sálvia encontraram tempos médios de secagem de 780, 495, 255, 190, 80 e 60 min para as temperaturas 40, 50, 60, 70, 80 e 90 °C e MARTINAZZO et al. (2007) com tempos médios de secagem de 4, 7, 20 e 75 h para as temperaturas de 60, 50, 40 e 30 °C avaliando as características da secagem de folhas de capim – limão.

Para a faixa de velocidade do ar de secagem estudada (0,5 a 1,5 m s<sup>-1</sup>) os resultados mostram que esta teve um pequeno efeito significativo sobre o processo. Conforme esperado, o aumento da velocidade do ar de secagem aumentou a taxa de secagem, contribuindo para que a secagem ocorresse de forma mais rápida nesta condição. VILELA & ARTUR (2008) verificaram a influência destes parâmetros durante a secagem do açafraão em diferentes temperaturas, velocidades e cortes geométricos, fato observado também por SOARES et al. (2007) que utilizando um secador de bandeja observaram a influência da temperatura para a faixa de 40 a 70 °C e velocidade do ar (0,9 e 1,9 m s<sup>-1</sup>) durante a secagem de manjeriço (*Ocimum basilicum* L) com relação aos teores de óleos essenciais e de linalol.

Para as curvas referentes ao ponto central (50 °C e 1,0 m s<sup>-1</sup>) da matriz experimental, observa-se uma boa reprodutibilidade dos dados. As curvas de 50 °C e 1 m s<sup>-1</sup> apresentam tendência semelhante, não havendo uma total superposição das mesmas devido ao fato de que as amostras foram secas em dias alternados e que variáveis como umidade relativa do ambiente e teor de água inicial das mesmas são incontroláveis. Observa-se, porém, que para a espécie mororó duas curvas do ponto central aparece quase que sobreposta. Resultados semelhantes foram observados por DIAS et al. (2011) que estudando a secagem em camada delgada e a extração de taninos totais de hortelã observaram o mesmo comportamento para as curvas referentes ao ponto central.

De acordo com o monitoramento das condições climáticas realizado durante o experimento, os valores médios da temperatura e da umidade relativa do ar durante o período de secagem foram de ± 30 °C e 80%. Já a temperatura dentro da estufa manteve constante com a programada com variação de ± 5 °C e a umidade relativa apresentou variação entre 3 e 5% para as três temperaturas analisadas durante a secagem.

Na Tabela 4.6, são apresentados os coeficientes da equação de MIDILLI et al. (2002) aos dados experimentais da cinética de secagem em camada delgada das folhas de juazeiro e mororó para as condições de temperatura (40, 50 e 60 °C) e velocidade do ar (0,5, 1,0 e 1,5 m s<sup>-1</sup>).

**Tabela 4.6.** Parâmetros de ajuste da equação de Midilli et al. (2002) na cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó

Midilli et al. (2002)					
Espécies	Exp.	Parâmetros			
		A	B	K	n
Juazeiro	1	0,97243	-0,00004	0,00024	1,39973
	2	0,96223	-0,00003	0,00051	1,49508
	3	0,96861	-0,00003	0,00022	1,44175
	4	0,97395	-0,00002	0,00051	1,44945
	5	0,97603	-0,00005	0,00026	1,47289
	6	0,96919	-0,00001	0,00046	1,37573
	7	0,96594	-0,00004	0,00041	1,43399
Mororó	1	0,97529	-0,00006	0,00003	1,66076
	2	0,97383	-0,00013	0,00018	1,56962
	3	0,98819	-0,00006	0,00009	1,51847
	4	0,97855	-0,00012	0,00022	1,55774
	5	0,97872	-0,00009	0,00022	1,49149
	6	0,97702	-0,00007	0,00019	1,55632
	7	0,96373	-0,00008	0,00021	1,51697

Constata-se quanto aos parâmetros a e b que não houve comportamento padrão desta equação com o aumento da temperatura. Observa-se também na Tabela 4.6 que a magnitude da constante de secagem (k) na qual representa as condições do efeito da secagem aumentou com a elevação do ar de secagem, porém nos parâmetros estudados do ponto central esta não apresentou comportamento padrão em nenhuma das espécies estudadas, muito embora os valores encontrados para o mororó estejam relativamente próximos.

Segundo MADAMBA et al. (1996) e BABALIS & BELESSIOTIS (2004), a constante de secagem (k) pode ser utilizada como uma aproximação para caracterizar o efeito da temperatura e está relacionada com a difusividade efetiva no processo de secagem para o período decrescente, sendo a difusão líquida que controla o processo. Vale salientar que, no processo de secagem durante qualquer fase de escoamento da água, os fatores externos, como a temperatura, a umidade relativa e a pressão de vapor são os que mais influenciam, uma vez que a saída de água do produto ocorre em função da diferença entre as características do ar de secagem e do produto submetido ao processo.

Com relação ao coeficiente n da equação de MIDILLI et al. (2002) que segundo GONNELLI (2008) reflete a resistência interna do produto a secagem, não se observou uma tendência definida dos seus valores com relação a temperatura e velocidade do ar de secagem. Resultados semelhantes foram encontrados por BARBOSA et al. (2007) para a secagem em camada delgada de folhas de erva-cidreira-brasileira. Segundo RESENDE et al. (2011)

normalmente, com a elevação da temperatura, o valor de  $n$  tende a diminuir, uma vez que há maior diferença entre a pressão de vapor do ar e do produto biológico, promovendo maior remoção de água.

#### 4.4. Caracterização física do pó

Nas Tabelas 4.7 e 4.8, se encontram os valores médios da composição física das folhas de juazeiro e mororó em pó, dos diferentes experimentos do planejamento experimental fatorial.

**Tabela 4.7.** Caracterização física do pó das folhas de juazeiro

Experimentos	Juazeiro		
	Teor de água	Teor de extrativos	Cinzas
1	7,9901 a	20,0626 a	6,1819 b
2	7,1308 a	19,2513 b	7,4626 a
3	7,2861 a	20,0781 a	7,3220 a
4	6,4760 a	19,1803 b	7,4629 a
5	7,0681 a	20,0362 a	7,5094 a
6	7,3188 a	20,1317 a	7,0063 a
7	6,7603 a	20,0799 a	7,1089 a
MG	7,1472	19,8314	7,1506
Dms	1,6204	0,2270	0,7769
CV (%)	8,13	0,41	3,90
Fcal	2,0228 ns	80,6033 **	8,4636 **

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns não significativo pelo teste F. MG - média geral; dms - desvio mínimo significativo; CV - coeficiente de variação; Fcal - F calculado

Verifica-se na Tabela 4.7, que o parâmetro teor de água não foi influenciado significativamente com o aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem. Constata-se também que para o teor de extrativos os experimentos realizados a 40 e 60 °C diferiram estatisticamente a 1% de probabilidade pelo teste de Tukey e os do ponto central não diferiram entre si, demonstrando uma boa reprodutibilidade dos dados. Já para a análises de cinzas apenas o experimento 1 (40 °C e 0,5 m s<sup>-1</sup>) diferiu estatisticamente a 1% pelo teste F.

Nota-se que o teor de água variou entre 6,47 e 7,99% b.u, sendo inferior aos encontrados por YOKOTA et al. (2010) que avaliando a qualidade de produtos contendo espinheira santa encontraram valor de 8,7% de teor de água para a planta pulverizada e por COUTO et al. (2009) que estudando a caracterização físico-química do pó das folhas de

*Eugenia dysenterica* DC., uma espécie endêmica do cerrado brasileiro, obtida por secagem a temperatura ambiente, encontraram valor de 8,154%, sendo superior aos encontrados por GOMES et al. (2008) que ao avaliarem marcas de chás de capim-limão em relação às qualidades microbiológicas e físico-químicas, verificaram valores entre 2 a 3% para as marcas 1 e 2. BARNI et al. (2008) ao analisarem folhas de salsa da praia (*Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br.), obtida por secagem em estufa com circulação de ar a 35 °C, encontraram um teor de água médio de 8,017%.

O controle do teor de água em matérias-primas vegetal está relacionado ao armazenamento e ao controle microbiano ou ação de enzimas, que podem degradar os constituintes químicos. O valor máximo de teor de água estabelecido pela FARMACOPEIA BRASILEIRA (1988) varia de 8 a 14%.

O teor de extrativos indica a presença de compostos hidrossolúveis presentes na droga vegetal. Verifica-se que a média geral do teor de extrativo foi de 19,83% inferior, portanto, ao valor encontrado por BARNI et al. (2009) que ao estudarem a caracterização química e tecnológica das folhas de salsa da praia com o propósito de avaliar a planta como matéria-prima farmacêutica, verificaram valor de 44,51%. PROVASI et al. (2001) também encontraram valores superiores de teor extrativo para folhas de carambola (*Averrhoa carambola* L.) utilizadas na preparação de fitoterápicos, obtiveram 31,57%.

Com relação à determinação de cinzas, observa-se que o valor médio encontrado foi 7,15%. Esses resultados corroboram com os encontrados por LUCCA et al. (2010) que ao realizarem a avaliação farmacognóstica e microbiológica de quinze amostras de chá de camomila encontraram valores entre 6,2 a 9,18% de cinzas totais. COSTA et al. (2009) estudando a caracterização física, química e físico-química do extrato seco de alcachofra (*Cynara scolymus* L.) obtida por processo de spray dry, obteve valor de cinzas de 2,02%. Estes resultados são inferiores aos encontrados neste estudo. A determinação de cinzas constitui em avaliar a matéria inorgânica não volátil que pode estar contaminando o material vegetal. O valor encontrado está dentro dos limites aceitáveis pela FARMACOPEIA BRASILEIRA (1988) que estabelece um valor máximo de 14%.

De acordo com os resultados da Tabela 4.8, é possível observar que os experimentos 1 e 2 diferiram estatisticamente a nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, não diferindo dos demais.

**Tabela 4.8.** Caracterização física do pó das folhas de mororó

Experimentos	Mororó		
	Teor de água	Teor de extrativos	Cinzas
1	7,2101 a	25,5626 b	8,7573 a
2	5,5744 b	23,6633 c	8,2970 bc
3	7,4089 a	26,6069 a	8,8345 a
4	6,8787 ab	25,0370 b	8,7016 a
5	6,1534 ab	25,1525 b	8,7209 a
6	6,6802 ab	25,4477 b	8,1279 c
7	6,0880 ab	25,5730 b	8,5683 ab
MG	6,7134	25,2919	8,5725
Dms	1,4444	0,8758	0,3652
CV (%)	7,72	1,24	1,53
Fcal	4,9219 **	23,5314 **	12,1000 **

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns não significativo pelo teste F. MG - média geral; dms - desvio mínimo significativo; CV - coeficiente de variação; Fcal - F calculado

Verifica-se que a média geral foi de 6,71%. Esses resultados são semelhantes aos encontrados por MARQUES et al. (2012) que ao estudarem físico-quimicamente folhas de *Bauhinia forficata* Link, submetidas a secagem em estufa a uma temperatura de 45 °C, encontraram valores variando entre 6,53 a 7,94%, e inferiores aos encontrados por AMARANTE et al. (2011) que ao realizarem um estudo farmacognóstico, fitoquímico e citotóxico do extrato etanólico em pó obtidos do caule de *Montrichardia linifera* (Arruda) encontraram valor de 13,22% de teor de água.

É importante analisar a droga vegetal quanto ao teor de água, uma vez que esta pode oferecer informações importantes relacionadas ao tempo de armazenamento seguro. De acordo com HUBINGER et al. (2009) a água residual encontrada na droga vegetal seca está diretamente relacionada com o seu correto armazenamento, que pode acarretar na perda do material por contaminação microbiana ou degradação dos constituintes químicos.

Observando-se os valores encontrados para o teor de extrativo, verifica-se que as amostras estudadas apresentaram diferença significativa a nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. O valor médio do teor de extrativo encontra-se dentro da faixa determinada por SOUZA (2003) para *Bauhinia forficata*, que foi entre 26,7 a 27,1%, e inferior aos valores determinados por COUTO et al. (2009) para folhas de *Eugenia dysenterica* DC. (34,975%).

A determinação de cinzas é um importante indicador de qualidade, visto que há uma correlação com a presença de impurezas inorgânicas não voláteis, que podem contaminar o material vegetal. Observa-se, em relação a cinzas que as amostras diferiram estatisticamente

entre si ao nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey. Os valores encontrados para esta análise estão na faixa de 8,13 a 8,83%, portanto dentro dos parâmetros preconizados pela FARMACOPÉIA BRASILEIRA (2000) que determina 14%. Estes resultados são similares aos encontrados nos estudos de MARQUES et al. (2012) que realizando um estudo comparativo desta espécie em regiões distintas relataram valores variando entre 8,40 a 8,60% sendo estes inferiores aos relatados por BRAGA et al. (2007) que encontraram 17,99% de cinzas totais em folhas de insulina vegetal (*Cissus verticillata* (L.) Nicolson & C. E. Jarvis subsp. *verticillata* (Vitaceae)) secas em estufa com ventilação de ar forçada à 45 °C e superiores aos estudos realizados por ALVES et al. (2010) que ao estudarem farmacologicamente a espécie *Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl.) B. Verlt. encontraram valor de 6,07%.

#### 4.5. Caracterização física da solução extrativa e do extrato concentrado

Nas Tabelas 4.9 e 4.10, estão apresentados os valores da caracterização física da solução extrativa e do extrato concentrado das folhas de juazeiro e mororó.

**Tabela 4.9.** Caracterização física da solução extrativa e do extrato concentrado das folhas de juazeiro

Experimentos	Juazeiro			
	Solução Extrativa		Extrato Concentrado	
	Densidade (g/mL)	Teor de sólidos (%)	Densidade (g/mL)	Teor de Sólidos (%)
1	0,9020bc	2,4215 <sup>a</sup>	1,0076c	6,9985b
2	0,9063a	2,5505 <sup>a</sup>	1,0102ab	7,3541a
3	0,9027b	2,4534 <sup>a</sup>	1,0022d	7,1155ab
4	0,9023b	2,3262 <sup>a</sup>	1,0087bc	6,9036bc
5	0,9010d	2,1704 <sup>a</sup>	1,0017d	6,4205d
6	0,9017cd	2,3633 <sup>a</sup>	1,001d	6,6715cd
7	0,9010d	2,4172 <sup>a</sup>	1,0016d	6,5658d
MG	0,9025	2,3861	1,0061	6,8637
Dms	0,0012	0,4867	0,0015	0,2513
CV (%)	0,05	7,31	0,06	1,31
Fcal	54,6667 **	1,3853 ns	163,9411 **	39,1648 **

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estaticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns não significativo pelo teste F. MG - média geral; dms - desvio mínimo significativo; CV - coeficiente de variação; Fcal - F calculado

Observa-se que os coeficientes de variação encontram-se abaixo de 10%, indicando que as análises realizadas apresentaram uma boa precisão experimental. Nota-se que os valores experimentais encontrados na caracterização física dos extratos concentrados, aumentaram significativamente, uma vez que na medida em que a solução é concentrada, concentram-se seus constituintes.

Observa-se na Tabela 4.9 que para as análises estudadas não houve um comportamento padrão entre os diferentes experimentos, utilizando a mesma temperatura, isso pode ser explicado devido ao fato de ter sido utilizadas velocidades do ar de secagem diferente entre os experimentos em estudo. Os valores encontrados para todas as análises estão próximos entre os experimentos estudados, embora a diferença entre os resultados tenha sido estatisticamente significativa a 1% de probabilidade.

