



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



DISSERTAÇÃO

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

LIOFILIZAÇÃO E SECAGEM CONVECTIVA DE QUIABO

FRANCISLAINE SUELIA DOS SANTOS

**CAMPINA GRANDE – PB
FEVEREIRO – 2018**

LIOFILIZAÇÃO E SECAGEM CONVECTIVA DE QUIABO

FRANCISLAINE SUELIA DOS SANTOS

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

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas

**Orientadores: Prof^a. Dr^a. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo
Prof. Dr. Alexandre José de Melo Queiroz**

CAMPINA GRANDE - PB

FEVEREIRO - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCG

S2371 Santos, Francislaine Suelia dos.
Liofilização e secagem convectiva de quiabo / Francislaine Suelia dos Santos. –
Campina Grande, 2018.
160 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de
Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Prof. Dr.
Alexandre José de Melo Queiroz".

Referências.

1. *Abelmoschus esculentus*. 2. Desidratação. 3. Produto em Pó. 4.
Armazenamento. I. Figueirêdo, Rossana Maria Feitosa de. II. Queiroz, Alexandre
José de Melo. III. Título.

CDU 635.648(043)



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

FRANCISLAINE SUELIA DOS SANTOS

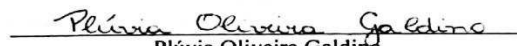
LIOFILIZAÇÃO E SECAGEM CONVECTIVA DE QUIABO

APROVADO: 26 de fevereiro de 2018

BANCA EXAMINADORA


Rossana Maria Feitosa de Figueiredo
Orientadora - UAEA/UFCG


Alexandre José de Melo Queiroz
Orientador - UAEA/UFCG


Plúvia Oliveira Galdino
Examinadora - UATA/UFCG


Edmilson Dantas da Silva Filho
Examinador - IFPB/CG

(...) a respeito do sonho: “Tenho sempre um e estou sempre em busca dele. Quando me aproximo, vejo que ele se distancia e tenho de continuar. Estou chegando perto e ele está mais longe. E nunca paro de caminhar”. Veia Bailarina – Ignácio de Loyola Brandão

A busca desse sonho me fortifica a cada dia, e em cada conquista percebo o quão perto ele está... E o quanto vale a pena lutar!!!

*Aos meus pais José e Celia sinônimo de
força e dedicação. Pelo o apoio e
incentivo em tornar meus sonhos
realidade.*

Dedico e ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus e a nossa Senhora por estar comigo em todos os momentos, cuidando, protegendo e amparado, como meus auxiliares e condutores em todas as etapas da minha vida, concedendo-me paz, saúde, determinação.

A meus pais José e Celia, meus irmãos Daniel, Janiel e Jucelio e meus sobrinhos Mizael, Marina, Laura e Davi que sempre estão pedindo a Deus por mim, além de apoiar em tudo que faço e por me fortalecer com palavras, abraços e sorrisos.

Ao meu amor Jorge Renê por todo apoio, companheirismo, dedicação e paciência.

A minhas Tias Selma e Cely e minha madrinha Lia, pelas orações, palavras de otimismo e por acreditar na minha capacidade e serem minhas intercessoras.

A meus orientadores Dra. Rossana Maria Feitosa de Figueirêdo, Dr. Alexandre José de Melo Queiroz, pelo exemplo de profissionais e acima de tudo, de pessoa, pela paciência, orientações e conselhos, ensinamentos e amizade construída. Sem vocês tudo teria se tornado mais difícil.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Área de Concentração em Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas, em especial a professora Dra. Josivanda Palmeira Gomes, pela presença e atenção sempre prestada e pelos conhecimentos transmitidos, amizade e disponibilidade.

A Dayane Rossy e Jéssica Carvalho, amigas de infância, irmãs do coração, sempre me tranquilizando nos momentos de desespero, por perto me passando energias positivas, muito obrigado, amo vocês.

Aos anjos que Deus colocou para me ajudar na execução dessa pesquisa: Daniela Dantas, Maria José e Ana Raquel... Sou muito grata pelos conselhos, companheirismo, ajuda, conversas, pesquisas, por todos os momentos de alegria, brincadeiras e pelos maravilhosos momentos compartilhados.

A Auryclennedy Calou, Marylia Sousa e Ana Nery, companheiras de jornada, sou muito grata pelos conselhos, companheirismo, ajuda, conversas, pesquisas, por todos os momentos de alegria, brincadeiras e pelos maravilhosos momentos compartilhados.

A meus amigos de graduação e companheiros de profissão Rafaela Felix, Daniele Melo e Franklin Correia que mesmo distantes, me apoiam e torcem por minhas conquistas e estiveram sempre ao meu lado.

Aos amigos e colegas do CZ que de alguma forma me ajudaram nessa etapa da minha vida: Jemima Lisboa, Marcela Nobre, Deise Castro, Inácia Moreira, Raphaela

Maceió, Regilane Feitosa, Antônio Jackson, Adelino Guimarães, João Paulo e Dyego Santos, muito obrigado a todos que direta ou indiretamente, ajudaram-me na realização deste estudo.

A todos os professores e funcionários do LAPP/UAEA/UFCEG, pelos ensinamentos e colaboração.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

A todos, o meu muito obrigado!

SUMÁRIO

| | |
|--|-------------|
| LISTA DE FIGURAS..... | v |
| LISTA DE TABELAS..... | viii |
| RESUMO..... | xii |
| ABSTRACT..... | xiii |
| 1 - INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 1.1 - Objetivos..... | 2 |
| 1.1.1 - Objetivo Geral..... | 2 |
| 1.1.2 - Objetivos Específicos..... | 2 |
| 2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1 - Quiabo..... | 4 |
| 2.2 - Secagem..... | 5 |
| 2.2.1 - Liofilização..... | 6 |
| 2.2.2 - Secagem convectiva..... | 8 |
| 2.2.2.1 - Cinética de secagem..... | 9 |
| 2.3 - Atividade de água..... | 10 |
| 2.3.1 - Isotermas de sorção de água..... | 11 |
| 2.4 - Armazenamento..... | 13 |
| 3 - MATERIAL E MÉTODOS..... | 16 |
| 3.1 - Matéria-prima..... | 16 |
| 3.2 - Processamento da matéria-prima..... | 16 |
| 3.3 - Caracterização física, química e físico-química dos quiabos <i>in natura</i> | 17 |
| 3.3.1 - Teor de água..... | 17 |
| 3.3.2 - Atividade de água..... | 18 |
| 3.3.3 - Acidez total titulável..... | 18 |
| 3.3.4 - pH..... | 18 |
| 3.3.5 - Sólidos solúveis totais (°Brix) | 18 |
| 3.3.6 - Cinzas..... | 18 |
| 3.3.7 - Lipídeos..... | 18 |
| 3.3.8 - Açúcares Totais..... | 18 |
| 3.3.9 - Açúcares Redutores..... | 19 |
| 3.3.10 - Ácido ascórbico..... | 19 |

| | |
|---|-----------|
| 3.3.11 - Proteínas..... | 19 |
| 3.3.12 - Cor..... | 19 |
| 3.3.13 - Pectina..... | 20 |
| 3.3.14 - Clorofilas e Carotenoides..... | 20 |
| 3.4 - Processos de produção dos pós de quiabo com e sem casca..... | 20 |
| 3.4.1 - Liofilização..... | 21 |
| 3.4.2 - Secagem convectiva..... | 21 |
| 3.4.2.1 - Cinética de secagem dos quiabos..... | 22 |
| 3.5 - Caracterização física, química e físico-química dos pós de quiabo com e sem casca..... | 23 |
| 3.5.1 - Isotermas de adsorção de água..... | 23 |
| 3.5.2 - Higroscopicidade..... | 25 |
| 3.5.3 - Solubilidade..... | 25 |
| 3.5.4 - Densidade aparente..... | 25 |
| 3.5.5 - Densidade compactada..... | 26 |
| 3.5.6 - Índice de Carr e Fator de Hausner..... | 26 |
| 3.5.7 - Molhabilidade..... | 27 |
| 3.6 - Armazenamento acelerado dos melhores pós de quiabo..... | 27 |
| 3.7 - Análise estatística dos dados..... | 28 |
| 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 29 |
| 4.1 - Caracterização química e físico-química do quiabo com e sem casca <i>in natura</i> | 29 |
| 4.2 - Cinética de Secagem..... | 34 |
| 4.2.1 - Cinética de secagem do quiabo com casca..... | 34 |
| 4.2.2 - Cinética de secagem do quiabo sem casca..... | 38 |
| 4.3 - Caracterização química, físico-química e física do quiabo com casca em pó obtido por liofilização e secagem convectiva..... | 42 |
| 4.4 - Caracterização química, físico-química e física do quiabo sem casca em pó obtido por liofilização e secagem convectiva..... | 53 |
| 4.5 - Isotermas de adsorção de água dos pós do quiabo liofilizado..... | 63 |
| 4.5.1 - Pó do quiabo liofilizado com casca..... | 63 |
| 4.5.2 - Pó do quiabo liofilizado sem Casca..... | 66 |

| | |
|--|-----|
| 4.6 - Isotermas de adsorção de água dos pós de quiabo obtidos na secagem convectiva..... | 69 |
| 4.6.1 - Pós de quiabo com casca..... | 69 |
| 4.6.2 - Pós de quiabo sem casca..... | 72 |
| 4.7 - Armazenamento dos pós de quiabo com casca selecionados..... | 75 |
| 4.7.1 - Armazenamento do pó liofilizado..... | 76 |
| 4.7.1.1 - Teor de água..... | 76 |
| 4.7.1.2 - Atividade de água..... | 77 |
| 4.7.1.3 - Acidez Total Titulável..... | 78 |
| 4.7.1.4 - pH..... | 79 |
| 4.7.1.5 - Ácido Ascórbico..... | 80 |
| 4.7.1.6 - Proteínas..... | 81 |
| 4.7.1.7 - Clorofila Total..... | 82 |
| 4.7.1.8 - Carotenoides..... | 83 |
| 4.7.1.9 - Solubilidade..... | 84 |
| 4.7.1.10 - Luminosidade (L*) | 85 |
| 4.7.1.11 - Intensidade de verde (-a*) e vermelho (+a*) | 86 |
| 4.7.1.12 - Intensidade de Amarelo (+b*) | 87 |
| 4.7.1.13 - Cromo (C*)..... | 88 |
| 4.7.1.14 - Ângulo de Tonalidade (h)..... | 89 |
| 4.7.1.15 - Densidade Aparente..... | 90 |
| 4.7.1.16 - Densidade Compactada..... | 90 |
| 4.7.1.17 - Índice de Carr..... | 91 |
| 4.7.1.18 - Fator de Hausner..... | 92 |
| 4.7.2 - Armazenamento do pó selecionado da secagem convectiva..... | 93 |
| 4.7.2.1 - Teor de água..... | 93 |
| 4.7.2.2 - Atividade de água..... | 94 |
| 4.7.2.3 - Acidez Total Titulável..... | 96 |
| 4.7.2.4 - pH..... | 97 |
| 4.7.2.5 - Ácido Ascórbico..... | 98 |
| 4.7.2.6 - Proteínas..... | 99 |
| 4.7.2.7 - Clorofila Total..... | 99 |
| 4.7.2.8 - Carotenoides..... | 100 |