Observa-se que os valores médios de densidade da solução extrativa das folhas de juazeiro são estatisticamente diferentes, porém com valores aproximados, sendo o maior valor correspondente ao experimento 2 (60 °C e 0,5 m s<sup>-1</sup>). Os valores de densidade da solução extrativa são semelhantes aos determinados por ALVARENGA et al. (2009) que avaliando a qualidade de amostras comerciais de folhas e tinturas de guaco encontraram valores que variaram de 0,895 a 0,965 g mL<sup>-1</sup> e por BRUSCHI et al. (2002) para extrato de *Passiflora edulis* variedade flavicarpa, que foi de 0,94 g/mL.

Com relação à densidade dos extratos concentrados em rotaevaporador os resultados revelaram que os mesmos diferiram estatisticamente entre si, variando de 1,0015 a 1,0109 g L<sup>-1</sup>. Esses valores são superiores aos encontrados por BORELLA et al. (2012) que comparando a influência no processo de obtenção de extratos hidroalcolico e hidroglicolico de inflorescências de *Calendula officinalis* avaliaram as propriedades fisico-químicas do extrato hidroalcolico de *Calendula officinalis* L. e encontraram resultados de 0,9299 g mL<sup>-1</sup>. Os mesmos autores ao estudarem o extrato hidroglicolico da *Calendula officinalis* L. verificaram valores de densidade relativa de 1,0948 g/mL, portanto superiores aos encontrados neste estudo. Com a finalidade de comprovar a falta de padronização na produção de tintura de barbatimão, FONSECA & LIBRANDI (2008) realizaram um estudo comparativo das características fisico-químicas e fitoquímicas de amostras proveniente de quatro fabricantes e encontraram valores de densidade de 0,93 g mL<sup>-1</sup>.

Verifica-se, portanto que ao fazer o processo de concentração, os extratos adquiriram maior densidade e maior teor de sólidos como era de ser esperado, devido à evaporação do solvente existente e a concentração dos constituintes químicos.

Analisando a Tabela 4.10, correspondente a espécie mororó, constata-se que o parâmetro sólidos totais da solução extrativa indica que houve diferença significativa entre os valores dos diferentes experimentos. Verifica-se que o maior valor encontrado para este parâmetro encontra-se na temperatura de 40 °C e velocidade de 0,5 m s<sup>-1</sup>. A média geral dos sólidos totais resultou em aproximadamente 2,41%; esses valores são próximos aos determinados por SOUZA (2003) que foi em torno de 2,66 g g<sup>-1</sup>. Os resultados aqui apresentados também corroboram com os encontrados por BORELLA et al. (2012) que encontraram valores de 2,4% para o extrato hidroglicólico de inflorescências de *Calendula officinalis*, sendo inferior aos valores obtidos para o extrato hidroalcoólico da mesma espécie, que resultou em 3,3% de sólidos totais.

Observa-se que para a solução extrativa houve uma tendência de diminuição dos constituintes com o aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem, esse fato pode ter ocorrido devido o aumento da temperatura degradar as macromoléculas orgânicas.

Dos valores de sólidos totais para o extrato concentrado (Tabela 4.10) observou-se que houve diferença estatística entre os experimentos realizados pelo teste de Tukey em nível de 1% de probabilidade.

**Tabela 4.10.** Caracterização física da solução extrativa e do extrato concentrado das folhas de mororó

Experimentos	Mororó			
	Solução Extrativa		Extrato Concentrado	
	Densidade (g/mL)	Teor de sólidos (%)	Densidade (g/mL)	Teor de Sólidos (%)
1	0,9599a	2,3543ab	1,0132bc	7,4533 b
2	0,9101d	1,9894ab	1,0142b	7,0986 ab
3	0,9495b	2,0582 a	1,0213a	7,6454 ab
4	0,9089d	1,5097ab	1,0084d	7,4276 b
5	0,9359c	2,0046ab	1,0138bc	7,4276 b
6	0,9345c	2,0018ab	1,0109cd	7,6741 ab
7	0,9360c	2,0039 b	1,0116bc	7,6741 ab
MG	0,9066	2,4099	1,0133	7,7735
dms	0,0022	0,5857	0,0031	0,7538
CV (%)	0,09	8,72	0,11	3,48
Fcal	27,0513 **	2,8584 *	40,0121 **	4,8442 **

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, não diferem estaticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey; \*significativo ao nível de 5% de probabilidade, \*\*significativo a 1% de probabilidade, ns não significativo pelo teste F. MG - média geral; dms - desvio mínimo significativo; CV - coeficiente de variação; Fcal - F calculado

O valor médio encontrado para os extratos concentrados foi de 7,78%, sendo inferior ao teor de sólido de guaco determinado por SANTOS (2005) que verificou valores de 9,97 a 12,82% para o extrato fluído e por NUNES (2008) ao pesquisar e caracterizar físico-quimicamente formulação fitoterápica semisólida contendo *Calendula officinalis* L. encontrou valores de 9,6%. Os valores para este parâmetro indicam a quantidade de sólidos extraídos e quanto concentrado está o extrato.

Observa-se na Tabela 4.10 que para a densidade da solução extrativa o experimento 3 (40 °C e 1,5 m s<sup>-1</sup>) diferiu estatisticamente a nível de 1% de probabilidade pelo teste de Tukey, dos demais experimentos apresentando maior média (0,9495 g mL<sup>-1</sup>). Os demais experimentos apresentaram valores estatisticamente iguais. Este resultado pode ter sido influenciado pela velocidade e pelo tempo de exposição em que o material permaneceu no secador.

BORELLA & CARVALHO (2011) fazendo uma avaliação comparativa da qualidade de tinturas e extratos de *Calendula officinalis* L. comercializadas em farmácias de manipulação em Ribeirão Preto obtiveram densidade variando de 0,935 a 0,978 g L<sup>-1</sup>, para tinturas desta espécie, sendo, portanto superiores aos encontrado no estudo. No entanto os mesmo autores estudando o extrato glicólico da *Calendula officinalis* L. encontraram valores de densidade superiores aos extratos concentrados variando 0,944 a 1,090 g L<sup>-1</sup>. Neste caso este resultado pode ser explicado devido o tipo de líquido extrator utilizado.

Pode-se observar que para o teor de sólidos totais da solução extrativa, apenas os experimentos 3 e 7 diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% de probabilidade. Isso reforça a ideia de que a velocidade do ar teve pouca influência nos resultados físico-químicos. Comparando os resultados deste estudo com os de SANTOS (2007) que obteve rendimento de 2,7% do extrato hidroalcolico de *Schinus terebinthifolius* observa-se similaridade entre os valores.

A quantidade de sólidos em uma amostra vegetal avalia a quantidade de droga vegetal presente, esta é utilizada também como indicador de qualidade da matéria prima vegetal. De acordo com BORELLA & CARVALHO (2011) o teste de resíduo seco permite visualizar o potencial de extração do líquido extrator, pois o que se determina na análise é a quantidade de substâncias tornadas solúveis pelo líquido extrator utilizado.

#### 4.6. Análise dos ensaios de secagem através do planejamento experimental

A análise dos resultados obtidos para temperatura e velocidade do ar de secagem, tendo como resposta os alcaloides (Tabela 4.11) e os taninos (Tabela 4.12) foi realizada através dos métodos estatísticos, utilizando o programa Statistica versão 5.0 de acordo com o planejamento fatorial  $2^2$  com 3 no ponto central, cuja a matriz do planejamento é apresentada para as espécies juazeiro e mororó. A partir dos dados obtidos, foram construídos gráficos de superfícies de resposta para encontrar o melhor ponto de preservação dos compostos químicos.

**Tabela 4.11.** Matriz de planejamento fatorial  $2^2$  com três experimentos no ponto central e os resultados para os ensaios de alcaloides dos extratos concentrados de juazeiro e mororó.

Ensaio	Alcaloides (mg/g)		Juazeiro	Mororó
	Temperatura (°C)	Vel. do ar (m.s <sup>-1</sup> )		
1	(-1)40	(-1)0,5	2,5410	2,2655
2	(+1)60	(+1)0,5	2,3241	2,2350
3	(-1)40	(-1)1,5	2,5261	2,2478
4	(+1)60	(+1)1,5	2,3095	2,2190
5	(0)50	(0)1,0	2,3627	2,1598
6	(0)50	(0)1,0	2,3526	2,1747
7	(0)50	(0)1,0	2,3854	2,1858
<i>In natura</i>			2,1725	2,1587

Os efeitos das variáveis independentes (temperatura e velocidade do ar de secagem) sobre as variáveis dependentes (alcaloides e taninos) foram avaliados mediante análise Estatística, com nível de 95% de confiança. Os dados foram obtidos considerando o erro puro.

Os resultados obtidos com o planejamento experimental para a variável resposta alcaloides nas amostras de extratos concentrados das folhas de juazeiro e mororó em cada combinação de níveis para as variáveis de entrada temperatura e velocidade do ar de secagem e, também, do extrato hidroalcoólico das folhas *in natura*, estão apresentados na Tabela 4.11. Não foram localizados durante a revisão bibliográfica, estudos que retratem a quantificação dos compostos químicos presentes em extratos hidroalcoólicos de folhas de juazeiro. Existem alguns trabalhos que retratam sua atividade alelopática, radioprotetor, antioxidante e antimicrobiana (OLIVEIRA et al., 2012; COELHO et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2009). MELO et al. (2012) estudando a atividade antimicrobiana nos extratos hidroetanólicos do fruto, folha e casca de caule do juazeiro, detectaram a presença de alcaloides nas folhas e fruto maduro.

Para o mororó (*Bauhinia cheilantha*), bastante encontrado no bioma caatinga, existem estudos relacionados a seu uso na alimentação animal, principalmente para a produção de feno e, semelhante ao juazeiro, não foi encontrado estudos químicos relacionados aos compostos bioativos presentes. Muitos componentes têm sido isolados a partir deste gênero, porém por possuir atividade hipoglicêmica, inúmeros autores têm voltado mais a atenção para estudos que comprovem a existência de flavonoides, utilizando métodos diferenciados de determinação de sua comprovada ação hipoglicêmica, através de teste "in vivo" e "in vitro" (FERRERES et al., 2012; CUNHA et al., 2010; VOLPATO et al., 2008; THIÁTIRA et al. 2006).

Analisando os resultados apresentados na Tabela 4.11, verifica-se que o composto químico alcaloides, tanto para o juazeiro quanto para o mororó, obteve maior valor, após o processo de secagem, na temperatura de 40 °C e velocidade de 0,5 m s<sup>-1</sup>, sendo que os resultados encontrados para o mororó são sensivelmente menores que os do juazeiro.

As folhas frescas foram submetidas ao processo de extração sem ter sido submetida a nenhum ensaio de secagem, desta forma analisando os resultados referentes às folhas *in natura* e correlacionando com os demais experimentos, estes apresentaram teores de alcaloides e taninos inferiores, provavelmente devido ao teor de água presente. À medida que aumenta a temperatura, diminui a quantidade de água presente nos tecidos vegetais e conseqüentemente concentra os constituintes químicos das plantas. Estes resultados encontra-se de acordo com os obtidos por OLIVEIRA et al. (2009) que ao estudarem os constituintes químicos voláteis de *Pimenta dioica* (folhas e frutos) e *Syzygium aromaticum* (botões florais, talos e folhas), puderam observar uma diferença significativa quanto ao teor de óleo essencial nas folhas frescas com relação as folhas secas em estufa.

Na Tabela 4.12, encontra-se descritos os resultados obtidos com o planejamento experimental para a variável resposta taninos condensados das amostras de extratos concentrados das folhas de juazeiro e mororó em cada combinação de níveis para as variáveis de entrada temperatura e velocidade do ar de secagem e também do extrato hidroalcoólico das folhas *in natura*.

Verificam-se na tabela que os percentuais de taninos encontrados para o extrato hidroalcoólico do juazeiro são superiores aos do mororó. Os resultados obtidos para taninos condensados variaram de 0,151 a 0,187 para o extrato de juazeiro e de 0,142 a 0,149 para o mororó. Em estudos realizados por RÊGO JÚNIOR et al. (2011) utilizando sementes de espécies vegetais nativas da caatinga, e a metodologia da vanilina, obtiveram teores de taninos condensados de 0,147 a 0,190, portanto semelhantes aos resultados obtidos neste estudo.

BEELEN et al. (2003) ao caracterizar os taninos condensados das espécies Jurema Preta (*Mimosa hostilis*), Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e Mororó (*Bauhinia cheilantha*) nas fases de vegetação plena, floração plena e frutificação, encontraram teores de taninos condensados para o mororó na faixa de 10%.

SOARES et al. (2005) encontraram para folhas de *Davilla elliptica* St.-Hil. uma planta com potencial cicatrizante, teores de tanino variando de 9,89 a 13,96%, sendo portanto superior as amostras avaliadas no presente estudo que oscilaram entre 0,1420 e 0,187%; já MONTEIRO et al. (2005) estudando o teor de tanino em extratos metanólicos de espécies medicinais arbóreas da caatinga encontraram, para as folhas de *A. colubrina* (Vell.) Brenan (3,59 a 8,29%) e as de *M. urundeuva* (Engl.) Fr. All (2,18 a 9,56%), sendo também superior ao presente estudo. O teor de tanino pode variar nas plantas de acordo com as condições climáticas de cada região, da espécie em estudo, cultivar, estágio de desenvolvimento e de qual parte da planta será utilizado.

**Tabela 4.12** – Matriz de planejamento fatorial  $2^2 +$  três experimentos no ponto central e os resultados para os ensaios de condensados dos extratos concentrados de juazeiro e mororó.

Ensaio	Taninos condensados (mg/g)			
	Temperatura (°C)	Vel. do ar (m.s <sup>-1</sup> )	Juazeiro	Mororó
1	(-1) 40	(-1) 0,5	0,187	0,149
2	(+1) 60	(+1) 0,5	0,145	0,142
3	(-1) 40	(-1) 1,5	0,173	0,146
4	(+1) 60	(+1) 1,5	0,142	0,143
5	(0) 50	(0) 1,0	0,147	0,144
6	(0) 50	(0) 1,0	0,149	0,145
7	(0) 50	(0) 1,0	0,151	0,144
<i>In natura</i>			0,130	0,124

Observa-se na Tabela 4.12 que com o aumento da temperatura de 40 para 60 °C houve uma redução nos teores de taninos tanto para o juazeiro quanto para o mororó, e que a velocidade do ar de secagem não teve influência no processo.

A avaliação dos extratos líquidos frente aos teores de alcaloides e taninos mostrou que com o aumento da temperatura ocasionou uma redução significativa nos princípios ativos e, portanto degradação destes compostos. Provavelmente este comportamento esteja relacionado com a temperatura de volatilização dos componentes das amostras de menor massa molar. As mudanças nas concentrações dos constituintes voláteis dependem de vários fatores tais como método de secagem e espécie de planta (ROSADO et al., 2011).

Com relação à espécie *in natura*, esta se apresentou inferior aos demais tratamentos, este resultado encontra-se de acordo com ROSADO et al. (2011) que ao estudarem a influência do processamento da folha (inteira e pulverizada) submetida a dois tipos secagem (estufa de ventilação forçada a 38° C e sala com desumidificador), sobre o teor e composição química do óleo essencial, verificaram que as maiores quantidades de linalol foram obtidas nas folhas submetidas ao processo de secagem.

A temperatura de 40 °C obteve melhores resultados para todos os compostos químicos em estudo. Alguns estudos sobre secagem de plantas medicinais e aromáticas, citados na literatura, recomendam temperaturas do ar de secagem de 40 a 60 °C para as folhas de vegetais, sem causar alterações significativas na quantidade e qualidade dos constituintes químicos. Segundo MARTINAZZO et al. (2010) a melhor temperatura de secagem para se obter o maior teor de óleo essencial e maior preservação da cor verde de capim-limão é 50 °C, dentro da faixa de temperatura de 30 a 60 °C.

RADÜNZ et al. (2010) utilizaram seis tratamentos de secagem para as folhas de guaco em ar ambiente e ar aquecido a 40, 50, 60, 70 e 80 °C e concluíram que o maior teor de óleo essencial foi obtido para a temperatura do ar de secagem de 50 °C.

#### **4.6.1. Análises estatísticas**

O efeito das variáveis independentes, temperatura e velocidade do ar de secagem, sobre as variáveis dependentes, teor de alcaloides e de taninos condensados, foram avaliados mediante análise por planejamento fatorial, com um nível de confiança de 95%, utilizando o programa Statistica. Os dados foram obtidos considerando o erro puro.

##### **4.6.1.1. Alcaloides**

###### **4.6.1.1.1. Juazeiro**

Na Tabela 4.13 estão apresentados os coeficientes de regressão para as variáveis que foram obtidas a partir dos resultados experimentais, em função da temperatura (°C), da velocidade do ar de secagem ( $m\ s^{-1}$ ) e da interação entre esses dois parâmetros.

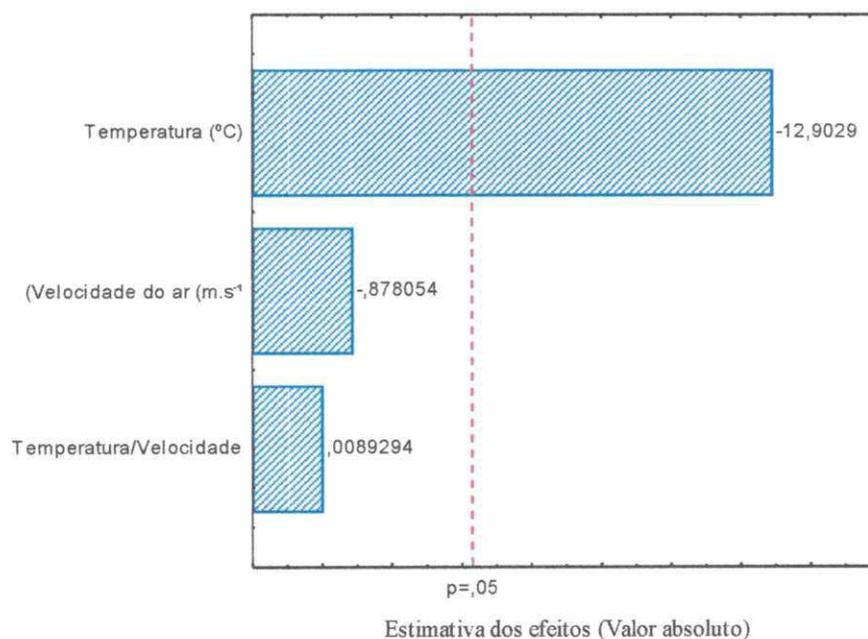
**Tabela 4.13.** Coeficientes de regressão para alcaloides. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem.

	Juazeiro			
	Média/Int.	Temp. (°C)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Temp./Vel.
<b>Coef. de regressão</b>	2,4002	-0,2168	-0,0148	0,00015
<b>Erro padrão</b>	0,0174	0,0461	0,0461	0,00015
<b>t(2)</b>	137,6388	-4,6979	-0,3197	0,0033
<b>p</b>	0,000001	0,0182	0,7702	0,9976
<b>Lim. Conf. -95%</b>	2,344703	-0,3636	-0,1616	-0,1467
<b>Lim. Conf. +95%</b>	2,455697	-0,0699	0,1321	0,1470

A Equação 4.1 corresponde ao modelo obtido, onde os termos em negrito representam as variáveis que foram significativas.

$$TA = \mathbf{2,4} - \mathbf{0,2168} \cdot T - 0,0148V + 0,00015 \cdot T V \quad (4.1)$$

A estimativa dos efeitos para o teor de alcaloides apresentou um efeito negativo para a temperatura e para a velocidade do ar, porém para a interação entre as duas variáveis T e V o efeito foi positivo. Esses efeitos podem ser confirmados através do gráfico de Pareto (Figura 4.9) onde se pode visualizar a maior influência da variável temperatura sobre o teor de alcaloide na faixa estudada.



**Figura 4.9** - Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de alcaloides totais extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de juazeiro para um nível de confiança de 95%.

A Tabela 4.14 tem-se a análise de variância do teor de alcaloides das amostras de extratos hidroalcoólicos de juazeiro que determina a significância estatística do modelo.

**Tabela 4.14.** Resultado da ANOVA para alcaloides. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>cal</sub>
Regressão	0,0472	3	0,0157	7,39
Resíduos	0,0064	3	0,0021	
Total	0,0553	6		

% variação explicada ( $R^2$ ) = 88,08;  $F_{(3,3)} = 9,28$

De acordo com os dados da Tabela 4.14 o coeficiente de correlação entre as respostas observadas e os valores preditos pelo modelo estatístico ajustado aos dados de teor de alcaloides é de 88,08%. Com relação ao teste F, no qual verifica se o modelo explica uma quantidade significativa da variação dos dados obtidos, observa-se que o valor de  $F_{\text{calculado}}$  para o nível de 95% de confiança é 0,79 vezes menor que o  $F_{\text{tabelado}}$  demonstrando que o modelo não é preditivo nem estatisticamente significativo.

#### 4.6.1.1.2. Mororó

Na Tabela 4.15 estão apresentados os coeficientes de regressão que foram obtidos a partir dos resultados. Apenas a média entre os fatores apresentou efeito significância estatística. Os parâmetros temperatura e velocidade não foram significativos.

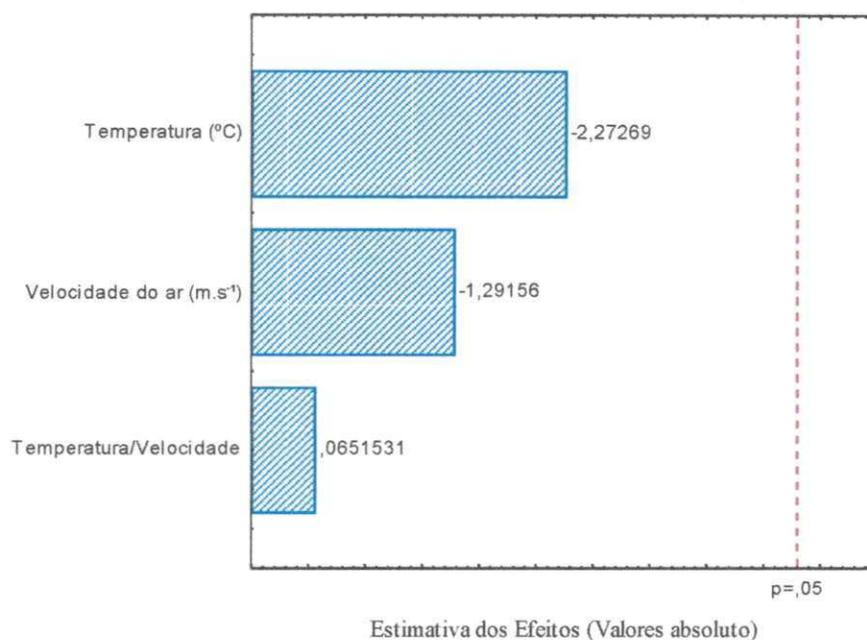
**Tabela 4.15.** Coeficientes de regressão para alcaloides. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem.

	Mororó			
	Média/Int.	Temp. (°C)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Temp./Vel.
Coef. de regressão	2,3077	-0,0016	-0,0211	0,000085
Erro padrão	0,0743	0,0015	0,0665	0,001305
t(2)	31,0798	-1,0746	-0,3172	0,065215
p	0,001034	0,3949	0,7812	0,953979
Lim. Conf. -95%	1,9883	-0,0078	-0,3073	-0,005528
Lim. Conf. +95%	2,6272	0,0047	0,2651	0,005698

A Equação 4.2 corresponde ao modelo obtido, que não obteve nenhuma variável significativa no processo.

$$TA = 2,3 - 0,0016 \cdot T - (-0,0211V) + 0,000085 \cdot T V \quad (4.2)$$

Através do gráfico de Pareto, mostrado na Figura 4.10, confirma-se que com o aumento de temperatura na faixa estudada não houve uma degradação significativa sobre o teor dos alcaloides.



**Figura 4.10.** Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de alcaloides totais extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de mororó para um nível de confiança de 95%.

A Tabela 4.16 apresenta a análise de variância para o teor de alcaloides. O resultado do coeficiente de correlação entre as respostas observadas e os valores preditos pelo modelo estatístico ajustado aos dados é de 12,21%. Com relação ao teste F, observa-se que o valor de  $F_{\text{calculado}}$  é 0,015 vezes menor que o  $F_{\text{tabelado}}$  mostrando que o modelo ajustado não é preditivo, nem estatisticamente significativo.

**Tabela 4.16.** Resultado da ANOVA para alcaloides. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>cal</sub>
Regressão	0,00116	3	0,00039	0,14
Resíduos	0,0084	3	0,0028	
Total	0,0095	6		

% variação explicada ( $R^2$ ) = 12,21;  $F_{(3,3)} = 9,28$

#### 4.6.1.2. Taninos condensados

##### 4.6.1.2.1. Juazeiro

Na Tabela 4.17 são apresentados os resultados obtidos com o planejamento fatorial para a resposta taninos condensados das amostras de extratos hidroalcoólicos do juazeiro em cada combinação de níveis para as variáveis temperatura e velocidade do ar de secagem ao nível de 95% de confiança.

**Tabela 4.17.** Coeficientes de regressão para taninos condensados. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem

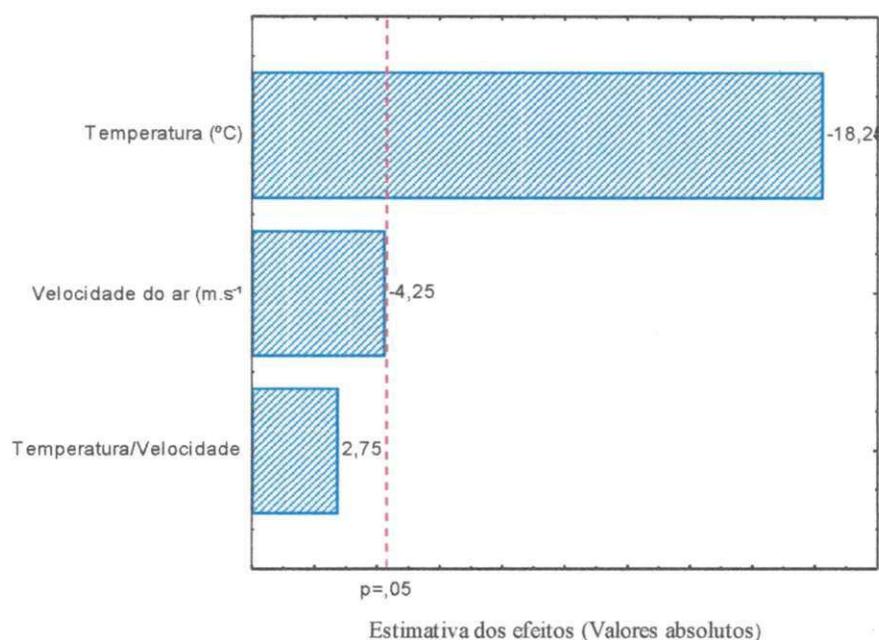
	Juazeiro			
	Média/Int.	Temp. (°C)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Temp./Vel.
Coef. de regressão	0,2835	-0,0024	-0,0360	0,0006
Erro padrão	0,0110	0,0002	0,0102	0,0002
t(2)	24,9088	-10,6213	-35301	2,7500
p	0,0016	0,00874	0,0717	0,1107
Lim. Conf. -95%	0,2346	-0,0033	-0,0799	-0,0003
Lim. Conf. +95%	0,3325	-0,0014	-0,0079	0,0014

Na Tabela 4.17 e Figura 4.11 verifica-se que apenas a temperatura apresentou efeito significativo sobre a determinação do teor de taninos condensados. A temperatura e a velocidade do ar de secagem apresentaram tendências negativas. A tendência do efeito combinado foi maior em relação aos efeitos da temperatura e da velocidade do ar, apesar de não terem sido significativas.

A Equação 4.2 corresponde ao modelo obtido, onde os termos em negrito representam as variáveis que foram significativas.

$$TA = \mathbf{2,8} - \mathbf{0,0024} \cdot \mathbf{T} - 0,0360 + 0,0006 \cdot T V \quad (4.3)$$

Conforme mostra o gráfico de Pareto (Figura 4.11) que envolve a variável temperatura, velocidade do ar e a interação entre elas, apenas os efeitos da temperatura foram estatisticamente significativos sobre a variável resposta taninos condensados. O aumento da temperatura contribuiu negativamente para esta variável. A velocidade do ar de secagem não teve nenhuma influencia sobre o processo.



**Figura 4.11.** Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de taninos condensados extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de juazeiro para um nível de confiança de 95%.

A análise de variância para o teor de taninos condensados é mostrada na Tabela 4.18. Observa-se que, o  $F_{\text{calculado}}$  foi menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ , significando que o modelo não é estatisticamente significativo em nível de 95% de confiança, confirmando que o modelo ajustado não é estatisticamente significativo nem preditivo.

**Tabela 4.18.** Resultado da ANOVA para taninos condensados. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	F <sub>cal</sub>
<b>Regressão</b>	0,0014	3	0,0005	5,001
<b>Resíduos</b>	0,000287	3	0,0001	
<b>Total</b>	0,0017	6		

% variação explicada ( $R^2$ ) = 83,34;  $F_{(3;3)} = 9,28$

#### 4.6.1.2.2. Mororó

Na Tabela 4.19 observa-se o efeito das variáveis sobre o teor de taninos presente nas amostras de extratos hidroalcoólicos do mororó. A significância dos efeitos em nível de 95% ( $p < 0,05$ ) de confiança, pode ser melhor visualizada através do gráfico de Pareto (Figura 4.12). Confirma-se que apenas a temperatura apresentou efeito significativo sobre o teor de tanino.