| | |
|---|------------|
| 4.7.2.9 - Solubilidade..... | 102 |
| 4.7.2.10 - Luminosidade (L*) | 103 |
| 4.7.2.11 - Intensidade de verde (-a*) e vermelho (+a*)..... | 104 |
| 4.7.2.12 - Intensidade de Amarelo (+b*)..... | 104 |
| 4.7.2.13 - Croma (C*)..... | 106 |
| 4.7.2.14 - Ângulo de Tonalidade (h)..... | 106 |
| 4.7.2.15 - Densidade Aparente..... | 107 |
| 4.7.2.16 - Densidade Compactada..... | 108 |
| 4.7.2.17 - Índice de Carr..... | 109 |
| 4.7.2.18 - Fator de Hausner..... | 110 |
| 5 - CONCLUSÕES..... | 112 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 114 |
| APÊNDICE A..... | 145 |
| APÊNDICE B..... | 149 |
| APÊNDICE C..... | 153 |
| APÊNDICE D..... | 155 |
| APÊNDICE E..... | 157 |
| APÊNDICE F..... | 159 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----|
| Figura 2.1 – Classificação dos quiabos da espécie <i>A. esculentus</i> | 4 |
| Figura 2.2 – Classificação dos tipos de isotermas..... | 12 |
| Figura 3.1 – Quiabos quinados do subgrupo verde da variedade Santa Cruz..... | 16 |
| Figura 3.2 – Quiabos descascados (A); Quiabos descascados em fatias (B)..... | 17 |
| Figura 3.3 – Quiabos com casca cortados em fatias..... | 17 |
| Figura 3.4 – Fluxograma do processamento para obtenção dos pós do quiabo com e sem casca..... | 21 |
| Figura 4.1 - Curvas de cinética de secagem do quiabo com casca, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C..... | 34 |
| Figura 4.2 - Curvas de cinética de secagem do quiabo com casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C ajustadas pelo modelo de Midilli..... | 37 |
| Figura 4.3 - Curvas de cinética do quiabo sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C..... | 38 |
| Figura 4.4 - Curvas de cinética de secagem do quiabo sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C ajustadas pelo modelo de Midilli..... | 42 |
| Figura 4.5 – Isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado com casca com ajustes pelo modelo de Peleg..... | 66 |
| Figura 4.6 – Isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado sem casca com ajustes pelo modelo de GAB..... | 69 |
| Figura 4.7 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós de quiabo com casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes com o modelo de GAB..... | 72 |
| Figura 4.8 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C, dos pós de quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes com o modelo de GAB..... | 75 |
| Figura A.1 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Aproximação da Difusão..... | 146 |
| Figura A.2 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Henderson e Pabis..... | 146 |
| Figura A.3 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Logarítmico..... | 147 |

| | |
|---|-----|
| Figura A.4 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Newton..... | 147 |
| Figura A.5 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Page..... | 148 |
| Figura A.6 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Thompson..... | 148 |
| Figura B.1 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Aproximação da Difusão..... | 150 |
| Figura B.2 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Hendersn e Pabis..... | 150 |
| Figura B.3 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Logarítmico..... | 151 |
| Figura B.4 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Newton..... | 151 |
| Figura B.5 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Page..... | 152 |
| Figura B.6 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Thompson..... | 152 |
| Figura C.1 – Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C do pó do quiabo com casca liofilizado com ajustes pelo modelo de Oswin..... | 154 |
| Figura C.2 – Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C do pó do quiabo com casca liofilizado com ajustes pelo modelode GAB..... | 154 |
| Figura D.1 – Isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó do quiabo sem casca liofilizado com ajustes pelo modelo de Peleg..... | 156 |
| Figura D.2 – Isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó do quiabo sem casca liofilizado com ajustes pelo modelo de Oswin..... | 156 |
| Figura E.1 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Oswin..... | 158 |
| Figura E.2 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Peleg..... | 158 |

| | |
|---|-----|
| Figura F.1 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Oswin..... | 160 |
| Figura F.2 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Peleg..... | 160 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 3.1 - Modelos matemáticos utilizados para estimar as curvas de cinética de secagem dos quiabos com e sem casca..... | 22 |
| Tabela 4.1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros avaliados no quiabo (<i>Abelmoschus esculentus</i> (L.) Moench) <i>in natura</i> com e sem casca..... | 29 |
| Tabela 4.2 - Parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem do quiabo com casca..... | 36 |
| Tabela 4.3 - Parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem do quiabo sem casca..... | 40 |
| Tabela 4.4 - Valores médios e desvios padrão das análises química e físico-química avaliadas no pó do quiabo com casca obtidos por liofilização e secagem convectiva..... | 43 |
| Tabela 4.5 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos avaliadas no pó do quiabo com casca obtidos por liofilização e secagem convectiva..... | 49 |
| Tabela 4.6 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos avaliados nos pós do quiabo sem casca obtidos por liofilização e secagem convectiva..... | 54 |
| Tabela 4.7 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos avaliados nos pós do quiabo sem casca obtidos por liofilização e secagem convectiva..... | 59 |
| Tabela 4.8 - Parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado com casca..... | 64 |
| Tabela 4.9 - Parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado sem casca..... | 67 |
| Tabela 4.10 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, do pó do quiabo com casca obtido por secagem convectiva sob diferentes temperaturas de secagem..... | 70 |

| | |
|---|----|
| Tabela 4.11 - Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós do quiabo sem casca obtido por secagem conectiva sob diferentes temperaturas..... | 73 |
| Tabela 4.12 - Teor de água (% b.u.) do pó do quiabo com casca liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 76 |
| Tabela 4.13 - Atividade de água do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 77 |
| Tabela 4.14 - Acidez total titulável (% ácido cítrico) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 78 |
| Tabela 4.15 - pH do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 79 |
| Tabela 4.16 - Ácido ascórbico (mg/100 g) pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 80 |
| Tabela 4.17 - Proteínas (%) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 81 |
| Tabela 4.18 - Clorofila total ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 82 |
| Tabela 4.19 - Carotenoides ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 83 |
| Tabela 4.20 - Solubilidade (%) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 84 |
| Tabela 4.21 - Luminosidade (L^*) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 85 |
| Tabela 4.22 - Intensidade de verde ($-a^*$) ou vermelho ($+a^*$) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 86 |
| Tabela 4.23 - Intensidade de amarelo ($+b^*$) pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 87 |
| Tabela 4.24 - Croma (C^*) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 88 |

| | |
|---|-----|
| Tabela 4.25 - Ângulo de tonalidade (°) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 89 |
| Tabela 4.26 - Densidade aparente (g/cm ³) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 90 |
| Tabela 4.27 - Densidade compactada (g/cm ³) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%..... | 91 |
| Tabela 4.28 - Índice de Carr (IC) (%) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 92 |
| Tabela 4.29 - Fator de Hausner do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83% | 93 |
| Tabela 4.30 - Teor de água (% b.u.) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante armazenamento por 60 dias em temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 94 |
| Tabela 4.31 - Atividade de água (a _w) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 95 |
| Tabela 4.32 - Acidez total titulável (% ácido cítrico) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 96 |
| Tabela 4.33 - pH do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 97 |
| Tabela 4.34 - Ácido ascórbico (mg/100 g) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 98 |
| Tabela 4.35 - Proteínas (%) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 99 |
| Tabela 4.36 - Clorofila total (µg/g) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 100 |

| | |
|--|-----|
| Tabela 4.37 - Carotenoides ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 101 |
| Tabela 4.38 - Solubilidade (%) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 102 |
| Tabela 4.39 - Luminosidade (L^*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 103 |
| Tabela 4.40 - Intensidade de verde ($-a^*$) e vermelho ($+a^*$) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 104 |
| Tabela 4.41 - Intensidade de amarelo ($+b^*$) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 105 |
| Tabela 4.42 - Croma (C^*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 106 |
| Tabela 4.43 - Ângulo de tonalidade ($^\circ$) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 107 |
| Tabela 4.44 - Densidade aparente (g/cm^3) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 108 |
| Tabela 4.45 - Densidade compactada (g/cm^3) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 109 |
| Tabela 4.46 - Índice de Carr (%) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 110 |
| Tabela 4.47 - Fator de Hausner do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%..... | 111 |

SANTOS, F. S. **Liofilização e secagem convectiva de quiabo**. 2018. 160 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.

RESUMO

O quiabo é uma hortaliça que se destaca agronomicamente por apresentar ciclo vegetativo rápido de alto rendimento, além de considerável valor alimentício e nutritivo. Em razão da sua composição e de ser consumido ainda verde e tenro, a sua vida útil é bastante curta. Logo, objetivou-se neste trabalho desidratar o quiabo com e sem casca, utilizando os processos de liofilização e secagem convectiva, avaliar o produto em pó obtido e o *in natura* quanto às suas características físicas, químicas e físico-químicas, verificar a estabilidade do pó durante o teste acelerado de vida-de-prateleira em condições controladas de temperatura e umidade relativa além de determinar as isotermas de adsorção de água. Para a liofilização os quiabos com e sem casca, foram cortados em fatias de aproximadamente 2 mm, congelados a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h e liofilizado por um período de 72 h. Para a secagem convectiva, os quiabos com e sem casca com a mesma espessura (2 mm) foram submetidos à secagem em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ e ajustados os modelos matemáticos de Aproximação da Difusão, Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli, Newton, Page e Thompson. O quiabo com e sem casca *in natura* apresentaram elevado teor de água e atividade de água e baixa acidez, destacando-se o quiabo com casca em relação ao teor de lipídeos, clorofilas e carotenoides totais e o sem casca em relação ao teor de pectina. Quanto a cinética de secagem convectiva, observou-se que houve a redução do tempo de secagem com a elevação da temperatura e o modelo de Midilli foi o que proporcionou os melhores ajustes aos dados experimentais de ambos os materiais. Nos pós obtidos nos dois processos de secagem, houve a concentração do teor de ácido ascórbico, açúcares, pectina, proteínas, clorofilas e carotenoides destacando-se o pó liofilizado, apresentando também alta higroscopicidade e baixa solubilidade. As isotermas de adsorção de água dos pós foram classificadas como Tipo II e III. Durante o armazenamento do pó observou-se que a embalagem não foi eficiente para manter sua estabilidade uma vez que, durante o acondicionamento, houve um aumento gradativo do teor de água e da atividade de água, degradação do ácido ascórbico, das clorofilas e carotenoides e degradação das proteínas no pó liofilizado, onde as mesmas mantiveram-se estáveis no pó armazenado obtido por secagem convectiva.

Palavras-chave: *Abelmoschus esculentus*, desidratação, produto em pó, armazenamento.

SANTOS, F. S. **Freeze-drying and convective drying of the okra**. 2018. 160 p. Dissertation (Master's degree in Agricultural engineering) Federal University of Campina Grande, Campina Grande, 2018.