**Tabela 4.19.** Coeficientes de regressão para taninos condensados. Efeito da temperatura e velocidade do ar de secagem

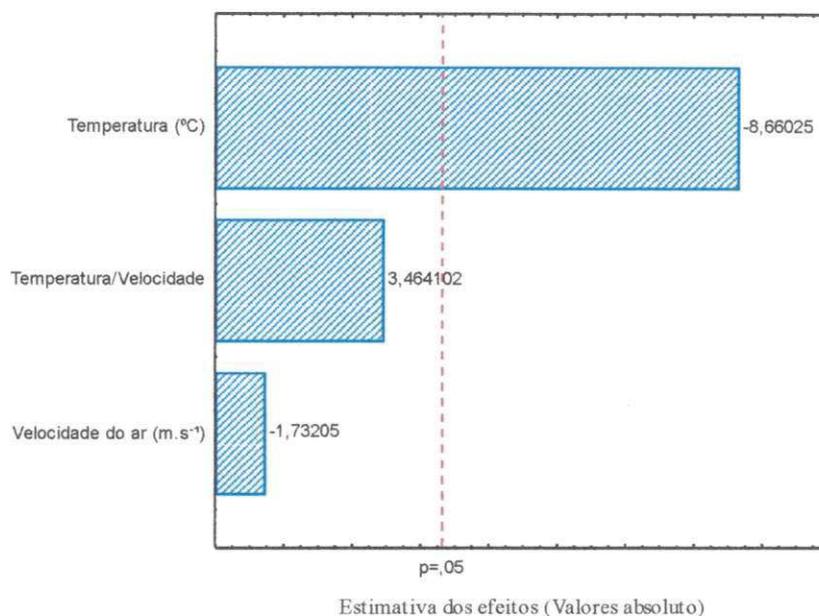
	Mororó			
	Média/Int.	Temp. (°C)	Vel. (m.s <sup>-1</sup> )	Temp./Vel.
<b>Coef. de regressão</b>	0,1682	-0,0045	-0,0011	0,0002
<b>Erro padrão</b>	0,0033	0,00006	0,0029	0,00006
<b>t(2)</b>	51,1916	-6,9714	-3,7365	3,4641
<b>p</b>	0,0004	0,0199	0,0647	0,0741
<b>Lim. Conf. -95%</b>	0,1541	-0,00073	-0,0237	-0,00005
<b>Lim. Conf. +95%</b>	0,1824	-0,00017	-0,0017	0,00045

A Equação 4.4 corresponde ao modelo obtido, onde os termos em negrito representam as variáveis que foram significativas.

$$TT = \mathbf{1,6} - \mathbf{0,0045} \cdot T - 0,0011 + 0,0002 \cdot TV \quad (4.4)$$

Analisando a Figura 4.12, observa-se que apenas o fator temperatura influenciou de forma significativa atingindo um efeito estimado de -8,66. Uma possível explicação para que a variável temperatura tenha sido a variável de maior influência, deve-se ao fato da

volatilização dos compostos químicos em temperaturas mais elevadas. O sinal negativo indica que com o aumento da temperatura ocorre a degradação deste composto.



**Figura 4.12.** Diagrama de Pareto para o efeito da velocidade e temperatura de secagem sobre o rendimento de taninos condensados extraídos dos extratos hidroalcoólicos de folhas de mororó para um nível de confiança de 95%.

Observa-se na Tabela 4.20 que o valor do coeficiente de determinação foi de aproximadamente 95%, indicando que o modelo representa bem a relação entre os efeitos e a resposta. A tabela da ANOVA mostra que o modelo proposto não é preditivo e também não possui significância estatística, ao nível de 95% de confiança uma vez que o  $F_{\text{calculado}}$  é 0,16 vezes menor que o  $F_{\text{tabelado}}$ .

**Tabela 4.20.** Resultado da ANOVA para tanino. Efeito da temperatura, velocidade do ar de secagem.

Fonte de Variação	Soma de Quadrados	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	$F_{\text{cal}}$
Regressão	0,00003	3	0,000001	1,5
Resíduos	0,00002	3	0,000066667	
Total	0,00005	6		

% variação explicada ( $R^2$ ) = 95,45;  $F_{(3;3)} = 9,28$

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados e discutido anteriormente conclui-se que:

- Os sólidos totais do experimento 2 de ambas as espécies apresentaram-se superior aos demais.
- O modelo de Peleg proporcionou os melhores ajustes aos dados experimentais das isotermas de dessorção de umidade de juazeiro e mororó.
- As isotermas de sorção a 20, 30 e 40 °C comportaram-se como sendo do tipo III, conforme a teoria BET;
- O modelo matemático de Midilli et al (2002), foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais para descrever a cinética de secagem das folhas de juazeiro e mororó.
- Para as amostras em pó das folhas de juazeiro verificou-se que o parâmetro teor de água não foi influenciado significativamente com o aumento da temperatura e velocidade do ar de secagem. Para as folhas de mororó apenas o experimento 2 obteve uma pequena influência na redução do teor de água de acordo com a temperatura estudada;
- As amostras em pó das duas espécies estão dentro dos limites recomendados pela Farmacopeia Brasileira quanto aos parâmetros teor de água e cinzas;
- As maiores quantidades de alcaloides e taninos condensados do juazeiro e do mororó foram obtidos quando o processo de secagem foi realizado a temperatura de 40 °C e velocidade do ar de 0,5 m s<sup>-1</sup>.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIFISA - Associação Brasileira das Empresas do Setor Fitoterápico, **Suplemento Alimentar e de Promoção da Saúde**, 2009.

AGOSTINI-COSTA, T.S.; LIMA, A.; LIMA, M.V. Determinação de tanino em pedúnculo de caju: método da vanilina *versus* método do butanol ácido. **Química Nova**, São Paulo, v.26, n.5, p.763- 765, 2003.

AGRA, M. F.; BARACHO, G. S.; NURIT, K.; BASÍLIO, I. J. L. D.; COELHO, V. P. M. **Medicinal and poisonous diversity of the flora of “Cariri Paraibano” Brazil**. *Journal of Ethnopharmacology*, v.2, n.111, p.383-395, 2007a.

AGRA, M. F.; FREITAS, P. F, BARBOSA-FILHO, J. M. Synopsis of the plants known as medicinal and poisonous in Northeast of Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.17, n1, p.114-140, 2007b.

AGUERRE, R. J.; SUAREZ, C.; VIOLLAZ, P. E. New BET type multi-layer sorption isotherms – Part II: Modeling water sorption in foods. **Lebensmittel-wissenschaft und Technologie**, v.22, n.4, p.192-195, 1989.

AGUIAR, J. S.; COSTA, M. C. C. D.; NASCIMENTO S. C.; SENA, K. X. F. R. Atividade antimicrobiana de *Lippia alba* (Mill.) N. E. Brown (Verbenaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.3, p.436-440, 2008.

AKPINAR, E. K. Mathematical modeling of thin layer drying process under open sun of some aromatic plants. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.5, p.864-870, 2006.

AKYILDIZ, A.; AKSAY, S.; BENLI, H.; KIROGLU, F.; FENERCIOGLU, H. Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. **Journal of Food Engineering**, v.65, n.1, p.95-99, 2004.

ALBUQUERQUE, U. P.; ANDRADE, L. H. C.; SILVA, A. C. O. Use of plant resources in a seasonal dry forest (Northeastern Brazil). **Acta Botanica Brasilica**, v.19, n.1, p.27-38, 2005.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.11-20, 2007.

ALMEIDA, C. F. C. B. R.; SILVA, T. C. L.; AMORIM, E. L. C.; MAIA, M. B. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Life strategy and chemical composition as predictors of the selection of medicinal plants from the caatinga (Northeast Brazil). **J Arid Environ**, v.62, n.1, p.127-142, 2005.

ALVARENGA, F. C. R.; GARCIA, E. F.; BASTOS, E. M. A. F.; GRANDI, T. S. M.; DUARTE, M. G. R. Avaliação da qualidade de amostras comerciais de folhas e tinturas de guaco. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.2, p.442-448, 2009.

ALVES, M. F. O.; BARBOSA, W. L. R.; SILVA JÚNIOR, J. C. Análise farmacognóstica das folhas de *Arrabidaea chica* (Humb. & Bonpl.) B. Verlt., Bignoniaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.2, p.215-221, 2010.

AMARANTE, C. B.; MÜLLER, A. H.; MÜLLER, R. C. S.; OLIVEIRA, D. J.; LINS, A. L. F. A.; PRADO, A. F.; DOLABELA, M. F. Estudo farmacognóstico, fitoquímico e citotóxico do extrato etanólico e frações obtidos do caule de *Montrichardia linifera* (Arruda) Schott (Araceae). **Revista Brasileira de Farmácia**, v.92, n.2, p.60-65, 2011.

ARABHOSSEINI, A.; HUISMAN, W.; MÜLLER, J. Modeling of the equilibrium moisture content (EMC) of Miscanthus (*Miscanthus X giganteus*). **Biomass and Bioenergy**, v.34, n.4 p.411-416, 2010.

ARAÚJO, A. A. S.; MERCURI, L. P.; SEIXAS, S. R. S.; STORPIRTIS, S.; MATOS, J. R. Determinação dos teores de umidade e cinzas de amostras comerciais de guaraná utilizando métodos convencionais e análise térmica. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.2, p.269-277, 2006.

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

BAHLOUL, N.; BOUDHRIOUA, N.; KECHAOU, N. Moisture desorption-adsorption isotherms and isosteric heats of sorption of Tunisian olive leaves (*Olea europaea* L.). **Industrial crops and products**, v.28, n.2, p.162-176, 2008.

BANDEIRA, J. M.; BARBOSA, F. F.; BARBOSA, L. M. P.; RODRIGUES, I. C. S.; BACARIN, M. A.; PETERS, J. A.; BRAGA, E. J. B. Composição do óleo essencial de quatro espécies do gênero *Plectranthus*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.2, p.157-164, 2011.

BANOV, D. A.; BABY, A. R.; DEL BOSCO, L. M.; KANEKO, T. M.; VELASCO, M. V. R. Caracterização do Extrato Seco de *Ginkgo biloba* L. em Formulações de Uso Tópico. **Acta Farmacéutica Bonaerense**, v.25, n.2, p.219-224, 2006.

BARA, M. T. F.; RIBEIRO, P. A. M.; ARANTES M. C. B. AMORIM L. L. S.S.; PAULA, J. R. Determinação do teor de princípios ativos em matérias-primas vegetais. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, n.2, p.211-215, 2006.

BARBOSA FILHO, J. M.; AGRA, M. F.; THOMAS, G. Botanical, chemical and pharmacological investigation on *Cissampelos* species from Paraíba (Brazil). **Journal of the Association for the Advancement of Science**, v.49, n.5-6, p.386-394, 1997.

BARBOSA, F. F.; MELO, E. C.; SANTOS, R. H. S.; ROCHA, R. P.; MARTINAZZO, A. P.; RADÜNZ, L. L.; GRACIA, L. M. N. Evaluation of mathematical models for prediction of thinlayer drying of brazilian lemon-scented verbena leaves (*Lippia alba* (mill) N.E. Brown). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, n.1, p.73-82, 2007.

BARBOSA, M. R. V.; LIMA, I. B.; LIMA, J. R.; CUNHA, J. P.; AGRA, M. F.; THOMÁS, W. W. Vegetação e flora no cariri paraibano. **Revista Oecologia Brasiliensis**, v.11, n.3, p.313-322, 2007.

BARBOSA-FILHO, J. M.; VASCONCELOS, T. H. C.; ALENCAR, A. A.; BATISTA, L. M.; OLIVEIRA, R. A. G.; GUEDES, D. N.; ALCÃO, H. S.; MOURA, M. D.; DINIZ, M. F. F. M. MODESTO-FILHO, J. Plants and their active constituents from South, Central, and

North America with hypoglycemic activity. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.4, p.392-413, 2005.

BARNI, S. T.; CECHINEL FILHO, V.; COUTO, A. G. Caracterização química e tecnológica das folhas, caules e planta inteira da *Ipomoea pes-caprae* (L.) R. Br., Convolvulaceae, como matéria-prima farmacêutica. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.4, p.865-870, 2009.

BATESTIN, V.; MATSUDA, L. K.; MACEDO, G. A. Fontes e aplicações de taninos e tanases em alimentos. **Revista Alimentos e Nutrição**, v.15, n.1, p.63-72, 2004.

BEELLEN, P. M. G.; BERCHIELLI, T. T.; OLIVEIRA, S. G.; MEDEIROS, A. N.; ARAÚJO FILHO, J. A.; PEREIRA FILHO, J. M. Influência dos taninos condensados sobre a degradabilidade ruminal de jurema preta (*Mimosa hostilis*), sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e mororó (*Bauhinia cheilantha*). In: **reunião anual da sociedade brasileira de zootecnia, XL** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2003. p. 1-3.

BIESK, I. G. **Plantas medicinais e aromáticas no sistema único de saúde da região sul de Cuiabá-MT**. 2005. 92 f. Monografia (Plantas Mediciniais) - Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras. Minas Gerais.

BORELLA, J. C.; CARVALHO, D. M. A. ligação comparativa da qualidade de extratos de *Calendula officinalis* L. (Asteraceae) comercializados em farmácias de manipulação em Ribeirão Preto – SP. **Revista Brasileira de Farmácia**, v.92 n.1, p.13-18, 2011.

BORELLA, J. C.; CARVALHO, D. M. A.; TEIXEIRA, J. C. L.; RIBEIRO, N. S. Influência do processo extrativo nas propriedades físico-químicas dos extratos de *calendula officinalis* l. (asteraceae). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.IX n.2, p.25-36, 2012.

BRAGA, T. V.; OLIVEIRA, T. T.; PINTO, J. T.; DORES, G. R.; NAGEM, T. J. Determinação de massa fresca, massa seca, água e cinzas totais de folhas de *Cissus verticillata* (L.) Nicolson & C. E. Jarvis subsp. *verticillata* e avaliação do processo de secagem em estufa com ventilação forçada. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.28, n.3, p.287-290, 2007.

BRASIL, Resolução da Diretoria Colegiada (**RDC**) nº 140, de 29 de maio de 2003.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 48, de 16 de março de 2004**. Dispõe sobre o registro de medicamentos fitoterápicos.

BRASIL. **Farmacopéia Brasileira**, Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 5º Ed. Brasília, 2010, v. 1, 546p.

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**. 4ª ed. Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, Brasil, 1018p, 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Política Nacional de Medicina Natural e Práticas Complementares PMNPC. **Resumo executivo**. Brasília –DF- fevereiro de 2005.

BRASIL. Ministério da Saúde. Política Nacional de plantas medicinal e fitoterápico. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. Departamento de Assistência Farmacêutica. (**Série B. Textos Básicos de Saúde**) 60 p. 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Programa Nacional de plantas medicinais e fitoterápicos**. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Insumos Estratégicos. 77p. 2007.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of gases in multimolecular layers. **Journal of the American Chemical Society**, v.60, p.309-319, 1938.

BRUSCHI, M. L.; CARDOSO, M. L. C.; MILANI, H. Avaliação farmacológica de um extrato de *Passiflora edulis* variedade flavicarpa. **Revista de Ciências Farmacêuticas**, v.22, n.2, p.263-276, 2002.

CAMACHO, D. G.; BARROS, A. C. S. A.; PESKE, S. T.; MENEZES, N. L. A secagem de sementes. **Ciência Rural**, v.34, n.2, p.603-608, 2004.

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

CARDOSO, C. M. Z. Manual de controle de qualidade de matérias-primas vegetais para farmácia magistral. **Pharmabooks**, 2009.