ABSTRACT

The okra is a vegetable that stands out agronomically because it presents fast vegetative cycle of high return, besides considerable food and nutritive value. Due to its composition and to being consumed still green and tender, its shelf life is quite short. Therefore, the objective of this work was to dehydrate the okra with and without peel, using the freeze-drying and convective drying processes, evaluate the obtained powder product and the in natura in relation to its physical, chemical and physicochemical characteristics, verify the stability of the powder during the accelerated shelf-life test under controlled conditions of temperature and relative humidity in addition to determining the water adsorption isotherms. For freeze-drying the shelled and unshelled okra were cut into slices of approximately 2 mm, frozen at -18 °C for 48 h and freeze-dried for a period of 72 h. For convective drying, oak and peeled oats with the same thickness (2 mm) were submitted to oven drying with forced air circulation at temperatures of 50, 60, 70 and 80 °C, and fitted the mathematical models of Approximation Diffusion, Henderson and Pabis, Logarithmic, Midilli, Newton, Page and Thompson. The shelled and unshelled okra showed high moisture content and moisture activity and low acidity, with emphasis on okra with peel in relation to the content of lipids, chlorophylls and total carotenoids and the shelled in relation to the pectin content. As for the kinetics of convective drying, it was observed that the drying time was reduced with the elevation of the temperature and the Midilli model was the one that provided the best adjustments to the experimental data of both materials. In the powders obtained in the two drying processes, the concentration of ascorbic acid, sugars, pectin, proteins, chlorophylls, and carotenoids was observed, highlighting the freeze-dried powder, also presenting high hygroscopicity and low solubility. The moisture adsorption isotherms of the powders were classified as Type II and III. During storage of the powder it was observed that the packaging was not efficient to maintain its stability since, during the packaging, there was a gradual increase in moisture content and water activity, degradation of ascorbic acid, chlorophylls and carotenoids and degradation of the proteins in freeze-dried powder, where they remained stable in the stored powder obtained by convective drying.

Keywords: *Abelmoschus esculentus*, dehydration, powdered product, storage.

1 - INTRODUÇÃO

O quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench), pertencente à família da Malvaceae é uma planta nativa da África e vem sendo incluída na dieta em várias partes do mundo (LENGSFELD et al., 2004; SANTOS-CIVIDANES et al., 2011). Com importância comercial e expansão de cultivo em praticamente todas as áreas tropicais e subtropicais, destaca-se por apresentar ciclo vegetativo rápido, de alto rendimento, com baixos custos de produção, alto valor alimentício e nutritivo (NASCIMENTO, 2015; JESUS et al., 2014). É conhecido por diferentes denominações, como: okra, abelmosco, guingombô, kingombó, quiabeiro, quiabeiro-chifre-de-veado e quiabeiro comum (BENCHASRI, 2012; JAIN et al., 2012).

No Brasil, o quiabo foi introduzido com o comércio de escravos e se espalhou para todas as regiões do país, especialmente nas regiões Nordeste e Sudeste, por possuir um clima bastante favorável para o seu desenvolvimento (JAIN et al., 2012; ZHENG et al., 2014). São consumidos ainda imaturos, isoladamente ou em combinação com legumes em diferentes preparações (AGBO et al., 2008). O fruto fresco é fonte de fibras, proteínas, vitaminas A e C, cálcio, ferro, niacina, além de possuir propriedades medicinais. As sementes são boas fontes de óleo, proteínas, gorduras, fibras e açúcares (FAN et al., 2014; MOTA et al., 2006; SANTOS-CIVIDANES et al., 2011). É uma rica fonte de mucilagem, apresentando considerável teor de pectina e lignina (KPODO et al. 2017).

Assim como as demais hortaliças, o quiabo é um produto altamente perecível, com vida pós-colheita muito curta. A sua forma de comercialização tradicional normalmente é *in natura*. Nesse caso, o fruto é exposto na maioria das vezes, em bancas não refrigeradas, o que reduz sua qualidade e tempo de vida útil (GALVÃO et al., 2011). O fruto do quiabeiro é colhido quando está parcialmente desenvolvido e fisiologicamente imaturo, e quando ultrapassa esse estágio tornam-se endurecidos e fibrosos, perdendo a aceitabilidade comercial.

A fim de ampliar a oferta e o consumo do quiabo, deve-se considerar a aplicação de métodos de conservação, que além de estender a vida útil agregam valor à matéria-prima. Dentre estes, a secagem é uma das técnicas de preservação mais empregadas em produtos agrícolas, apresentando-se como uma boa alternativa para manter a qualidade pós-colheita do quiabo. Trata-se de um processo de preservação no qual o teor de água é reduzido a um nível que o produto torna-se quimicamente estável, evitando assim a deterioração

microbiana e reações bioquímicas que afetam a qualidade do produto, como também desperdícios e perdas pós-colheita (VILLAMIEL et al., 2013; PRAKASH et al., 2004).

Uma variedade de técnicas de secagem está disponível para uso na escala industrial. De acordo com Chopda e Barrett (2001) dois dos principais métodos mais utilizados e bem sucedidos para a secagem de frutas e vegetais são a secagem convectiva e a liofilização. A secagem convectiva é a técnica mais comum de desidratação utilizada na indústria de alimentos, consistindo na desidratação por ar aquecido, que oferece vantagens como baixo custo e baixa complexidade. A liofilização compreende um processo de secagem no qual uma amostra é previamente congelada e então a quantidade de água é reduzida por sublimação e posteriormente por dessorção, passando pelos processos de congelamento inicial, secagem primária e secagem secundária (MARQUES et al., 2009). Segundo Vieira et al. (2012) os alimentos liofilizados são produtos com alto valor agregado por reter grande parte de seus nutrientes originais, uma vez que empregam baixas temperaturas em seu processamento, mostrando-se eficiente, comparado a outros meios de desidratação.

A literatura especializada não apresenta estudos que tratem da secagem de quiabos em secadores convectivos, e do quiabo na forma integral por liofilização, nem tão pouco o efeito da temperatura na concentração de suas propriedades físico-químicas. Logo o processamento dos quiabos através do processo de secagem, é de grande importância para a comunidade científica, pois além da obtenção de um novo produto rico em nutrientes, ainda disponibilizará no mercado mais uma opção de matéria-prima que poderá ser utilizada na formulação de diversos alimentos.

1.1 - Objetivos

1.1.1 - Objetivo geral

Estudar a transformação do quiabo com e sem casca em um produto em pó, utilizando os processos de liofilização e secagem convectiva.

1.1.2 - Objetivos específicos

- Determinar as características químicas e físico-químicas do quiabo com e sem casca *in natura*.

Liofilização

- Liofilizar o quiabo com e sem casca e caracterizar os pós quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Determinar as isotermas de adsorção de água das amostras em pó nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C;
- Selecionar o melhor pó e avaliar a sua estabilidade acondicionado em embalagens laminadas durante 60 dias de armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Secagem convectiva

- Realizar o estudo da cinética de secagem do quiabo com e sem casca em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C e ajustar diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais;
- Avaliar os pós de quiabo quanto os parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Avaliar o comportamento higroscópico através das isotermas de adsorção de água dos pós de quiabo com e sem casca na temperatura de 25 °C;
- Selecionar o melhor pó e avaliar a sua estabilidade acondicionado em embalagens laminadas durante 60 dias de armazenamento em condições controladas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 - Quiabo

Botanicamente denominado de *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench anteriormente conhecido como *Hibiscus esculentus* (L.), o quiabo pertencente à família *Malvaceae* (JESUS et al., 2008). De origem africana, está amplamente distribuído em várias partes do mundo, sendo atualmente cultivado em várias regiões tropicais, subtropicais e regiões temperadas por conter frutos comestíveis saborosos e ricos em nutrientes (ZHENG et al., 2014).

Apresenta características desejáveis para a produção como, ciclo vegetativo rápido, fácil crescimento e de alto rendimento, além do custo de produção economicamente viável, resistência a pragas e alto valor nutritivo (MOTA et al., 2005; JESUS et al., 2014). Os frutos devem ser consumidos verdes e tenros, obtendo-se a máxima qualidade, diferindo-se de muitas outras hortaliças em que os frutos são consumidos quando atingem seu máximo desenvolvimento fisiológico ou em estágios próximos. Com o crescimento e desenvolvimento dos frutos, o teor de fibra aumenta, tornando-os inadequados para o consumo (BAZÁN, 2006).

Segundo a classificação da CEAGESP (2001) o quiabo é dividido em dois grupos (Figura 2.1): cilíndricos, com a parte externa dos frutos lisa; ou quinados com a parte externa composta de cinco saliências; e subdivididos quanto à coloração (verde ou roxo).



Figura 2.1 – Classificação dos quiabos da espécie *A. esculentus* Fonte: CEAGESP (2001)

O quiabo é um alimento de fundamental importância, tendo importantes componentes nutricionais como vitaminas, minerais, açúcares solúveis, amido, fibras, hemicelulose e lignina. Embora não seja uma fonte rica em carboidratos, o fruto fresco oferece à nutrição humana, proteínas e vitamina A, B1 e C, assim como cálcio e ferro. (MOTA et al., 2006; JARRET et al., 2011; MOTA, 2008; SABITHA et al., 2012). Além da pectina e lignina responsável pela textura viscosa dos frutos (KPODO et al. 2017). Segundo a TACO (2011), o quiabo apresenta poucas calorias (30 kcal/100 g), alto teor de água 90,6%, proteínas (1,90 g/100 g), vitamina C (5,60 mg/100 g) e potássio (249 mg/100 g). As sementes podem servir como fonte alternativa de proteínas, gorduras, fibras e açúcares. O quiabo imaturo é rico em compostos flavonoides que têm atividade antioxidante (FAN et al., 2014).

Como a sua comercialização é feita geralmente na forma *in natura*, e é constituído por aproximadamente 90% de água do total da sua massa fresca, um dos problemas na conservação deste produto é que ele é uma hortaliça perecível com um período de conservação pós-colheita extremamente curto (MOTA et al., 2006). Alguns trabalhos têm sido realizados em relação a determinação das propriedades físico-químicas do quiabo, a extração e caracterização de pectina e quantificação e caracterização estrutural dos seus polissacarídeos (AKAR e AYDIN, 2005; MOTA et al., 2005; SOUSA et al., 2015; LIU et al., 2018).

2.2 - Secagem

A secagem é uma operação unitária da retirada de água de um produto por evaporação ou sublimação, mediante aplicação de calor em condições controladas, que faz decrescer sua atividade de água permitindo assim, minimizar a deterioração causada pelas reações microbiológicas e enzimáticas (KAJIYAMA e PARK, 2010), ocorrendo a transferência de calor, através da vaporização do líquido e transferência de massa do líquido ou vapor presente no interior do material para a atmosfera na forma de vapor (FELLOWS, 2006). Com a secagem, o produto obtido tem armazenamento prolongado com maior estabilidade e vida útil, podendo o consumidor ter acesso ao mesmo durante o ano todo e não apenas no período de safra da fruta (MARQUES et al., 2009).

Os processos de secagem são distintos e classificados em natural e artificial. No primeiro, é utilizada a energia solar e/ou eólica enquanto, no segundo, ocorre o emprego de energia térmica e mecânica (secagem convectiva, desidratação osmótica, liofilização,

secagem por aspersão, secagem em camada de espuma, leito de jorro, entre outros.) (SANTOS et al., 2010a). Apesar do gasto energético, os métodos artificiais possibilitam um controle eficaz de todo processo, permitindo um rigor de qualidade padrão e previsão da produção, enquanto a secagem natural é dependente das condições climáticas, estando suscetível à interrupções não programadas, podendo a secagem artificial ser aplicada aos mais diversos materiais como frutas, vegetais e biomassas (SANTOS et al., 2013).

A secagem diminui a disponibilidade de água livre desfavorecendo o desenvolvimento de micro-organismos; além disto, a alteração no sabor e a textura provocada pelo processo podem, em alguns casos, ter efeito positivo para a diferenciação e concepção de novos produtos. Entre as diversas formas de desidratação de um alimento, as mais usadas têm, como princípio, a circulação de ar aquecido pela superfície do produto (CARRAZZA e ÁVILA, 2010).

O controle da secagem depende das condições internas de transferência de massa, e os limites da temperatura do ar de secagem são determinados em função da sensibilidade dos princípios ativos do produto e conservação das características sensoriais e tecnológicas (MACHADO et al., 2012). Segundo Gaspareto (2005) a escolha do método mais adequado de secagem é determinado pela natureza do produto, forma e qualidade que se deseja atribuir ao produto processado, além do valor econômico e condições de operação.

2.2.1 - Liofilização

A liofilização é uma técnica de secagem que retira a água contida no material através do congelamento da parte líquida e posterior sublimação do gelo (GAVA et al., 2009). Ela é considerada o melhor entre os métodos de secagem em termos de rendimento e qualidade do produto final, uma vez que a baixa temperatura mantida durante todo o processo, evita alteração das propriedades químicas, sensoriais e nutritivas dos alimentos (AZEREDO, 2012). Por trabalhar com baixas temperaturas e a vácuo, este processo é recomendado para produtos termosensíveis, biológicos, farmacêuticos, alimentícios e produtos químicos, gerando produtos de qualidade superior quando comparado às outras técnicas de secagem (AZEVEDO, 2004).

De acordo com Souza et al. (2011) a técnica de liofilização consiste em três estágios principais: Estágio 1 - Congelamento, onde o produto a ser liofilizado é congelado a baixas temperaturas, geralmente menores que -18 °C; Estágio 2 - Secagem primária consiste na fase em que a água congelada é removida por sublimação e para que isto ocorra

o material congelado deve permanecer a uma temperatura inferior a $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a uma pressão absoluta de 2 mmHg ou menos; nesta etapa são removidos cerca de 90% do teor de água inicial do produto; Estágio 3 - Secagem secundária consiste na retirada da água que está ligada à estrutura do material quando não existe mais água na forma de gelo. Nesse caso, ocorre em menor velocidade que a sublimação, uma vez que o teor de água é menor e esta água não está livre (5 a 10% do total de água do material).

Oliveira et al. (2012) ao avaliarem a prospecção tecnologia do processo de liofilização na indústria de alimentos afirmaram que o emprego desta técnica se trata de uma área promissora, com número crescente de depósitos de patentes e ressaltam ainda, que na área alimentícia, o emprego deste processo se encontra bastante correlacionado com o preparo e o tratamento de alimentos e gêneros alimentícios.

Ayala et al. (2010) avaliaram o efeito da liofilização em fatias de pitaya amarela (*Selenicereus megalanthus*) com e sem desidratação osmótica, avaliando a atividade de água, rendimento, porosidade e capacidade de reidratação das fatias após o processo de liofilização, verificando que a liofilização é um método apropriado para a preservação das fatias de pitaya, uma vez que possibilita reduzir a atividade de água, com considerável rendimento, aumento da porosidade e permitindo a reidratação aproximada do seu teor inicial de umidade. Quanto ao pré-tratamento osmótico, os resultados não foram significativos, uma vez que não influenciou significativamente na perda de água, conseqüentemente, não reduziu o tempo de secagem, obtendo-se frutos com baixa capacidade de reidratação e alto encolhimento.

Santos et al. (2014) estudaram as características físico-químicas de extrato aquoso e liofilizado de capim-limão (*Cymbopogon citratus* D.C.), chá verde (*Camellia sinensis* L.) e hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.), avaliando o teor de sólidos solúveis, acidez titulável, pH, atividade de água e solubilidade em água. Os resultados obtidos revelaram a importância do processo de liofilização nas amostras, uma vez que houve um aumento e concentração da qualidade físico-química dos chás sem que houvesse danos na sua qualidade sensorial.

Duarte et al. (2017) avaliaram a influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do cerrado (marolo e cagaita), a polpa dos frutos foram desidratados da forma integral sem adição de aditivos, por um período de 48 h, verificando-se que os parâmetros físico-químicos não foram influenciados pelo processo, contudo, observou-se uma perda de aproximadamente 40% de carotenoides totais para a cagaita liofilizada em relação à polpa *in natura* e uma alta higroscopicidade dos pós, havendo a necessidade da ampliação dos estudos visando minimiza-las, sendo indicado o uso de aditivos.

2.2.2 - Secagem convectiva

A técnica mais comum de desidratação utilizada na indústria de alimentos é a secagem convectiva por ar aquecido, compreendendo um processo de preservação no qual o teor de água é reduzido a um nível em que o produto torna-se quimicamente estável e oferece vantagens como baixo custo, baixa complexidade e um produto seco mais uniforme (GARCIA-NOGUEIRA et al., 2012; VILLAMIEL et al., 2013; PRAKASH et al., 2004).

A secagem convectiva é a forma de secagem mais comum e mais facilmente implantada, e baseia-se no contato de um produto úmido com ar aquecido (NASCIMENTO et al., 2015a). Este tipo de secagem, muitas vezes, está associado à perda de qualidade de um produto alimentício, pelo longo período de contato do produto com o ar a alta temperatura, havendo a necessidade da avaliação da temperatura aplicada ao mesmo.

O estudo da secagem de alimentos é bastante complexo, por requerer representações para a predição dos fenômenos e acompanhamento do equilíbrio higroscópico do material. A quantidade de ar a ser utilizada para a secagem depende de vários fatores, entre os quais, destacam-se a umidade inicial do produto e a espessura da camada; portanto, a eficiência do processo de secagem depende das propriedades do alimento, das propriedades do ar de secagem, como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem (PARK et al., 2001; ALMEIDA et al., 2006). Todavia, cada produto biológico submetido a secagem, independentemente do método aplicado, comporta-se de forma diferente pelo fato dos alimentos não possuírem a mesma composição físico-química, estrutural, ligações químicas e nutrientes (MARTIN, 2013).

Pires et al. (2014) secaram banana Pacovan verde em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50 a 70 °C e espessura das fatias de 5,0; 7,5 e 10,0 mm e observaram que a temperatura é o principal fator que afeta o processo, com taxa de secagem aumentando com a diminuição da espessura da banana, concluindo que a técnica de secagem convectiva é viável para a desidratação do produto.

Costa et al. (2016) estudaram a modelagem matemática e a determinação das propriedades termodinâmicas da casca de jabuticaba durante o processo de secagem convectiva, realizada em estufa de circulação de ar forçado com um fluxo de 5,6 m/s e de temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C, esses autores observaram que a constante de secagem

aumentou com o incremento da temperatura de secagem e promoveu uma maior energia de ativação, e a energia livre diminuiu com o aumento da temperatura de desidratação.

Araújo et al. (2017) avaliaram as características físico-químicas de farinhas de resíduos de frutas tropicais (abacaxi, banana, melão e laranja), secas em estufa de circulação a ar na temperatura de 60 °C e obtiveram o equilíbrio higroscópico dos materiais em tempos de 60, 80, 100 e 100 min para as cascas de laranja, banana, melão e abacaxi, verificando-se que o teor de água e a atividade de água diminuíram após a secagem, os sólidos solúveis totais das farinhas concentraram, e ambos, apresentaram baixa acidez, fatores essenciais para o seu armazenamento, concluindo-se que o processo de secagem viabiliza o aproveitamento do resíduo e de seu valor nutricional.

2.2.2.1 - Cinética de secagem

A partir dos dados da secagem, é possível construir curvas características de cada produto chamada de cinética de secagem, as quais representam a diminuição do teor de água do produto durante o processo. Esta curva é obtida pesando-se o produto durante a secagem em determinada condição. O conteúdo de umidade do produto é expresso em base seca em relação à evolução do tempo de secagem (PARK et al., 2001).

A cinética pode ser calculada por diferentes métodos, dependendo do período de secagem considerado. No período de secagem a taxa constante, a transferência de calor e massa na interface ar-produto governa a secagem e fixa sua velocidade, enquanto no período a taxa decrescente, as transferências internas é que são limitantes (MELO et al., 2008). Segundo Cano-Chauca et al. (2004) as curvas de secagem podem auxiliar na escolha do tempo de secagem para a obtenção do produto com a umidade requerida, obtendo assim um produto de boa qualidade. Quando o produto atinge o ponto de umidade de equilíbrio em relação ao ar de secagem, o processo é encerrado (PARK et al., 2004).

Uma das formas mais eficientes de se analisar o processo de secagem de um determinado produto, baseia-se no desenvolvimento de modelos matemáticos para descrição do fenômeno físico, ou seja, no emprego da simulação. Diversos modelos teóricos, semi-empíricos e empíricos de simulação do processo de secagem têm sido empregados no projeto de novos sistemas de secagem e na otimização dos já existentes, ou ainda, no controle do processo (WHUAGHON e PENA, 2008).

Guiné et al. (2016) avaliaram a cinética de secagem e a evolução das propriedades termofísicas (calor específico, coeficiente de condutividade, difusividade, entalpia, calor e

transferência de massa) da cenoura ao longo da secagem por convecção nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. Os dados experimentais foram ajustados aos modelos de Page, logarítmico e Henderson e Pabis, verificando-se que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais com menor desvio quadrado médio (DQM) e maior coeficiente de determinação (R^2) em todas as temperaturas estudadas, e que, as propriedades termofísicas apresentaram declínio durante o processo de secagem, havendo uma diminuição mais rápida para a temperatura de 70 °C.

Santos et al. (2016) avaliaram a cinética de secagem em camada fina (4, 5, e 6 mm) do fruto da palma (*Opuntia ficus indica*) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C em estufa com circulação forçada de ar, empregando os modelos matemáticos de Aproximação da difusão, Logarítmico, Midilli e Page, utilizando como critério de avaliação o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM). Mediante os resultados obtidos, observou-se que o aumento da temperatura diminuiu o tempo de secagem do fruto, e, dentre os modelos aplicados, o Logarítmico apresentou os maiores valores de R^2 e os menores valores de DQM para a faixa de temperatura e espessura estudadas.