CARVALHO, A. C. B.; NUNES, D. S. G.; BARATELLI, T. G.; SHUQAIR, N. S. M. S. A. Q.; MACHADO NETTO, E. Aspectos da legislação no controle dos medicamentos fitoterápicos. **T&C Amazônia**, Ano V, n.11, 2007.

CARVALHO, P. L. **A proteção da biodiversidade brasileira: o caso das plantas medicinais.** 2009. Artigo em Hypertexto. Disponível em: <[http://www.infobibos.com/Artigos/2009\\_2/Biodiversidade/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2009_2/Biodiversidade/index.htm)>. Acesso em: 24 de set. 2012.

CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ALMEIDA, F. DE A.C.; DUARTE, M. E. M. Secagem de Sementes. In: ALMEIDA, F.A.C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. (ed). Tecnologia de armazenamento em sementes, 2006. Campina Grande: UFCG, p.271-370.

CAVALHEIRO, M. G.; FARIAS, D. F.; FERNANDES, G. S.; NUNES, E. P.; CAVALCANTI, F. S.; VASCONCELOS, I. M.; MELO, V. M. M.; CARVALHO, A. F. U. Atividades biológicas e enzimáticas do extrato aquoso de sementes de *Caesalpinia ferrea* Mart., Leguminosae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.2b, p.586-591, 2009.

CHECHINEL FILHO, V.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Revista Química Nova**, v.21, n.1, p.99-105, 1998.

**CNIP – Centro Nordestino de Informações sobre Plantas.** [On line]. Disponível em: <http://www.cnip.org.br/>.

COELHO, M. F. B. MAIA, S. S. S.; OLIVEIRA, A. K.; DIÓGENES, F. E. P. Atividade alelopática de extrato de sementes de juazeiro. **Horticultura Brasileira**, v.29, n.1, p.108-111, 2011.

CORRÊA, P. C. ARAÚJO, E. F. AFONSO JÚNIOR, P. S. Determinação dos parâmetros de secagem em camada delgada de sementes de milho doce (*zea mays* l.). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.2, n.2, p.110-119, 2003.

COSTA, C. M. L. **Caracterização e análise experimental do recobrimento de sementes de jambu (*Spilhantes oleracea*) em leite fluidizado**. 2010. 203 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Programa de Pós-graduação em engenharia de Processos, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, São Paulo.

COSTA, R. S.; OZELA, E. F.; BARBOSA, W. L. R.; PEREIRA, N. L.; SILVA JÚNIOR, J. O. C. Caracterização física, química e fisico-química do extrato seco por nebulização (*spray-drying*)Vde *Cynara scolymus* L. (Asteraceae). **Revista Brasileira de Farmacognósia**, v.90, n.3, p.169-174, 2009.

COUTO, R. O.; VALGAS, A. B.; BARA, M. T. F.; PAULA, J. R. Caracterização fisico-química do pó das folhas de *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae). **Revista Eletrônica de Farmácia**, v.6, n.3, p.59-69, 2009.

CUNHA, A. M.; MENON, S.; MENON, R.; COUTO, A.G.; BURGER, C.; BIAVANTTI, M. W. Hypoglycemic activity of dried extracts of *Bauhinia forficata* Link. **Phyomedicine**, v.17, n.1, p.37-41, 2010.

DIAS, R. A. L.; SOUZA, P. S.; ALSINA, O. L. S Secagem e Extração de Taninos Totais da Hortelã (*Mentha x vilosa* Hudson) *Drying and Total Tannins Extraction of Spearmint (*Mentha x vilosa* Hudson)* **Revista Agrarian Dourados**, v.4, n.12, p.123-133, 2011.

DOYMAR, I.; PALA, M. The thin-layer characteristics of corn. **Journal of Food Engineering**, v.60, p.125-130, 2007.

DOYMAZ, I. Air drying characteristics of tomatoes. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.1291-1297, 2007.

DOYMAZ, I.; TUGRUL, N.; PALA, M. Drying characteristics of dill and parsley leaves. **Journal of Food Engineering**, v.77, n.3, p.559-565, 2006.

DUARTE, M. C. T.; Atividade Antimicrobiana de Plantas Medicinais e Aromáticas utilizadas no Brasil. **Revista MultiCiência**, v.7, 2006.

DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M.; ALMEIDA, F. A. C. Características físicas de sementes. In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; CAVALCANTI MATA, M. E. R. M. **Tecnologia de armazenamento em sementes**, Ed. Campina Grande: UFCG, 2006. cap.5, pag.197-198.

DUTRA, M. G. **Plantas medicinais, fitoterápicos e saúde pública: um diagnóstico situacional em Anápolis, Goiás**. 2009. 112 f. Dissertação (Mestrado em Sociedade, Tecnologia e Meio Ambiente). Centro Universitário de Anápolis – UniEvangélica, Anápolis.

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

ENGEL, I. C.; FERREIRA, R. A.; CECHINEL-FILHO, V.; SILVA, C. M. Controle de qualidade de drogas vegetais a base de *Bauhinia forficata* Link (Fabaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18 n.2, p.258-264, 2008.

EXTRATOS VEGETAIS, **Food Ingredients Brasil**, São Paulo, dez. 2009/jan.2010. 11, p. 1-2.

FALCÃO, H. S.; LIMA, I. O.; SANTOS V. L.; DANTAS, H. F.; DINIZ, M. F. F. M.; BARBOSA-FILHO, J. M.; BATISTA, L. M. Review of the plants with anti-inflammatory activity studied in Brazil. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n. 4, p.381-391, 2005.

FARIA, A. P. O. C. O. **Uso de Plantas Medicinais em Juscimeira e Rondonópolis, Mato Grosso: Um Estudo Etnoecológico**. 1998. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação da Biodiversidade), Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas, Instituto de Biociências. São Paulo.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4 ed. São Paulo: Atheneu. 2000.

FARMACOPÉIA BRASILEIRA. 4a ed. São Paulo: Atheneu; 1988.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos. Princípios e Práticas.** Tradução: Florença Cladera Oliveira, Jane Maria Rubensan, Júlio Alberto Nitzke, Roberta Cruz Silveira Thys. 2ª edição. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FERREIRA, S. C. S.; SILVA, H. W.; RODOVALHO, R. S. Isoterma de dessecção e calor latente de vaporização da semente de pimenta Cumari Amarela (*Capsicum chinense* L.). **Revista Liberato**, v.12, n.18, p.107-206, 2011.

FERRERES, F.; GIL-IZQUIERDO, A.; VINHOLES, J. SILVA, S. T.; VALENTAO, P.; ANDRADE, P. B. *Bauhinia forficata* Link authenticity using flavonoids profile: Relation with their biological properties. **Food Chemistry**, v.134, n.2, p. 894–904, 2012.

FONSECA, P.; LIBRANDI, A, P. L. Avaliação das características físico-químicas e fitoquímicas de diferentes tinturas de barbatimão (*Stryphnodendron barbatiman*). **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.2, p.271-277, 2008.

FREITAS, A. Estrutura de mercado do segmento de fitoterápicos no contexto atual da indústria farmacêutica brasileira. Ministério da Saúde - **Núcleo Nacional de Economia da Saúde**, Brasília, p. 15, 2007.

FRIAS, U. A.; COSTA, M. C. M.; TAKAHASHI, J. A. Caracterização fitoquímica e avaliação das atividades antibacteriana e anticolinesterásica de extratos de *Banisteriopsis anisandra* A. Juss. (Malpighiaceae). **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, v.16 n.1, 2011.

FUENTES, O.; ARANCIBIA-AVILA, P.; ALARCÓN, J. Hypoglycemic activity of *Bauhinia candicans* in diabetic induced rabbits. **Fitoterapia**, v.75, n.6, p.527-532, 2004.

FURMANIAK, S. TERZYK, A. P.; GAUDEN, P. A.; The general mechanism of water sorption on foodstuffs – Importance of the multitemperature fitting of data and the hierarchy of models. **Journal of Food Engineering**, v.82, p.528-535, 2007.

GHODAKE, H. M.; GOSWAMI, T. K.; CHAKRAVERTY, A. Moisture sorption isotherms, heat of sorption and vaporization of withered leaves, black and green tea. **Journal of Food Engineering**, v.78, n.3, p.827-835, 2007.

GOMES, E. C.; NEGRELLE, R. R. B.; ELPO, E. R. S. Determinação da qualidade microbiológica e físico-química de chás de *Cymbopogon citratus* (D.C) Stapf (capim-limão). **Acta Scientiarum. Health Science**, v.30, n.1, p.47-54, 2008.

GONELLI, A. L. D. **Variação das propriedades físico-mecânicas e da qualidade da mamona (*Ricinus communis* L.) durante a secagem e o armazenamento.** 2008. 186 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

GREGORIO, G.; ALBANO, O.; MARQUES, L. C.; AYALA, S.; CARVALHO, J. E.; COZZOLINO, S.; YAREWAKE, J.H. Soyfemme a isoflavona contra o climatério. **Phytociência**, v.1, n.2, p.1-7, 2006.

GUIMARÃES-BEELLEN, P. M.; BERCHIELLI, T. T.; BEELEN, R.; ARAÚJO-FILHO, J.; OLIVEIRA, S. G. Characterization of condensed tannins from native legumes of the Brazilian northeastern semi-arid. **Scientia Agricola**, v.63, n.6, p.522-528, 2006.

HAGERMAN, A. E.; ZHAO, Y.; JOHNSON, S. Methods for Determination of Condensed and Hydrolyzable Tannins. In: **Antinutrients and Phytochemicals in Food**. Chapter 12, p.209-222, 1997.

HAMZA, N.; BERKE, B.; CHEZE, C.; AGLI, A. N.; ROBINSON, P.; GIN, H.; MOORE, N.. Prevention of type 2 diabetes induced by high fat diet in the C57BL/6J mouse by two medicinal plants used in traditional treatment of diabetes in the east of Algeria. **Journal of Ethnopharmacology**, v.128, n.2, p.513-518, 2010.

HEALD, S. V. Rhamnaceae. In: Smith, S. A.; Mori, A.; Henderson, D. W.; Stevenson.; Heald, S. V. **Flowering plants of the neotropics**. Princeton University Press, 2004.

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

HUBINGER, M. D.; VIVANCO-PEZANTES, D.; KUROZAWA, L. E.; SOBRAL, P. J. A. Isotermas de dessecção de filé de bonito (*Sarda sarda*) desidratado osmoticamente e defumado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.3, p.305-311, 2009.

HUBINGER, S. Z.; SALGADO, H. R. N.; MOREIRA, R. R. D. Controles físico, físico-químico, químico e microbiológico dos frutos de *Dimorphandra mollis* Benth., Fabaceae. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.19, n.3, p.690-696, 2009.

**ÍNDICE terapêutico fitoterápico**: ITF. Petrópolis: EPUB, 2008.

JESUS, A. M. **Saberes Populares em Plantas Medicinais**. 2008. 68 f. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Local) - Centro Universitário Augusto Motta-UNISUAM XI, Rio de Janeiro.

KLEIN, T.; LONGHINI, R.; BRUSCHI, M.L.; MELLO, J.C.P. Fitoterápicos: um mercado promissor. **Revista de Ciências Farmacêutica Básica e Aplicada**, v.30, n.3, p.241-248, 2009.

LAHSASNI, S.; KOUHILA, M.; MAHROUZ, M.; FLIYOU, M. Moisture adsorption-desorption isotherms of prickly pear cladode (*Opuntia ficus indica*) at different temperatures. **Energy Conversion & Management**, v.44, n.6, p.923-936, 2003.

LEITE, J. C. A.; SOUSA, R. F.; SILVA, A. S.; GOVEIA, J. P. G.; SILVA, M. M.; SOUSA, A. G. Simulação de secagem de milho (*Zea mays* L.) utilizando o modelo matemático de Thompson. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.5, n.2, 2005.

LIMA, D. A. **Planta da caatinga**. Academia Brasileira de Ciências Ed. Rio de Janeiro: A tribuna dos Santos Ltda, 1989.243p. In: Lima, P. M. Avaliação da atividade de extratos de folhas de *momordica charantia*, *auxemma oncocalyx* e *ziziphus joazeiro* sobre bactérias e larvas de *culex quinquefasciatus*. 2008. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal). Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

LÓPEZ, C. A. A. Considerações gerais sobre plantas medicinais. **Ambiente: Gestão e Desenvolvimento**, v.1, n.1, p.19-27, 2006.

LORENZI, H. **Árvores Brasileira**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. v. 1. 5. ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008. 384 p.

LORENZI, H.; MATOS, F. J. A. **Plantas medicinais no Brasil**: Nativas e exóticas cultivadas. Nova Odessa, Instituto Plantarum, 2008. 544p.

LUCCA, P. S. R.; ECKERT, R. G.; SMANHOTTO, V.; KUHN, L. M.; MINANTI, L. R. Avaliação farmacognóstica e microbiológica da droga vegetal camomila (*Chamomilla recutita* L.) comercializada como alimento em Cascavel – Paraná. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.2, p.153-156, 2010.

LUNA, J. S.; SANTOS, A. F.; LIMA, M. R. F.; OMENA, M. C.; MENDONÇA, F. A. C.; BIEBER, L. W.; SANT'ANA, A. E. G. A study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. **Journal of Ethnopharmacology**, v.97, n.2, p.199-206, 2005.

MANDAMBA, P. S.; DRISCOLL, R. H.; BUCKLE, K. A. The thinlayer drying characteristics of garlic slices. **Journal of Food Engineering**, v.29, n.1, p.75-97, 1996.

MARQUES, G. S.; LYRA, M. A. M.; PEIXOTO, M. S.; MONTEIRO, R. P. M.; LEÃO, W. F.; XAVIER, H. H. S.; SOARES, L. A. L.S.; ROLIM NETO, P. J. Caracterização fitoquímica e físico-química das folhas de *Bauhinia forficata* Link coletada em duas regiões brasileiras. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, v.33, n.1, p.57-62, 2012.

MARTINAZZO, A. P. **Secagem, armazenamento e qualidade de folhas de cymbopogon citratus (D.C.) Stapf**. 2006. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

MARTINAZZO, A. P.; CORRÊA, P. C.; RESENDE, O.; MELO, E. C. Análise e descrição matemática da cinética de secagem de folhas de capim-limão. **Revista Brasileira de Engenharia Agropecuária**, v.11, n.3, p.301-306, 2007.

MARTINAZZO, A. P.; MELO, E. C.; CORRÊA, P. C.; SANTOS, R. H. S.; Modelagem matemática e parâmetros qualitativos da secagem de folhas de capim-limão [*Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf]. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.12, n.4, p. 488-498, 2007.

MARTINS, K. M. Plantas medicinais na dose certa. Saúde. Gazeta do povo, 2009.

MARTINS, P. M. **Influência da temperatura e da velocidade do ar de secagem no teor e da composição química do óleo essencial de capimlimão (*cymbopogon citratus* (d.c.) Stapf.)** 2000. 91 f. Tese (Doutorado em Magister Scientiae). Engenharia Agrícola - Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais.

MARTINS, R. E.; CASTRO, D. M.; CASTELLANI, D. C.; DIAS, J. E. **Plantas Mediciniais**. Ed. Viçosa. UFV, 1998. In: MANOEL, D. D.; DOICHE, F. R.; FERRARI, T. B.; FERREIRA, G. Atividade alelopática dos extratos fresco e seco de folhas de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* (Mart.) Coville) e pata-devaca (*Bauhinia forficata* link) sobre a germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de tomate. **Revista Semina**, v.30, n.1, p.63-70, 2009.