Sousa et al. (2017) estudaram a cinética de secagem da polpa de pequi por secagem convectiva em diferentes condições de temperatura (50 a 80 °C) espessura (0,5 a 1,5 cm) com velocidade do ar de 1,0 m/s, sem adição de adjuvante, avaliando-se o comportamento dos dados experimentais através dos modelos de Midilli, Page, Henderson e Pabis e Newton, e a difusividade efetiva. Verificou-se que, com o aumento da espessura, o tempo de secagem aumentou e, com o aumento da temperatura, reduziu-se o tempo de secagem. O modelo de Midilli apresentou o melhor ajuste para os dados experimentais da secagem em todas as temperaturas e espessuras, e, houve uma tendência de aumento da difusividade efetiva com o aumento da espessura e temperatura da camada de polpa.

2.3 - Atividade de água

A atividade de água é um dos parâmetros mais importantes no estudo dos alimentos, por estar relacionada com a quantidade de água disponível para as reações físicas, químicas bioquímicas e o crescimento microbiológico (STAUDT et al., 2013). É um fator que influencia diretamente nas características dos alimentos e na sua estabilidade, indicando se há possibilidade de crescimento microbiano (KIRCHHOF et al., 2008; ALCÂNTARA et al., 2009).

A estabilidade física, química e microbiológica dos alimentos depende substancialmente do teor de água e de sua interação com os outros componentes do alimento (SABLANI et al., 2007). O valor absoluto da atividade de água dá uma indicação segura do conteúdo de água livre do alimento, sendo esta a única forma de água utilizada por parte dos micro-organismos.

A estabilidade e a segurança de um alimento, além de outras propriedades, são mais previsíveis pela medida da atividade de água do que pelo teor de água. A determinação da atividade de água não fornece uma estimativa real; entretanto, correlaciona-se suficientemente bem com as velocidades de crescimento microbiano e de outras reações de deterioração, sendo um indicador útil quanto à estabilidade de um produto e sua segurança microbiológica (RIBEIRO e SERAVALLI, 2004).

Segundo Franco e Landgraf (2005) a atividade de água é limitante para o crescimento de determinados micro-organismos, dependendo ainda de outros fatores intrínsecos como pH, potencial de oxidorredução, entre outros, que podem agir simultaneamente. Quando esses fatores provocam um afastamento das condições ótimas para a multiplicação de determinado micro-organismo, mais alto será o valor da atividade de água necessária.

A maioria das bactérias se desenvolve em atividade de água mínima de 0,910-0,880; as leveduras, em torno de 0,880 e os bolores, no valor de 0,800. A possibilidade de alteração microbiana em alimentos acaba naqueles que apresentam atividade de água abaixo de 0,600, embora isto não signifique a destruição dos micro-organismos (HOFFMANN, 2001).

2.3.1 - Isotermas de sorção de água

A representação gráfica da relação entre a atividade de água e o teor de água de equilíbrio de um alimento, a temperatura constante, fornece as curvas de teor de água de equilíbrio ou isotermas de sorção de água. Compreende as curvas que representam a relação entre o teor de água de equilíbrio e a atividade de água (a_w) de um produto a temperatura constante. São conhecidas como isotermas de sorção de água, em razão dessas curvas serem levantadas em temperatura constante (DITCHFIELD, 2000).

As isotermas de sorção de água é uma ferramenta relevante para prever as interações entre a água e os componentes dos alimentos e fornece informações úteis para as operações de processamento, como secagem, embalagem e estabilidade durante a vida útil

dos alimentos, a qual é bastante significativa, para produtos em pó (LOMAURO et al., 1985). Uma isoterma de sorção pode ser obtida em duas direções: durante a hidratação do material (adsorção) ou durante a secagem (dessorção) (TONELI, 2006).

Cada produto tem sua isoterma de sorção própria e única, devido as diferentes interações (coligativa, capilaridade, e efeito de superfície) entre a água e os componentes sólidos com diferentes teor de umidade, diferença na composição química, estado físico químico dos ingredientes e estrutura física que influenciam no formato da isoterma, sendo classificada em cinco tipos (BRUNAUER et al., 1940).



Figura 2.2 – Classificação dos tipos de isotermas Fonte: Brunauer et al. (1940)

As isotermas podem ser estimadas através da utilização de modelos matemáticos cuja vantagem reside no fato de que, com poucos pontos experimentais, pode-se construir uma isoterma que, por outro lado, é passível de ser facilmente interpolada ou extrapolada para obtenção de pontos nas regiões de baixa e alta atividade de água (PENA et al., 1996).

De acordo com Gabas et al. (2007) o critério usado para selecionar o modelo de sorção mais apropriado é o grau de ajuste aos dados experimentais. Modelos como o de GAB (Guggenheim-Anderson-de Boer), BET, Oswin e Peleg, são bastante utilizados na representação das isotermas de produtos alimentícios.

Costa et al. (2013) determinaram as isotermas de sorção dos frutos de crambe nas temperatura de 25, 30, 35 e 40 °C e obtiveram os valores do calor isostérico de dessorção, avaliando vários ajustes matemáticos, verificando-se que os modelos de Copace e Oswin modificados foram os que melhor representaram a higroscopicidade dos frutos, e que o calor isotérico aumentou com a diminuição do teor de água de equilíbrio sendo necessário uma maior quantidade de energia para retirar a água dos frutos.

Lins et al. (2017) estudaram o comportamento higroscópico do pó da seriguela obtido por secagem em leito de jorro através de isotermas de adsorção nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e ajustaram aos modelos de GAB, Oswin e Peleg, verificando que as

isotermas apresentaram comportamento sigmoidal de Tipo II, e o modelo Peleg, em todas as temperaturas, mostrou os melhores ajustes para os dados experimentais com coeficientes de determinação acima de 0,99 e desvios percentuais médios inferiores a 2,0%

Zeymer et al. (2017) estudaram as isotermas de desorção de sementes de alface (*Lactuca sativa*) nas temperaturas de 10, 20, 30, 40 e 50 °C e a atividade da água na faixa de 0,11-0,96, e ajustados aos modelos de Chung-Pfost, Copace, Henderson, modificado por Henderson, modificado por Hasley e modificado por Oswin. O modelo que melhor representou as isotermas em estudo, com base no coeficiente de determinação (R^2), na magnitude do erro relativo médio (MER), desvio padrão da estimativa (SDE) e análise da distribuição de resíduos, foi o modificado de Oswin, com valores de 8,02 e 0,55% para o MRE e SDE e valores residuais aleatório. A forma das isotermas das sementes de *Lactuca sativa*, estimada utilizando o modelo de Oswin modificado, é sigmoidal, característica de uma curva de Tipo II.

Feitosa et al. (2017) avaliaram o comportamento higroscópico através de isotermas de adsorção do pó de mix de batata yacon e suco de lima ácida Tahiti obtido por liofilização nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C e ajustaram aos modelos matemáticos de Peleg, GAB, Halsey, Oswin e Smith. O modelo de Peleg foi o que melhor se ajustou às isotermas de adsorção de umidade do pó da batata yacon com suco de lima ácida Tahiti e foram classificadas como Tipo II e a umidade na monocamada molecular apresentou valor em torno de 7% b.s.

2.4 - Armazenamento

Após o processamento dos produtos através da secagem, a preservação das características originais dos alimentos por um maior período, após a sua transformação é um dos grandes objetivos da indústria de alimentos. Assim, as condições do ambiente de armazenamento, como temperatura, umidade, luminosidade, bem como o tipo do material da embalagem utilizada são aspectos que devem ser avaliados e controlados, visando à manutenção da qualidade dos produtos durante a sua vida-de-prateleira (MATTA et al., 2004).

A vida útil ou vida-de-prateleira é definida como o período de tempo decorrido entre a produção e o consumo do alimento, durante o qual se mantém a aceitabilidade do produto pelos consumidores e as características sensoriais e microbiológicas inalteradas,

sem oferecer riscos à saúde do consumidor (SANTOS et al., 2010a; MENEZES et al., 2011).

Todos os produtos apresentam um tempo de vida útil que é caracterizado pela sua estabilidade nutricional, sensorial, química, física e microbiológica. Entende-se por estabilidade de um produto o período no qual ele pode ser consumido de forma que as suas características nutricionais e microbiológicas estejam conservadas (YUYAMA et al., 2008). Geralmente as vitaminas, ácidos, carboidratos, proteínas entre outros constituintes, são sensíveis a fatores externos e internos como a luz, temperatura, umidade, tempo de processamento, pH, degradando facilmente devido a reações enzimáticas de óxido-redução (FREITAS et al., 2006; YUYAMA et al., 2008).

A vida-de-prateleira pode ser determinada a nível laboratorial, sem a intervenção de análise sensorial, através de ensaios químicos, físicos e microbiológicos (HOUGH e GARITTA, 2012). As condições ambientais (temperatura, umidade relativa, pressão), características das partículas (estrutura do estado sólido, formulação e tamanho) e tempo de armazenamento são conhecidos por influenciar a estabilidade do pó (STOKLOSA et al., 2012). A estabilidade de várias espécies de frutas em pó já foram estudadas, incluindo àqueles obtidas pelo processo de secagens convectivas e liofilização.

Alexandre et al. (2014) avaliaram o armazenamento de pitanga em pó, produzida por meio de secagem em camada de espuma em estufa de circulação de ar na temperatura de 70 °C, acondicionada em embalagem flexível multifoliada (PET/PP) por um período de 60 dias e analisaram o teor de umidade, ácido ascórbico, pH, acidez total titulável, açúcares redutores, não redutores e totais e parâmetros de cor, verificando-se que apenas os açúcares não redutores não apresentaram diferença estatística ao longo de todo o armazenamento. Os resultados indicaram que o pó sofreu alterações na maioria das propriedades avaliadas, mas o teor de ácido ascórbico, umidade, acidez total titulável e açúcares totais pouco variaram ao longo dos 60 dias.

Oliveira et al. (2015a) estudaram a estabilidade do fruto do mandacaru em pó formulado com 10% de maltodextrina (DE), desidratadas em secador por aspensão e acondicionado em embalagens laminadas, durante 50 dias de armazenamento em condições controladas (25 °C e umidade relativa de 57,7%), avaliando-se a cada 10 dias, o teor de água, atividade de água, acidez total titulável, ácido ascórbico, cor e molhabilidade. Os autores verificaram que a polpa de mandacaru em pó não manteve a estabilidade nas condições estudadas do trabalho, as embalagens laminadas utilizadas não impediram a absorção de água, o escurecimento nem a redução do teor de ácido ascórbico do pó. As

amostras foram consideradas seguras em razão da atividade de água ter atingido o valor máximo de 0,351 e o pH está dentro da faixa considerada inibidora de patógenos.

Oliveira et al. (2016a) estudaram o efeito da liofilização sob os carotenoides de morango inteiros e a conservação destes compostos no armazenamento à vácuo, os morangos foram acondicionadas em embalagens de polipropileno a vácuo, analisadas a cada 15 dias por um período de 30 dias, verificando-se que com a liofilização houve o aumento no teor de carotenoides, sendo mantido ao longo do armazenamento sob vácuo, sendo este método de secagem viável para conservação de carotenoides presentes no fruto.

Reis et al. (2017) avaliaram a estabilidade de farinha de acerola 'Flor Branca' com e sem semente, desidratadas nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C em estufa de circulação de ar forçado. O armazenamento foi realizado em temperatura de 25 °C e umidade relativa de 48%, durante 75 dias. As amostras foram submetidas a análises de pH, sólidos solúveis totais (SS), acidez total titulável, ácido ascórbico e cor a cada 15 dias, verificando-se que as farinhas sem sementes apresentaram valores mais estáveis de pH e SS durante o armazenamento. Para as farinhas com sementes houve uma maior conservação do ácido ascórbico, principalmente na farinha processada na temperatura de 70 °C, concluindo que nestas condições, houve melhor retenção das características nutricionais da fruta bem como maior estabilidade no armazenamento.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA), do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campus Campina Grande, PB.

3.1 - Matéria-prima

A matéria-prima utilizada foi o quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) quinado do subgrupo verde da variedade Santa Cruz (Figura 3.1), em estágio de maturação verde, advindos da região de Caturité, PB.



Figura 3.1 – Quiabos quinados do subgrupo verde da variedade Santa Cruz

3.2 - Processamento da matéria-prima

No laboratório, os quiabos foram selecionados manualmente, de forma a eliminar os que apresentavam danos físicos ou em outro estágio de maturação; em seguida foram submetidos a uma lavagem em água corrente e logo após, realizada a sanitização, imergindo-se os mesmos em recipiente contendo solução de hipoclorito de sódio com concentração de 50 ppm, durante 15 min, e por fim enxaguados em água corrente para retirar o excesso da solução de hipoclorito.

Para as análises dos quiabos sem casca (Figura 3.2a) os mesmos foram descascados com descascador em aço inoxidável para legumes e cortados em fatias com espessura

padronizada de 2 mm (Figura 3.2b). O mesmo padrão de espessura foi também estipulado para os quiabos com casca (Figura 3.3).

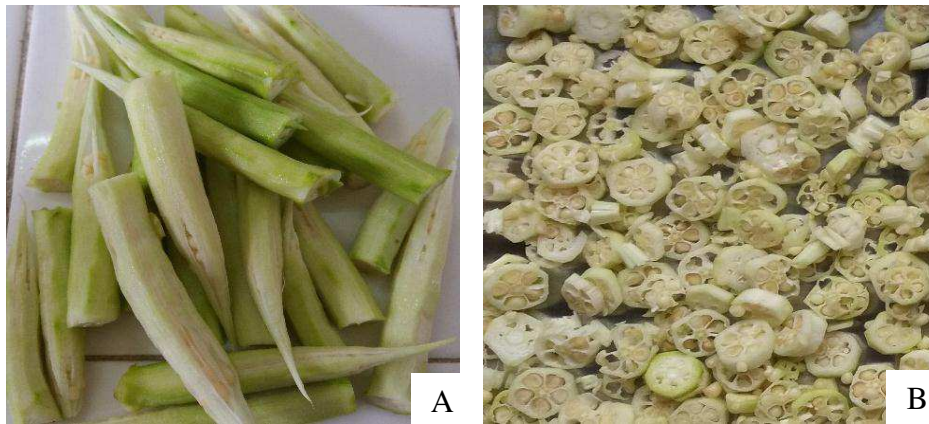


Figura 3.2 – Quiabos descascados (A); Quiabos descascados em fatias (B)



Figura 3.3 – Quiabos com casca cortados em fatias

3.3 - Caracterização física, química e físico-química dos quiabos *in natura*

Os quiabos com e sem casca foram caracterizados, em triplicata, quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos.

3.3.1 - Teor de água

O teor de água foi determinado pelo método de secagem das amostras em estufa a 105 °C até massa constante descrito no manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008).

3.3.2 - Atividade de água

A atividade de água foi determinada na temperatura de 25 °C, através de leitura direta em higrômetro Aqualab, modelo 3TE, fabricado por Decagon Devices.

3.3.3 - Acidez total titulável

A acidez total titulável foi determinada através do método acidimétrico do manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), usando solução de hidróxido de sódio 0,1 M, com os resultados expressos em percentagem de ácido cítrico.

3.3.4 - pH

O pH foi determinado pelo método potenciométrico, com o medidor de pH da marca Tecnal modelo TEC-2, previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

3.3.5 - Sólidos solúveis totais (°Brix)

Os sólidos solúveis totais (°Brix) foram determinados pelo método refratométrico, em refratômetro do tipo Abbe, seguindo as normas do manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008). Os resultados foram expressos em °Brix.

3.3.6 - Cinzas

As cinzas foram determinadas através do método do manual do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), por calcinação da amostra em mufla a 550 °C.

3.3.7 - Lipídeos

Os lipídeos foram determinados através do método de determinação de gordura de Bligh e Dyer (1959).

3.3.8 - Açúcares totais

Os açúcares totais foram determinados pela metodologia descrita por Yemm e Willis (1954), em que as amostras foram submetidas à análise em espectrofotômetro a 620 nm e a quantificação dos açúcares baseadas na curva padrão de glicose.

3.3.9 - Açúcares redutores

Os açúcares redutores foram determinados pela metodologia de Miller (1959), utilizando o ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS) como agente oxidante, com leituras em espectrofotômetro a 540 nm.

3.3.10 - Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico foi realizada segundo a metodologia da AOAC (1997) modificada por Benassi e Antunes (1998), que utiliza como solução extratora, o ácido oxálico e se baseia na titulação da amostra, empregando-se o 2,6 diclorofenolindofenol sódio que dá cor azul em solução alcalina e cor rosa, em solução ácida. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100 g da amostra.

3.3.11 - Proteínas

As proteínas totais foram quantificadas pela determinação do nitrogênio realizado através do método de Kjeldahl, compreendido por três etapas (digestão ácida, destilação e titulação), conforme IAL (2008).

3.3.12 - Cor

Os parâmetros de cor foram determinados por leitura direta utilizando-se o espectrofotômetro portátil Hunter Lab Mini Scan XE Plus, modelo 4500 L, no sistema de cor Cielab, com padrão de iluminação D65/10° e calibrado com placa branca padrão ($X = 80,5$; $Y = 85,3$; $Z = 90,0$), conforme instrução do fabricante. Foram determinados os seguintes parâmetros: L^* - luminosidade; a^* - transição da cor verde ($-a^*$) para o vermelho ($+a^*$); e b^* - transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

A partir dos valores de a^* e b^* foram calculados os valores de croma (C^*) (Equação 3.1) e ângulo de tonalidade (h) (Equação 3.2):

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.1)$$

$$h = \tan^{-1} a^*/b^* \quad (3.2)$$

3.3.13 - Pectina

O teor de pectina foi determinado através da metodologia de Pearson (1970), pela a neutralização das cargas dos resíduos urônicos livres pelos íons de cálcio, provocando a geleificação da pectina e sua precipitação expressa pela Equação 3.3.

$$\text{Pectina (\%)} = \frac{\text{g de pectato de cálcio} \times 100}{\text{m da amostra}} \quad (3.3)$$

3.3.14 - Clorofilas e carotenoides

Os teores de clorofilas a, b, total e carotenoides foram quantificados por meio da extração utilizando acetona a 80% e carbonato de cálcio, com leituras de absorvâncias em espectrofotômetro a 470, 646 e 663 nm, conforme Lichtenthaler (1987).

As concentrações de clorofilas e carotenoide foram calculados pelas equações (3.4 a 3.7) e expressas em µg/g:

$$\text{Clorofila a} = [((12,21 \times A_{663} - 2,81 \times A_{646}))/m] \quad (3.4)$$

$$\text{Clorofila b} = [((20,13 \times A_{646} - 5,03 \times A_{663}))/m] \quad (3.5)$$

$$\text{Clorofila total} = [((17,3 A_{646} + 7,18 A_{663}))/m] \quad (3.6)$$

$$\text{Carotenoides totais} = \left(\frac{1000 \times A_{470} - 1,82 \text{ Clo a} - 85,02 \text{ Clo b}}{198} \right) \quad (3.7)$$

Onde:

A₆₆₃ - Absorvância em espectrofotômetro a 663 nm;

A₆₄₆ - Absorvância em espectrofotômetro a 646 nm;

A₄₇₀ - Absorvância em espectrofotômetro a 470 nm;

m - massa da amostra, g;

Clo a - Clorofila a;

Clo b - Clorofila b.

3.4 - Processos de produção dos pós de quiabo com e sem casca

Apresenta-se na Figura 3.4 o fluxograma para a obtenção dos pós de quiabo com e sem casca, para os dois processos de secagem utilizados.



Figura 3.4 - Fluxograma do processamento para obtenção dos pós do quiabo com e sem casca

3.4.1 - Liofilização

Os quiabos com e sem casca cortados em fatias foram congelados em freezer a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h e levados ao liofilizador de bancada da marca Liobras, modelo L101, por um período de 72 h. Após a liofilização as fatias secas foram trituradas em moinho de facas para obtenção dos pós, em seguida foram peneirados em peneiras de aço inoxidável com malha de 32 mesh e acondicionados em embalagens laminadas até o momento das análises.

3.4.2 - Secagem convectiva

Os quiabos com e sem casca cortados em fatias foram submetidos à secagem convectiva em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 $^{\circ}\text{C}$. Após as secagens as fatias de quiabo foram trituradas em moinho de facas para obtenção dos pós, em seguida foram peneirados em peneira de aço inoxidável com malha de 32 mesh e acondicionados em embalagens laminadas até o momento das análises.

3.4.2.1 - Cinética de secagem dos quiabos

Os dados da cinética de secagem dos quiabos com e sem casca foram obtidos, em triplicata, através da pesagem dos recipientes contendo as fatias do quiabo, em intervalos regulares, até massa constante. No final das secagens foram determinadas as massas secas e calculados os teores de água.

Com os dados experimentais foi possível calcular os valores da razão do teor de água (Equação 3.8).

$$RX = \frac{X - X_e}{X_i - X_e} \quad (3.8)$$

Onde:

RX - razão do teor de água do produto, adimensional;

X - teor de água do produto em determinado tempo, % base seca;

X_i - teor de água inicial do produto, % base seca;

X_e - teor de água de equilíbrio do produto, % base seca.

As curvas das cinéticas de secagem dos quiabos com e sem casca, que é representada pela razão do teor de água em função do tempo de secagem foram traçadas e os modelos matemáticos (Tabela 3.1) de Aproximação da difusão (Equação 3.9), Henderson e Pabis (Equação 3.10), Logarítmico (Equação 3.11), Midilli (Equação 3.12), Newton (Equação 3.13), Page (Equação 3.14) e Thompson (Equação 3.15) ajustados aos dados experimentais.