MELLO, J. C. P.; PETROVICK, P. R. Quality control of *Baccharis trimera* (Less) DC (Asteraceae) hydroalcoholic extracts. **Acta Farmacêutica Bonaerense**, v.19, n.3, p.211-215, 2000.

MELO, M. S. F.; ROCHA, C. Q.; SANTOS, M. H.; CHAVASCO, J. M.; CHAVASCO, J. K. Pesquisa de bioativos com atividade antimicrobiana nos extratos hidroetanólicos do fruto, folha e casca de caule do *Zizyphus joazeiro* Mart. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v.10, n.2, p.43-51, 2012.

MENDES, K. **Caracterização química e físico-química e estudos preliminares de planejamento da formulação fitoterápica semi-sólida contendo tintura de *Calendula officinalis* L.** 2008. 141f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Farmácia/Universidade Federal do Pará.

MENEZES, F. S.; MINTO, A. B. M.; RUELA, H. S.; KUSTER, R. M.; SHERIDAN, H.; FRANKINH. Atividade hipoglicemiante de duas espécies de *Bauhinia* brasileira: *Bauhinia*

*forficata* L. and *Bauhinia monandra* Kurz. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.17 n.1, p.8-13, 2007.

MICHELIN, D. C.; FINATI, S. C. G.; SACRAMENTO, L. V. S.; VILEGAS, W.; SALGADO, H. R. N. Controle de qualidade da raiz de *Operculina macrocarpa* (Linn) Urb., Convolvulaceae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, v.20, n.1, p.18-22, 2010.

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

MOHAMED, L. A.; KOUHILA, M.; JAMALI, A.; LAHSASNI, S.; MAHROUZ, M. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of bitter orange leaves (*Citrus aurantium*). *Journal of Food Engineering*, v.67, n.4, p.491-498, 2004.

MOHAPATRA, D.; RAO, P. S. A thin layer drying model of parboiled wheat. *Journal of Food Engineering*, v.66, n.4, p.513-518, 2005.

MONIZ, K. L. A. **Caracterização morfológica de sementes e frutos da germinação da espécie *Ziziphus joazeiro* Mart (Rhamnaceae)**. 2002. 88 f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Estadual de Feira de Santana, Bahia.

MONIZ-BRITO, K. L.; OSUNA, J. T. A. Influência dos tratamentos físicos e químicos na germinação de *ziziphus joazeiro* mart. (rhamnaceae). *Magistra*, v.20, n.1, p.16-21, 2008.

MONTEIRO, J. M.; LINS NETO, E. M. F.; AMORIM, E. L. C.; STRATTMANN, R. R.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Teor de taninos em três espécies medicinais arbóreas simpátricas da caatinga. *Revista Árvore*, v.29, n.6, p.999-1005, 2005.

MORRISON, I. M.; ASIEDU, E. A.; STUCHBURY, T.; POWELL, A. A. Determination of lignin and tannin contents of Cowpea seed coats. *Annals of Botany*, v.76, n.3, p.287-290, 1995.

MÜLLER, S.D. **Determinação de alcaloides e flavonoides através de clae e uv de extrato de *passiflora alata* curtis, passifloraceae – maracujá-doce**. 2006. 91 f. Dissertação

(Mestrado em Farmácia) - Programa de Pós Graduação em Ciências Farmacêutica, Universidade do Vale do Itajaí, São Paulo.

MULET, A.; GARCYA-PASCUAL, P.; SANJUÁN, N.; GARCÍA-REVERTER, J. Equilibrium isotherms and isosteric heats of morel (*Morchella esculenta*). **Journal of Food Engineering**, v.53, p. 75-81, 2002.

NASCIMENTO, V. T.; LACERDA, E. U.; MELO, J. G.; LIMA, C. S. A.; AMORIM, E. L. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Controle de qualidade de produtos à base de plantas medicinais comercializados na cidade do Recife-PE: erva-doce (*Pimpinella anisum* L.), quebra-pedra (*Phyllanthus* spp.), espinheira santa (*Maytenus ilicifolia* Mart.) e camomila (*Matricaria recutita* L.) **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v.7, n.3, p.56-64, 2005.

NEGRI, G. Diabetes melito: plantas e princípios ativos naturais hipoglicemiantes. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.41, n.2, p.121-142, 2005.

NEVES, J. M.; CUNHA, S. **Plantas Medicinais**. Disponível em: <http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/528/1/50-57FCS2006-5.pdf>. Acesso em: 27 de set. 2012.

NORIEGA, P.; RÖPKE, C. D.; CAMILO, C. M.; FREITAS, P. C. D.; BARROS, S. B. M. Avaliação por análise fatorial das condições da extração do 4-nerolidilcatecol de *Pothomorphe umbellata* (L). Miq. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas** v.41 n.2, p.261-269, 2005.

NUNES, K. M. **Caracterização química e físico-química e estudos preliminares de planejamento da formulação fitoterápica semi-sólida contendo tintura de *calendula officinalis* L.** 2008.141f. Dissertação (Ciências Farmacêuticas) - Universidade Federal do Pará, Belém.

OLIVEIRA, A. K.; COELHO, M. F. B.; MAIA, S. S. S.; DIÓGENES, F. E. P. MEDEIROS FILHO, S. Atividade alelopática de extratos de diferentes partes de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. – Rhamnaceae). **Acta Botanica Brasilica**, v.23, n.4, p.1186-1189. 2009.

OLIVEIRA, M. T.; BERBERT, P. A.; MATOS, C. R. R.; MATHIAS, L.; MOREIRA, R. O. Efeito da temperatura do ar de secagem sobre o teor e a composição química do óleo essencial de *Pectis brevipedunculata*. **Revista Química Nova**, v.34, n.7, p.1200-1204, 2011.

OLIVEIRA, M. M.; CAMPOS, A. R. N.; DANTAS, J. P.; GOMES, J. P.; SILVA, F. L. H. Isotermas de desorção da casca do maracujá (*Passiflora edulis* Sims): determinação experimental e avaliação de modelos matemáticos. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.5, p.1624-1629, 2006.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODRIGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos**. Tradução: Fátima Murad. Porto Alegre: Artmed, v.1, 2005. 295p.

PACHÚ, C. O. **Processamento de plantas medicinais para obtenção de extratos secos e líquidos**. 2007.116 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande.

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum rates of air drying shelled corn in thin layers**. 1949. Thesis (M.Sc.) – Purdue University, West Lafayette.

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

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**, v.21, n.1, p.73-77, 2001.

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**, v.21, n.3, p.288-292, 2001.

PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S.; NASCIMENTO, J. E.; SILVA, C. H. T. P.; MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; AMORIM, E. L. C. Validação de metodologia espectrofotométrica para quantificação dos flavonoides de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.44, n.4, p.683-689, 2008.

PELEG, M. Assessment of a semi-empirical four parameter general model for sigmoid moisture sorption isotherms. **Journal of Food Process Engineering**, v.26, n.1, p.21-37.1993.

PEPATO, M. T.; BAVIERA, A. M.; VENDRAMINI, R. C.; BRUNETTI, I. L. Evaluation of toxicity after one-months treatment with *Bauhinia forficata* decoction in streptozotocin-induced diabetic rats. **BMC Complementary and Alternative Medicine**, v.4, n.7, p.1-7, 2004.

PEREIRA, L. P.; LUZ, L. P.; TEDESCO, S. B.; SILVA, A. C. F. Número de cromossomos em populações de *Achyrocline satureioides* Lam. (marcela) do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Ciência Rural**, v.36, n.2, p.678-681, 2006.

PERES, L. E. P. Metabolismo Secundário. Disponível no site: <http://www.ciagri.usp.br/~lazaropp>. Acesso em: 27 de set.2012.

PIMENTA, A. C. Instituições paraenses se unem para produção de fitoterápicos. Programa busca desenvolvimento da economia verde no estado do Pará. **Revista de Ciência, Tecnologia e Inovação do Estado do Pará**, n.1, p.29-35, 2012.

PIZZOLATTI, M. G.; JUNIOR, A. C.; SZPOGANICZ, B.; SOUSA, E. Flavonoides glicosilados das folhas e flores de *Bauhinia forficata* (leguminosae). **Revista Química Nova**, v.26, n.4, p.466-469, 2003.

POSSE, J. C. **Plantas medicinais utilizadas pelos usuários do SUS nos bairros de Paquetá e Santa Teresa: uma abordagem etnobotânica**. 2007.115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

PROVASI, M.; OLIVEIRA, C. E.; MARTINO, M. C.; PESSINI, L. G.; BAZOTE, R. B.; CORTÉZ, D. A. G. Avaliação da toxicidade e do potencial antihiperlipidemiante da *Averrhoa carambola* L. (Oxalidaceae). **Acta Scientiarum**, v.23, n.3, p.665-669, 2001.

QUEIROZ, F. **Estudo da cinética de extração do óleo essencial de capim - limão com dióxido de carbono líquido**. 1993. 70 f. Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009, 467p. (2009b).

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D. B. O. S.; CONCEIÇÃO, A. S.; SOUZA, E. R.; AZEVEDO-TOZZI, A. M. G.; PEREZ, A. P. F.; SILVA, M. J.; SIMON, M. F.; MANSANO, V. F.; COSTA, J. A. S.; RODRIGUES, W. A.; LIMA, L. C. P.; BOCAGE NETA, A. L. **Leguminosae**. In: GIULIETTI, A. M.; RAPINI, A.; ANDRADE, M. J. G.; QUEIROZ, L. P.; SILVA, J. M. C. (Org.). *Plantas Raras do Brasil*. 1 ed. Belo Horizonte: Conservação Internacional & Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009, v. 1, p. 217-237.

RADÜNZ, L. L.; AMARAL, A. S.; MOSSI, S. J.; MELO, E. C.; ROCHA, R, P. Avaliação da cinética de secagem da carqueja. **Revista Engenharia na Agricultura**, v.19, n.1, p.19-27, 2011.

RADÜNZ, L. L.; MELO, E. C.; BARBOSA, L. C. A.; SANTOS, R. H. S. BARBOSA, F. F.; MARTINAZZO, A. P. Influência da temperatura do ar de secagem no rendimento do óleo essencial de hortelã-comum (*mentha x villosa huds*). **Revista Engenharia na Agricultura**, v.14, n.4, 250-257, 2006.

RADÜNZ, L. L.; MOSSI, A. J.; ZAKRZEWSKI, C. A.; AMARAL, A. S, R, P.; GRASSMANN, L. Análise da cinética de secagem de folhas de sálvia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.979-986, 2010.

RÊGO JÚNIOR, N. O.; FERNANDEZ, L. G.; CASTRO, R. D.; SILVA, L. C.; GUALBERTO, S. A.; PEREIRA, M. L. A.; SILVA, M. V. Compostos bioativos e atividade antioxidante de extratos brutos de espécies vegetais da caatinga. **Brazilian Journal Food Technology**, v.14, n.1, p.50-57, 2011.

REIS, R. C.; BARBOSA, L. S.; LIMA, M. L.; REIS, J. S.; DEVILLA, I. A.; ASCHERI, D. P.R. Modelagem matemática da secagem da pimenta Cumari do Pará. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.15, n.4, p.347-533, 2011.

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

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

RESENDE, O.; ULLMANN, R.; SIQUEIRA, V. C.; CHAVES, T. H.; FERREIRA, L. U. Modelagem matemática e difusividade efetiva das sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) durante a secagem. **Revista de Engenharia Agrícola**, v.31, n.6, p.1123-1135, 2011.

ROCHA, A. P. T. **Estudo do processo de recobrimento contínuo de extratos fitoterápicos secos em leite de jorro**. 2006. 149 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia. Campina Grande.

ROCHA, R. P. **Avaliação do teor e da composição do óleo essencial de *Cymbopogon citratus* e *Thymus vulgaris* submetidos a processos de secagem e armazenamento**. 2011. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

RODRIGUES, T. S.; GUIMARÃES, S. F.; RODRIGUES-DAS-DÔRES, R. G.; GABRIEL, J. V. Métodos de secagem e rendimento dos extratos de folhas de *Plectranthus barbatus* (boldo-da-terra) e *P. ornatus* (boldo-miúdo). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v.13, n.spe, p.587-590, 2011.

RODRIGUES, W.; NOGUEIRA, J. M. Competitividade da Cadeia Produtiva de Plantas Mediciniais no Brasil: uma perspectiva a partir do comércio exterior. **Informe Gepec** – v.12, n.2, p.91-105, 2008.

ROSADO, L. D. S. PINTO, J. B S.; BOTREL, P. P.; BERTOLUCCI, S. K. V.; NICULAU, E. S.; ALVES, P. B. Influência do processamento da folha e tipo de secagem no teor e

composição química do óleo essencial de manjeriço cv. Maria Bonita. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.2, p.291-296, 2011.

RUELA, H. S.; JAPP, A. S.; KUSTER, R. M.; MENEZES, F. S. *Bauhinia forficata*: aspectos fitoquímicos e biológicos. 29a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química. **Anais: Sociedade Brasileira de Química (SBQ)**, 2006.

SALVI JÚNIOR, A. *Schinus terebinthifolius Raddi*: estudo anatômico e histoquímico das folhas e investigação do potencial farmacêutico do extrato etanólico e suas frações. 2009. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas - Programa de Pós Graduação em Fármacos e Medicamentos), Faculdade de Ciências Farmacêuticas (UNESP). São Paulo.

SANTOS, A. L. R. **Avaliação do sistema conservantes em formulação com extrato hidroalcoólico de *Schinus terebinthifolius raddi*, Anacardiceae.** 2007. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Centro de Ciências da Saúde, Rio Grande do Norte, Natal.

SANTOS, S. C. **Caracterização cromatográfica de extratos medicinais de guaco: *Mikania laevigata* Schultz Bip Baker e *M glomerata* Sprengel e ação de *M. laevigata* na inflamação alérgica pulmonar.** 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Vale do Itajaí. Itajaí.

SCHOFIELD, P.; MBUGUA, D. M.; PELL, A.N. Analysis of condensed tannins: a review. **Animal Feed. Science and Technology**, v.91, n.1, p. 21-40, 2001.

SHARAPIN, N. **Fundamentos tecnológicos de produtos fitoterápicos.** Bogotá: Andrés Bello, p. 57-60, 2000.

SILVA JÚNIOR, J. O.; VIEIRA, J. L.; BARBOSA, W. L. PEREIRA.; N. L. Caracterização físico-química do extrato fluido e seco por nebulização de *Symphytum officinale* L. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.16, p.671-677, 2006.

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

SILVA, F. A. S. & AZEVEDO, C. A. V. de. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE,4., Orlando-FL-USA: **Anais...** Orlando: American Society of Agricultural Engineers, p.393-396, 2009.

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

SILVA, K. L.; CHECHINEL FILHO, V. Composição química e potencial farmacológico. **Revista Química Nova**, v.25, n.3, p.449-454, 2002.

SILVA, T. C. L.; PEIXOTO SOBRINHO, T. J. S.; GOMES, T. L. B.; CARDOSO, K.C.M.; ALBUQUERQUE, U.P.; AMORIM, E.L.C. Triagem fitoquímica foliar de *Bauhinia cheilantha* (Bongard) Steudel (pata-de-vaca). In: **Associação Brasileira de Química – Seção Regional do Rio Grande do Norte (ABQ-RN)**, 2007.