Tabela 3.1 - Modelos matemáticos utilizados para estimar as curvas de cinética de secagem dos quiabos com e sem casca

| Designação do modelo Matemático | Modelo | Equação |
|---------------------------------|--|---------|
| Aproximação da difusão | $RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + (1 - a) \cdot \exp(-k \cdot b \cdot t)$ | (3.9) |
| Henderson e Pabis | $RX = a \cdot \exp(-k \cdot t)$ | (3.10) |
| Logarítmico | $RX = a \cdot \exp(-k \cdot t) + c$ | (3.11) |
| Midilli | $RX = a \cdot \exp(-k \cdot t^n) + b \cdot t$ | (3.12) |
| Newton | $RX = \exp(-kt)$ | (3.13) |
| Page | $RX = \exp(-k \cdot t^n)$ | (3.14) |
| Thompson | $RX = \exp(-a - (a^2 + 4 \cdot b \cdot t)^{0,5}) / 2 \cdot b$ | (3.15) |

RX - Razão do teor de água (adimensional), a, b, c, k, n - Constantes dos modelos, t - tempo (min)

Para o ajuste matemático dos modelos aos dados experimentais foi utilizado o programa computacional Statistica 7.0, por meio de análise de regressão não linear, utilizando o método de estimativa Quase-Newton. Para avaliar a qualidade do ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram utilizados como critérios a análise do coeficiente de determinação (R^2) e o desvio quadrático médio (DQM) (Equação 3.16).

Sendo considerado como um ajuste satisfatório o modelo que apresentou alto valor de R^2 , próximo a um (1) e baixo valor de DQM.

$$DQM = \sqrt{\frac{\sum(RX_{pred} - RX_{exp})^2}{n}} \quad (3.16)$$

Onde:

DQM - desvio quadrático médio;

RX_{pred} - razão do teor de água predito pelo modelo, adimensional;

RX_{exp} - razão do teor de água experimental, adimensional;

n - número de observações.

3.5 - Caracterização física, química e físico-química dos pós de quiabo com e sem casca

Logo após as secagem (convectiva e por liofilização) os quiabos com e sem casca, foram triturados em moinhos de facas para a obtenção dos pós, os quais foram peneirados em peneira granulométrica de aço inoxidável com malha de 32 mesh e em seguida determinadas, em triplicata, as características físicas, químicas e físico-químicas: teor de água, atividade de água, acidez total titulável, pH, cor (luminosidade – L^* ; intensidade de verde ($-a^*$); intensidade de amarelo ($+b^*$), croma e ângulo de tonalidade (h), açúcares totais e redutores, cinzas, lipídeos, ácido ascórbico, proteínas, pectina, clorofilas e carotenoides, de acordo com as metodologias citadas no item 3.3.

As isotermas de adsorção de água, higroscopicidade, solubilidade, densidade aparente, densidade compactada, índice de Carr, Fator de Hausner e molhabilidade foram determinados de acordo com as metodologias descritas nos itens 3.5.1 a 3.5.7:

3.5.1 - Isotermas de adsorção de água

As isotermas de adsorção de água dos pós do quiabo com e sem casca foram determinadas utilizando-se o método estático-indireto, descrito por Capriste e Rotstein (1982), na temperatura de 25 °C (pós obtidos na secagem convectiva) e 20, 30 e 40 °C (pós

liofilizados). As medidas da atividade de água das amostras foram feitas no higrômetro AquaLab 3TE (Decagon) e o teor de água de equilíbrio em base seca foi determinado pela relação entre a massa de água e a massa seca das amostras (Equação 3.17).

$$X_e = \frac{m_e - m_s}{m_s} * 100 \quad (3.17)$$

Onde:

X_e – teor de água de equilíbrio, % base seca;

m_e - massa da amostra no equilíbrio, g;

m_s - massa seca da amostra, g;

Os modelos matemáticos de GAB (Equação 3.18), Peleg (Equação 3.19) e Oswin (Equação 3.20), foram ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água dos pós de quiabo fazendo-se uso de regressão não linear e se utilizando o programa Statistica 7.0.

$$X_e = \frac{X_m C K a_w}{(1 - K a_w)(1 - K a_w + C K a_w)} \quad (3.18)$$

$$X_e = K_1 (a_w)^{n_1} + K_2 (a_w)^{n_2} \quad (3.19)$$

$$X_e = a \left(\frac{a_w}{(1 - a_w)} \right)^b \quad (3.20)$$

Onde:

X_e – teor de água de equilíbrio, % base seca;

a_w - atividade de água, adimensional;

X_m – teor de água na monocamada molecular, % base seca;

C e K - parâmetros que dependem da temperatura e natureza do produto, adimensional;

K_1, K_2, n_1, n_2, a, b – parâmetros de ajuste dos modelos, adimensional.

Os critérios usados para determinação do melhor ajuste dos modelos às isotermas foram: o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado conforme a Equação 3.21.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \frac{|X_{exp} - X_{teor}|}{X_{exp}} \quad (3.21)$$

Onde:

P - desvio percentual médio, %;

X_{exp} - valores obtidos experimentalmente, % base seca;

X_{teor} - valores preditos pelo modelo, % base seca;

n - número de dados experimentais.

3.5.2 - Higroscopicidade

A higroscopicidade das amostras em pó foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Cai e Corke (2000). As amostras em pó de aproximadamente 1 g foram pesadas em placas de Petri, colocadas dentro de recipientes herméticos contendo solução saturada de NaCl (umidade relativa $\approx 75,29\%$ a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$), os quais foram colocados dentro de uma câmara (BOD) com a temperatura controlada em $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, por um período de 8 dias. A higroscopicidade foi expressa como g de água adsorvida por 100 g de massa da amostra.

3.5.3 - Solubilidade

A solubilidade foi determinada de acordo com o método descrito por Schoch (1964). Para esta análise foram pesados 25 mg de pó do quiabo em tubos de plástico próprios para centrífuga com capacidade para 15 mL previamente tarados, adicionando-se 10 mL de água destilada seguido de homogeneização da suspensão que foi levada ao banho maria à $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ por um período de 30 min, sendo homogeneizado a cada 10 min. Em seguida, a amostra foi centrifugada a 3200 rpm por 15 min. O sobrenadante foi removido e colocado em um Becker previamente tarado, levado à estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 h, para a determinação da massa solúvel.

A solubilidade foi calculada de acordo com a Equação (3.22):

$$S = \frac{MRE}{MA} * 100 \quad (3.22)$$

Onde:

S – solubilidade, %;

MA - massa da amostra, g;

MRE - massa do resíduo após a secagem, g.

3.5.4 - Densidade aparente

A densidade aparente (ρ_{ap}) das amostras em pó foram determinadas a partir do método descrito por Politi (2009), em que uma proveta de 10 mL foi previamente pesada e

posteriormente preenchida com o pó. A densidade foi determinada com os dados de volume e massa de acordo com a Equação 3.23.

$$\rho_{ap} = \frac{M_{pc} - M_{pv}}{V_p} \quad (3.23)$$

Onde:

ρ_{ap} – densidade aparente, g/cm³;

M_{pv} – massa da proveta vazia, g;

M_{pc} – massa da proveta cheia, g;

V_p – volume da proveta, cm³;

3.5.5 - Densidade compactada

A densidade compactada (ρ_c) foi determinada a partir da densidade aparente, pegando-se a proveta com a amostra da densidade aparente e submetendo-a ao batimento da proveta 50 vezes sobre a bancada a partir de uma altura pré-estabelecida (2,5 cm). Repetiu-se o procedimento até obtenção do volume constante, anotando o novo volume e calculando a densidade compactada pela relação entre a massa e o volume compactado conforme Tonon et al. (2009).

3.5.6 - Índice de Carr e Fator de Hausner

O índice de Carr (IC) e Fator de Hausner (FH) foram determinados segundo Wells (1988).

O IC foi determinado pela Equação 3.24 e o FC pela a Equação 3.25:

$$IC = \frac{\rho_c - \rho_{ap}}{\rho_{ap}} \cdot 100 \quad (3.24)$$

$$FH = \frac{\rho_c}{\rho_{ap}} \quad (3.25)$$

Onde:

IC – índice de Carr, %;

FH – fator de Hausner, adimensional;

ρ_{ap} – densidade aparente, g/cm³;

ρ_c - densidade compactada, g/cm³;

3.5.7 - Molhabilidade

A molhabilidade foi determinada pelo método de Schubert (1993). Foi pesado cerca de 1 g da amostra em pó e verteu-se em um béquer de 250 mL contendo 100 mL de água destilada a temperatura ambiente. O tempo necessário para o completo desaparecimento do pó da superfície do líquido em repouso foi cronometrado. A partir deste tempo e da massa da amostra foi calculada a taxa de molhabilidade de acordo com a Equação 3.26.

$$\text{Taxa de molhabilidade} = \frac{N}{t} \quad (3.26)$$

Onde:

N – massa da amostra, g;

t – tempo, em min.

3.6 - Armazenamento acelerado dos melhores pós de quiabo

Após a caracterização física, química e físico-química dos pós de quiabo com e sem casca e levando-se em consideração também as características do material *in natura*, foram selecionados os pós com casca, obtidos por liofilização e pela secagem convectiva na temperatura de 80 °C, temperatura na qual os valores do teor de água, atividade de água e pectina foram próximos aos dados do pó liofilizado. Estes pós selecionados foram submetidos ao teste acelerado de vida-de-prateleira (TAVP) em condições controladas de temperatura e umidade relativa.

Foram utilizadas embalagens flexíveis laminadas compostas por uma estrutura de PET transparente, metalização e filme de polietileno de baixa densidade (PEDB), com gramatura total nominal de 120 g/m², taxa de transmissão de vapor de água de 5,38 g/m²/dia e taxa de permeabilidade ao oxigênio de 60 cc/m²/dia, com dimensões de 11 x 12 cm após a selagem.

As amostras embaladas foram colocadas em recipientes de vidro hermético contendo solução saturada de cloreto de potássio (KCl), o qual proporcionou um ambiente de umidade relativa média de aproximadamente 83%. Os recipientes foram colocados em câmara do tipo B.O.D. nas temperaturas de 30 °C (condição ambiente) e 40 °C (condição acelerada).

Armazenadas nessas condições os pós selecionados foram analisados a cada 12 dias durante 60 dias, determinando-se, teor de água, atividade de água, pH, acidez total titulável, cor, ácido ascórbico, proteínas, clorofilas e carotenoides (conforme metodologias

do item 3.3), solubilidade, densidade aparente e compactada, índice de Carr e Fator de Hausner (conforme as metodologia dos item 3.7).

3.7 - Análise estatística dos dados

Os dados experimentais foram analisados estatisticamente utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.5 Beta (SILVA e AZEVEDO, 2009) para se verificar prováveis diferenças estatísticas entre as amostras.

Os dados experimentais obtidos na caracterização do quiabo *in natura* e nos pós do quiabo foram analisados seguindo o delineamento inteiramente casualizado com a comparação entre médias feita aplicando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Com os dados obtidos experimentalmente ao longo do armazenamento, do pó liofilizado selecionado e do pó selecionado na secagem convectiva foi aplicado para cada tipo de pó, o delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 6 x 2, com seis tempos de armazenamento (0, 12, 24, 36, 48, 60 dias) e duas temperaturas (30 e 40 °C) em triplicata. Para comparação entre as médias foi utilizado o teste de Tukey.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Caracterização química e físico-química do quiabo com e sem casca *in natura*

Apresenta-se na Tabela 4.1 os valores médios e os desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos do quiabo *in natura* com e sem casca.