SILVEIRA, P. F.; BANDEIRA, M. A.; ARRAIS, P. S. D. Farmacovigilância e reações adversas às plantas medicinais e fitoterápicos: uma realidade. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.18, n.4, p.618-626, 2008.

SMITH, S. E. The sorption of water vapour by high polymers. **Journal of f the American Chemical Society**, v.69, n.3, p.646, 1947.

SOARES, M. L.; REZENDE, M. H.; FERREIRA, H. D.; FIGUEIREDO, A. D L.; BUSTAMANTE, K. G. L.; BARA, M. T. F.; PAULA, J. R. Caracterização farmacognóstica de folhas de *Davilla elliptica* St.-Hil.(Dilleniaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, n.4, p.352-360,2005.

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

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

SOUSA, M. P.; MATOS, M. E. O.; MATOS, F. J. A. **Constituintes químicos de plantas medicinais brasileiras**. Imprensa Universitária, Universidade Federal do Ceará. 1991. 416 p.

SOUSA, M. P.; MATOS, M. E. O.; MATOS, F. J. A. Constituintes químicos de plantas medicinais brasileiras. Fortaleza: Imprensa Universitária / UFC. 1991. 416 p. In: CARVALHO, P. E. R. Juazeiro – *Ziziphus joazeiro*. **Circular Técnica** 139. Embrapa Florestas, 2007.

SOUSA, J. A.; MIRANDA, E. M. Plantas medicinais e fitoterápicos: Alternativas viáveis). Ambiente Agropecuário. Artigo agropecuário. Curitiba – PR. 2004.

SOUZA, C. R. F. **Estudo comparativo da produção de extrato seco de *Bauhinia forficata* Link pelos processos de spray-dryer e leite de jorro**. 2003. 208 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA, E.; ZANATTA L.; SEIFRIZ, I.; CRECZYNSKI-PASA, T. B.; PIZZOLATTI, M.G.; SZPOGANICZ, B.; SILVA, F. R. M. B. Hypoglycemic Effect and Antioxidant Potential of Kaempferol-3,7-O-(r)- dirhamnoside from *Bauhinia forficata* Leaves. **Journal Natural Products**, v.67, n.5, p.829-832, 2004.

SOUZA, T. P.; LIONZO, M. I. Z.; PETROVICK, P. R. Avaliação da redução da carga microbiana de droga vegetal através do processamento tecnológico: decocção e secagem por aspersão. **Revista Brasileira Farmacognosia**, v.16, n.1, p.94-98, 2006.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**: Guia ilustrativo para identificação das famílias de Angiospermas da flora brasileira, baseado em APG II. Instituto Plantarum de Estudos da Flora, Nova Odessa, SP, 2005. p.607.

SPINDOLA JUNIOR, A.; BOEGER, M. R. T.; MACCARI JÚNIOR.; REISSMANN, C. B.; RICKLI, F. L. Variação na estrutura foliar de *Mikania glomerata* Spreng. (Asteraceae) sob diferentes condições de luminosidade. **Revista Brasileira de Botânica**, v.32, n.4, p.749-758, 2009.

SREEVIDY, N.; MEHROTRA, S. Spectrophotometric Method for Estimation of Alkaloids Precipitable with Dragendorff's Reagent in Plant Materials. **Journal of AOAC international**, v.86, n.6, p.1124-1127, 2003.

TABARELLI, M.; SILVA, A. V. **Conhecimento sobre plantas lenhosas da Caatinga: lacunas geográficas e ecológicas**. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONECA, M. T.; 8A. (Org.). Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação. Brasília: Ministério do Meio Ambiente e Universidade Federal de Pernambuco, v. p. 101-112, 2004.

THIATIRA, S. D. B.; PINHEIRO.; LOANA, A. P.; JOHANSSON.; MOACIR, G.; PIZZOLATTI.; MAIQUE, W. BIAVATTI. COMPARATIVE assessment of kaempferitrin from medicinal extracts of *Bauhinia forficata* Link. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v.41, p. 431-436, 2006.

TUROLLA, M. S. R.; NASCIMENTO, E. S. Informações toxicológicas de alguns fitoterápicos utilizados no Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v.42, n.2, p.389-306, 2006.

VAZ, A.M.S.F.; TOZZI, A. M. G. A. Sinopse de *Bauhinia* sect. *Pauletia* (Cav.) D.C. (Leguminosae: Caesalpinoideae: Cercideae) no Brasil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.28, n.3, p.477-491, 2005.

VEIGA JUNIOR, V. F. V.; PINTO, A. C.; MACIEL, M. A. M. Plantas medicinais: cura segura?. **Química Nova**, v.28, n.3, p.519-528, 2005.

VILELA, C. A. A.; ARTUR, P. O. Secagem do açafrão (*Curcuma longa* L.) em diferentes cortes geométricos. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.387-394, 2008.

WANG, C. Y.; SINGH, R. P. Use of variable equilibrium moisture content in modeling rice drying. **Transaction of ASAE**, St. Joseph, v.11, ASAE Paper n.78-3001, 1978.

VOLPATO, G. T.; DAMASCENOD, C.; RUDGEM, V. C.; PADOVANI, C. R.; CALDERON, I. M. P. Effect of *Bauhinia forficata* aqueous extract on the maternal-fetal outcome and oxidative stress biomarkers of streptozotocin-induced diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.116, p. 131–137 , 2008.

YAKOTA, A. A.; JACOMASSI, E.; LAVERDE JUNIOR, A.; TAKEMURA, O. S. Avaliação da qualidade de produtos contendo *Maytenus ilicifolia* Mart. ex Reissek – Celastraceae (espinheira-santa) comercializados na cidade de Umuarama – PR. **Semina**, v.31, n.2, p.159-168, 2010.

## APÊNDICE A

**(Dados referentes aos valores de umidade de equilíbrio e atividade de água para  
dessorção de folhas de juazeiro)**

**Apêndice A.** Valores de Xe e aw para dessorção de folhas de juazeiro a 20, 30 e 40 °C

T = 20 °C		T = 30 °C		T = 40 °C	
Xe (%bs)	aw (adim.)	Xe (%bs)	aw (adim.)	Xe (%bs)	aw (adim.)
79,509	0,934	59,272	0,934	67,049	0,946
63,409	0,926	50,305	0,922	57,729	0,934
49,454	0,915	41,700	0,905	47,428	0,923
41,712	0,890	33,082	0,878	37,117	0,902
33,6741	0,865	26,274	0,849	28,655	0,878
21,756	0,774	17,653	0,790	20,530	0,836
16,935	0,690	12,634	0,718	14,389	0,774
12,665	0,623	8,368	0,622	8,881	0,674
8,9171	0,492	5,433	0,544	4,783	0,572
6,651	0,411	3,051	0,488	2,463	0,492
4,291	0,334	1,820	0,371	1,094	0,373
3,211	0,262	1,754	0,270	1,095	0,385
2,895	0,211	1,767	0,284		
2,867	0,221				

**APÊNDICE B**

**(Dados referentes aos valores de umidade de equilíbrio e atividade de água para  
dessorção de folhas de mororó)**

**Apêndice B.** Valores de Xe e aw para dessorção de folhas de mororó a 20, 30 e 40 °C

T = 20 °C		T = 30 °C		T = 40 °C	
Xe (%bs)	aw (adim.)	Xe (%bs)	aw (adim.)	Xe (%bs)	aw (adim.)
95,899	0,899	97,244	0,945	98,865	0,940
90,873	0,876	87,354	0,934	79,614	0,932
76,455	0,855	78,361	0,924	67,146	0,916
63,889	0,819	64,808	0,913	54,783	0,902
51,058	0,766	54,129	0,893	43,856	0,878
39,947	0,727	41,909	0,870	34,059	0,849
30,820	0,669	32,206	0,843	24,556	0,820
23,016	0,583	22,529	0,802	16,593	0,765
17,328	0,487	14,619	0,728	10,931	0,686
12,831	0,421	8,725	0,658	5,824	0,553
8,466	0,353	6,433	0,552	3,401	0,431
4,629	0,304	4,073	0,461	1,567	0,297
3,836	0,271	2,531	0,324	0,999	0,223
2,910	0,237	1,819	0,258	1,004	0,254
1,852	0,193	1,819	0,261		
1,455	0,184				
1,458	0,189				

## APÊNDICE C

**(Dados do tempo e da razão de umidade para a cinética de secagem das folhas de juazeiro)**

**Apêndice C.** Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, para as folhas de juazeiro.

<b>Tempo (min)</b>	<b>Exp. 1</b>	<b>Exp. 2</b>	<b>Exp. 3</b>	<b>Exp. 4</b>	<b>Exp. 5</b>	<b>Exp. 6</b>	<b>Exp. 7</b>
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	0,9805	0,9671	0,9887	0,9770	0,9845	0,9839	0,9767
10	0,9687	0,9520	0,9766	0,9574	0,9728	0,9527	0,9600
15	0,9603	0,9345	0,9657	0,9482	0,9620	0,9376	0,9432
20	0,9526	0,9096	0,9555	0,9297	0,9516	0,9223	0,9280
25	0,9447	0,8893	0,9430	0,9160	0,9404	0,9074	0,9129
30	0,9370	0,8651	0,9333	0,8971	0,9284	0,8843	0,9163
40	0,9226	0,8272	0,9183	0,8644	0,9070	0,8564	0,8714
50	0,9089	0,7952	0,8849	0,8311	0,8834	0,8278	0,8446
60	0,8947	0,7635	0,8679	0,7917	0,8573	0,7872	0,8166
75	0,8748	0,6819	0,8391	0,7446	0,8238	0,7522	0,7759
90	0,8495	0,6214	0,8122	0,6949	0,7875	0,7062	0,7333
105	0,8262	0,5718	0,7875	0,6385	0,7516	0,6369	0,6902
125	0,7625	0,5014	0,7469	0,5674	0,7063	0,5977	0,6376
145	0,7292	0,4269	0,7109	0,4977	0,6584	0,5438	0,5841
165	0,6998	0,3459	0,6745	0,4298	0,6060	0,4635	0,5291
195	0,6520	0,2548	0,6255	0,3383	0,5236	0,3863	0,4478
225	0,6032	0,1687	0,5757	0,2628	0,4474	0,3149	0,3685
255	0,5539	0,1049	0,5224	0,1908	0,3791	0,2473	0,2977
285	0,5043	0,0548	0,4671	0,1448	0,3176	0,1857	0,2310
315	0,4554	0,0240	0,4148	0,1046	0,2591	0,1276	0,1762
375	0,3616	0,0110	0,3043	0,0724	0,1624	0,0765	0,0912
435	0,2751	0,0034	0,1918	0,0379	0,0914	0,0478	0,0440
495	0,2018	0,0025	0,1393	0,0025	0,0461	0,0267	0,0179
555	0,1491	0,0005	0,0848	0,0000	0,0207	0,0258	0,0073
615	0,1019	0,0000	0,0484		0,0069	0,0011	0,0043
675	0,0703		0,0267		0,0017	0,0000	0,0007
735	0,0472		0,0119		0,0004		0,0000
795	0,0294		0,0051		0,0000		
825	0,0172		0,0022		0,0000		
885	0,0044		0,0008		0,0000		
945	0,0042		0,0003				
1005	0,0000		0,0000				

## **APÊNDICE D**

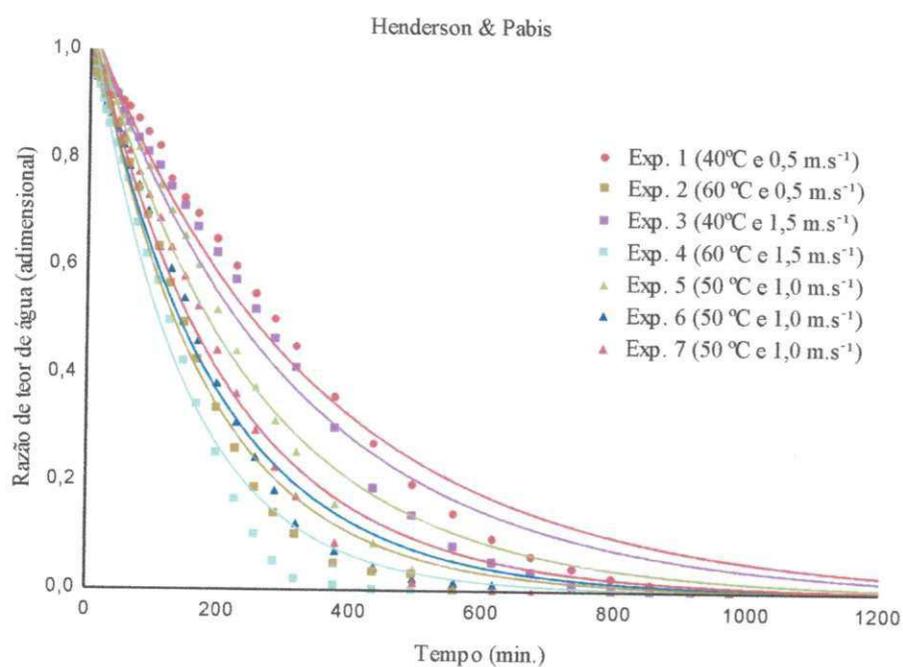
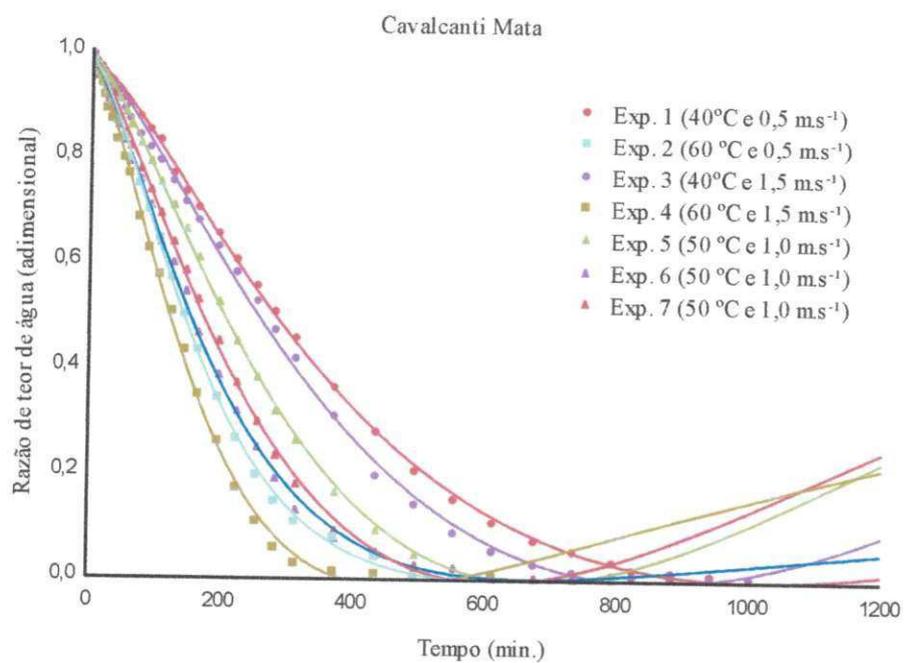
**(Dados do tempo e da razão de umidade para a cinética de secagem das folhas de mororó)**

**Apêndice D.** Valores experimentais da razão de umidade para cinética de secagem nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C para as folhas de mororó.

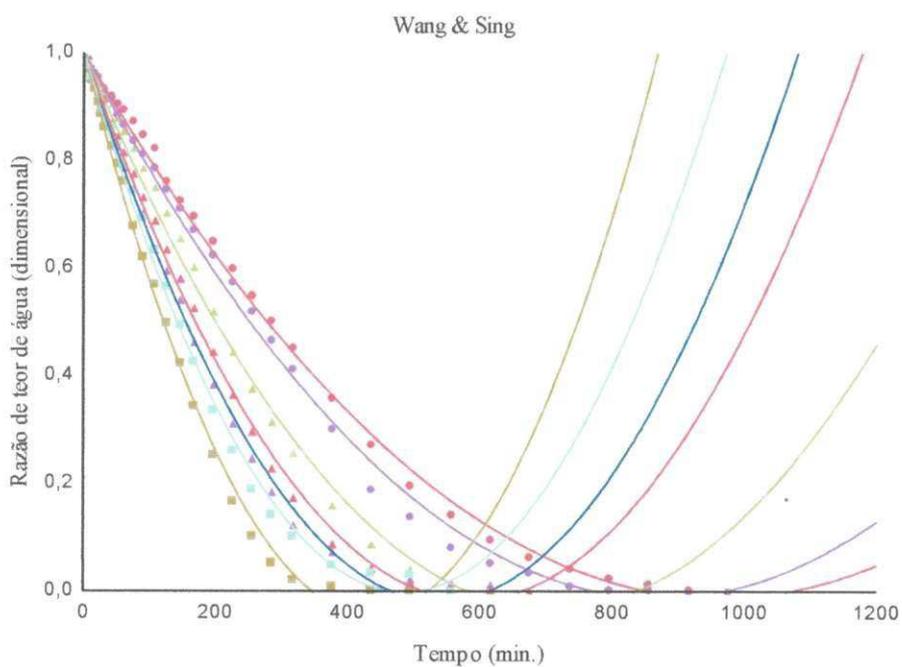
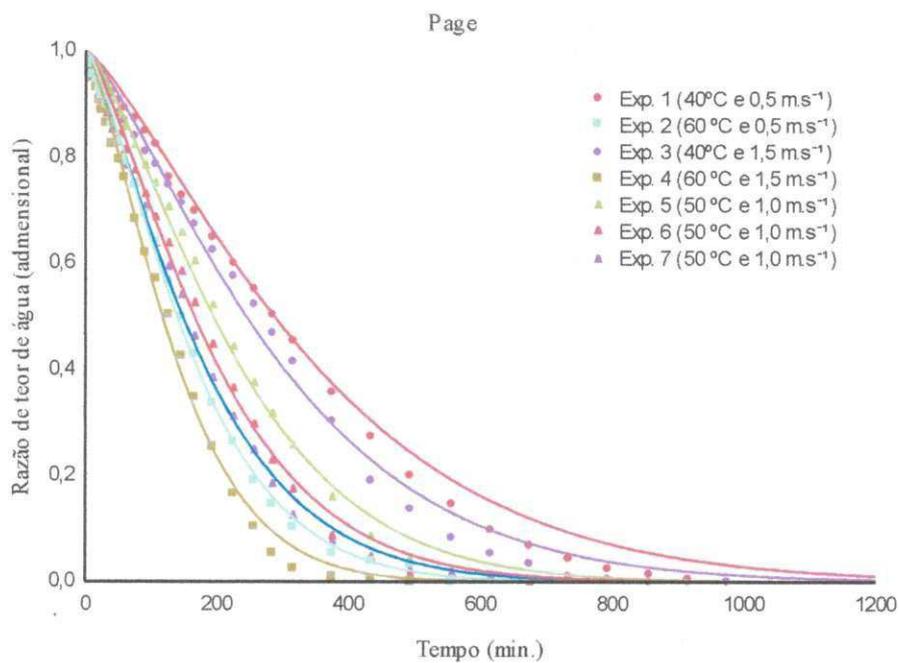
<b>Tempo (min)</b>	<b>Exp. 1</b>	<b>Exp. 2</b>	<b>Exp. 3</b>	<b>Exp. 4</b>	<b>Exp. 5</b>	<b>Exp. 6</b>	<b>Exp. 7</b>
0	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
5	0,9937	0,9877	0,9935	0,9846	0,9890	0,9905	0,9607
10	0,9877	0,9749	0,9884	0,9749	0,9772	0,9770	0,9477
15	0,9820	0,9622	0,9835	0,9641	0,9639	0,9661	0,9372
20	0,9776	0,9498	0,9767	0,9523	0,9518	0,9548	0,9262
25	0,9716	0,9365	0,9695	0,9397	0,9452	0,9443	0,9161
30	0,9634	0,9218	0,9631	0,9251	0,9320	0,9322	0,9044
40	0,9525	0,8963	0,9522	0,8968	0,9130	0,9107	0,8837
50	0,9403	0,8701	0,9422	0,8681	0,8930	0,8890	0,8626
60	0,9259	0,8420	0,9319	0,8398	0,8733	0,8687	0,8430
75	0,9093	0,8036	0,9173	0,7985	0,8424	0,8343	0,8044
90	0,8908	0,7704	0,9039	0,7440	0,8108	0,8031	0,7745
105	0,8710	0,7332	0,8895	0,7060	0,7586	0,7438	0,7221
125	0,8513	0,6787	0,8705	0,6418	0,7125	0,6952	0,6751
145	0,8393	0,6132	0,8486	0,5825	0,6676	0,6494	0,6308
165	0,8159	0,5591	0,8263	0,5327	0,6129	0,5955	0,5785
195	0,7711	0,4646	0,7910	0,4305	0,5418	0,5171	0,5025
225	0,7262	0,3731	0,7539	0,3365	0,4718	0,4397	0,4274
255	0,6783	0,2870	0,7161	0,2512	0,3987	0,3671	0,3570
285	0,6325	0,2139	0,6763	0,1782	0,3295	0,2952	0,2871
315	0,5641	0,1521	0,6357	0,1196	0,2670	0,2271	0,2210
375	0,4779	0,0703	0,5502	0,0001	0,1659	0,1239	0,1206
435	0,3850	0,0204	0,4599	0,0000	0,0868	0,0442	0,0430
495	0,2943	0,0000	0,3696		0,0431	0,0167	0,0162
555	0,2344		0,3020		0,0056	0,0042	0,0041
615	0,1826		0,2294		0,0000	0,0000	0,0000
675	0,1179		0,1707				
735	0,0705		0,1203				
795	0,0462		0,0800				
825	0,0213		0,0497				
885	0,0120		0,0281				
945	0,0032		0,0129				
1005	0,0013		0,0047				
1065	0,0000		0,0000				

## **APÊNDICE E**

**(Gráficos de diferentes modelos ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de juazeiro)**



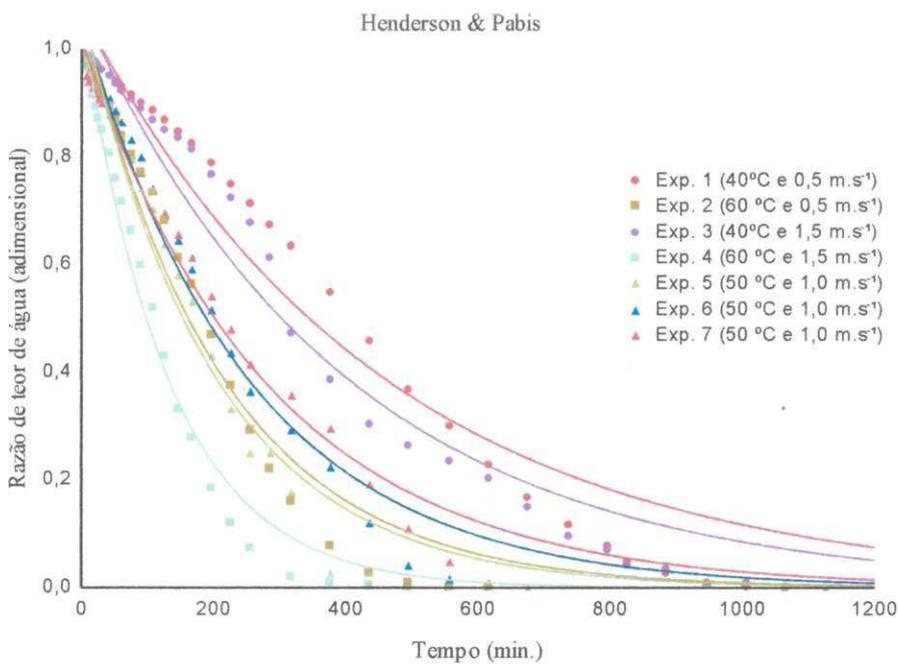
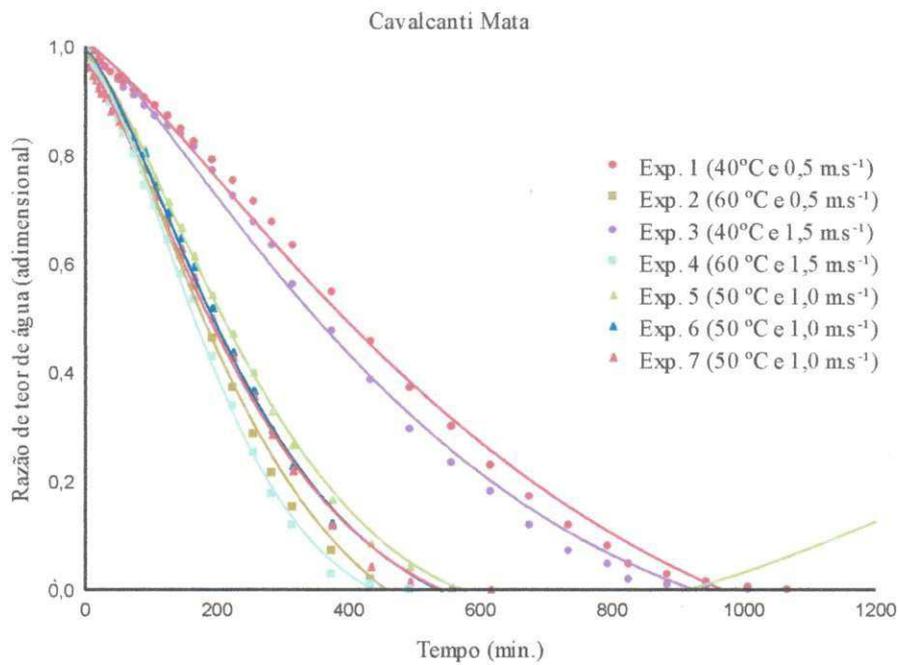
**Figura E.1** - Valores observados e estimados pelas equações de Cavalcanti e Henderson & Pabis ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de juazeiro.



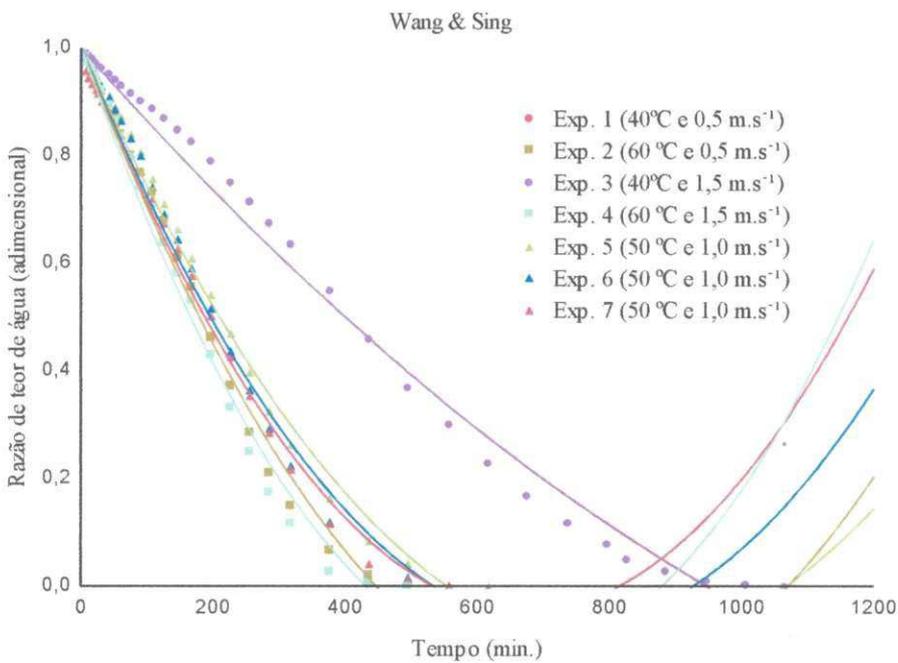
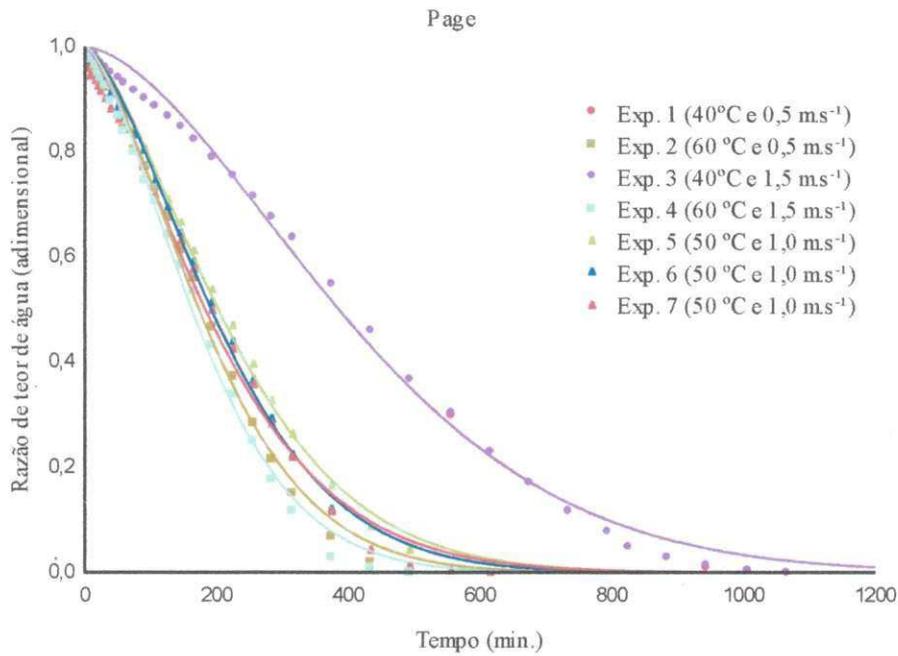
**Figura E.2** - Valores observados e estimados pelas equações de Page e Wang & Sing ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de juazeiro.

## APÊNDICE F

(Gráficos de diferentes modelos ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de mororó)



**Figura F.2** - Valores observados e estimados pelas equações de Cavalcanti Mata e Henderson & Pabis ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de mororó.



**Figura F.2** - Valores observados e estimados pelas equações de Page e Wang & Sing ajustado aos dados experimentais da secagem de folhas de mororó.