Tabela 4.1 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros avaliados no quiabo (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) *in natura* com e sem casca

| Parâmetros | Quiabo com casca | Quiabo sem casca |
|--|------------------|------------------|
| Teor de água (%) | 89,45 ± 0,25 a | 91,02 ± 0,17 a |
| Atividade de água | 0,994 ± 0,00 a | 0,990 ± 0,001 a |
| Acidez total titulável (% ácido cítrico) | 0,111 ± 0,01 b | 0,280 ± 0,01 a |
| pH | 6,79 ± 0,01 | 6,26 ± 0,00 |
| Sólidos solúveis totais (°Brix) | 6,67 ± 0,58 a | 5,00 ± 0,00 b |
| Ácido ascórbico (mg/100 g) | 2,93 ± 0,01 a | 2,18 ± 0,01 b |
| Cinzas (%) | 0,64 ± 0,01 a | 0,57 ± 0,02 b |
| Lipídeos (%) | 0,99 ± 0,06 a | 0,16 ± 0,01 b |
| Açúcares totais (mg/100 g) | 0,67 ± 0,01 a | 0,60 ± 0,01 b |
| Açúcares redutores (mg/100 g) | 0,11 ± 0,01 b | 0,19 ± 0,01 a |
| Açúcares não redutores (mg/100 g) | 0,56 ± 0,01 a | 0,41 ± 0,01 b |
| Pectina (%) | 1,44 ± 0,04 b | 1,50 ± 0,02 a |
| Proteínas (%) | 3,15 ± 0,16 a | 1,94 ± 0,02 b |
| Clorofila a (µg/g) | 1,51 ± 0,01 b | 1,73 ± 0,01 a |
| Clorofila b (µg/g) | 2,70 ± 0,02 a | 0,48 ± 0,02 b |
| Clorofila total (µg/g) | 4,09 ± 0,03 a | 3,14 ± 0,03 b |
| Carotenoides (µg/g) | 1,97 ± 0,02 a | 0,86 ± 0,06 b |
| Luminosidade (L*) | 50,51 ± 0,04 b | 67,24 ± 0,45 a |
| Intensidade de verde (-a*) | -0,71 ± 0,05 a | -0,70 ± 0,14 a |
| Intensidade de amarelo (+b*) | 26,86 ± 0,07 b | 29,13 ± 0,77 a |
| Croma (C*) | 26,87 ± 0,07 b | 29,14 ± 0,77 a |
| Ângulo de tonalidade (h) | 88,50 ± 0,01 a | 88,63 ± 0,24 a |

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Verificou-se que não houve diferença estatística entre o teor de água dos quiabos com e sem casca e os valores médios foram próximos ao relatado pela TACO (2011) com média de 90,6%. Mota et al. (2005) ao estudarem a caracterização físico-química de quatro cultivares de quiabo (Amarelinho, Red Velvet, Star of David e Mammoth Spinless) encontraram teor de água entre 89,77 a 91,28%, corroborando com os dados deste estudo. Normalmente, hortaliças e frutas possuem teor de água igual ou superior a 90%, favorecendo o desenvolvimento de bolores e leveduras e bactérias patogênicas (FRANCO e LANDGRAF, 2005), reforçando desse modo a necessidade do processamento desses materiais, assim como maior atenção no seu armazenamento.

Assim como o teor de água, não houve diferença estatística entre as atividades de água do quiabo com e sem casca, apresentando alta atividade, o que já era esperado, uma vez que o mesmo é uma hortaliça, que em sua maioria apresenta alto teor de água. Valores próximos foram relatado por Araújo et al. (2010) ao caracterizarem hortaliças (alface, berinjela, cenoura, chicória) verificando-se atividades de água entre 0,990 a 0,999. Segundo Bejar et al. (2012) o elevado valor de atividade de água pode promover várias mudanças físico-químicas e microbiológicas, assim, a redução da atividade de água é necessária, a fim de aumentar a vida útil do produto.

Os quiabos apresentaram uma baixa acidez, havendo uma maior concentração no quiabo sem casca ($p < 0,05$). Verificou-se que a polpa do quiabo é mais ácida que sua casca, ressaltando-se que a amostra analisada do quiabo com casca compreendeu casca, polpa e sementes, e o quiabo sem casca, era composto pela polpa mais sementes. A baixa acidez é uma característica das hortaliças, que também foi verificado por Pereira et al. (2016) ao caracterizarem físico-quimicamente as hortaliças acelga, alface e couve quantificando teor de 0,08, 0,07 e 0,30% de ácido cítrico, respectivamente.

O pH das amostras se apresentaram próximo a neutralidade, com valores superiores a 6,0, com diferença representativa entre as médias. O quiabo com casca apresentou o maior valor. Verificou-se que a acidez total titulável foi baixa seguido de pH elevado, sendo este fator, característico de alimentos pouco ácidos. Valores próximos foram reportados por Nascimento et al. (2013) ao avaliarem quiabos submetidos a irrigação com diferentes lâminas de água salina, verificando para o quiabo com menor lâmina de água salina um pH entre 6,04 a 6,19.

Quanto aos sólidos solúveis totais, observou-se uma diferença estatística ($p < 0,05$) entre as amostras, destacando-se o quiabo com casca com o maior valor. Segundo Costa et al. (2017) os sólidos solúveis totais representam os compostos solúveis em água presentes

nos frutos, como vitaminas, ácidos orgânicos e açúcares. Silva (2016) ao estudar o crescimento e alterações fisiológicas pós-colheita em frutos de maxixe (*Cucumis anguria*), verificou no estágio inicial de maturação, um teor de sólidos solúveis totais de 5,4 °Brix para a variedade ‘Maxixe do Norte’ e de 6,5 °Brix para o ‘Maxixe liso de Calcutá’ corroborando com os dados em estudo.

A média do teor de ácido ascórbico em ambos os materiais em estudo, foram inferiores ao estimado pela TACO (2011) de 5,60 mg/100 g de parte comestível. Essas variações entre frutos podem estar relacionadas a fatores genéticos e ambientais, mesmo se forem colhidos e analisados no mesmo estágio de maturação. Verificou-se que a concentração da vitamina C no quiabo com casca foi estatisticamente superior ao do quiabo sem casca. Valores próximos foram reportados para outras hortícolas como berinjela (1,65 mg/100 g) e pimentão (1,50 mg/100 g) e maiores para o chuchu (7,89 mg/100 g) (OLIVEIRA et al., 2016b).

Os quiabos apresentaram um teor de cinzas médio de 0,64% para o quiabo com casca e 0,57% para o sem casca, havendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre si. Segundo Gondim et al. (2005) o maior teor de cinzas em cascas de frutas e vegetais em relação a polpa é fato decorrente, uma vez que nas frações externas dos frutos há uma maior concentração de minerais. Valores superiores foram reportados por Silva et al. (2016a) ao estudarem os compostos químicos das variedades do *Hibiscus rosa-sinensis* L. e o *Hibiscus syriacus* L., da família Malvaceae, com teor de 0,74 e 0,80%, respectivamente.

Quanto ao teor de lipídeos encontrados nos quiabos com casca constatou-se que foi significativamente superior ao sem casca. Oliveira et al. (1999) afirmaram que a maioria de frutas e hortaliças contém menos de 1% de lipídeos, sendo, diante desse valor indicados para dietas para redução de peso. Valores inferiores foram encontrados por Melo e Faria (2014) para folhas de beterraba (0,05%), rabanete (0,11%) e cenoura (0,07%); já Moura et al. (2009), detectaram 3% de lipídeos na flor da moringa.

O teor de açúcares totais presentes no quiabo com e sem casca (0,67 e 0,60 mg/100 g) foram inferiores à média relatada por Chitarra e Chitarra (2006) para hortaliças que geralmente variam entre 2 e 5%. Gonçalves (2013) ao caracterizar alface, chicória, couve e rúcula verificou teor de 0,34, 0,16, 0,44 e 0,15 mg/100 g de açúcares solúveis totais nessas hortaliças. Quanto ao teor de açúcares redutores assim como os açúcares totais verificou-se uma diferença estatística ($p < 0,05$) entre as amostras, destacando-se o maior teor dos açúcares redutores nos quiabos sem casca (0,19 mg/100 g). Mota et al. (2005) ao analisarem as características físico-químicas de quatro variedades de quiabo (Amarelinho,

Red Velvet, Star of David e Mammoth Spinless) encontraram valores superiores de 1,86, 1,37, 1,50, 1,81%, respectivamente. Observou-se que o teor dos açúcares não redutores foi superior ao dos açúcares redutores.

Quanto ao teor de pectina presente no quiabo, observou-se que o resultado do quiabo sem casca foi ligeiramente superior ao do com casca, verificando-se que a mucilagem representada pela pectina e os polissacarídeos, apresentaram-se em maior quantidade na polpa do fruto. A pectina, juntamente com a celulose e lignina, é um componente estrutural da parede celular de frutas, constituindo parte do teor de fibras solúveis do vegetal (MALDONADO-ASTUDILLO et al., 2014). Valores inferiores de pectina foram relatados por Silva et al. (2016a) no *Hibiscus rosa-sinensis* L. e no *Hibiscus syriacus* L. verificando-se teor de 0,29 e 0,26%, respectivamente.

O teor de proteínas presentes no quiabo com (3,15%) e sem (1,94%) casca diferiram estatisticamente ($p < 0,05$) entre si, verificando-se a maior concentração de proteínas no quiabo com casca, podendo ser justificado pelo teor de sólidos solúveis totais, onde o mesmo também foi encontrado em maior valor para o quiabo com casca. Segundo Pádua et al. (2017) amostras com maior teor de sólidos solúveis totais geralmente apresentam maior teor de proteínas. Os valores do quiabo sem casca encontrados corroboraram com os valores estimados pela TACO (2011) de 1,90 g/100 g de parte comestível. Estudos citados com outros tipos de hortaliças mostraram valores próximos ao do quiabo. Vieira (2013) verificou para o brócolis um teor de 3,87 g/100 g e para a alcachofra 3,10 g/100 g. Ohse et al. (2012) encontraram para as hortaliças folhosas rúcula, chicória, agrião e alface valores de 1,58, 1,18, 2,25 e 1,06 g/100 g, respectivamente.

Os quiabos apresentaram consideráveis teor de clorofila. A clorofila “a” presente nos quiabos com casca (1,51 $\mu\text{g/g}$) foi inferior ao sem casca (1,73 $\mu\text{g/g}$) havendo diferença estatística ($p < 0,05$) entre si. Quanto ao teor de clorofila “b” destacou-se o quiabo com casca (2,70 $\mu\text{g/g}$) diferindo-se ($p < 0,05$) dos valores do sem casca (0,48 $\mu\text{g/g}$). Notou-se que o teor de clorofila total destacou-se no quiabo com casca (4,09 $\mu\text{g/g}$) diferindo-se estatisticamente do sem casca (3,14 $\mu\text{g/g}$), o que já era esperado, uma vez que os pigmentos concentram-se mais na casca, resultado superior foi reportado por Mota et al. (2005) ao estudarem o teor dos pigmentos no quiabo da variedade *Red Velvet*, os quais encontraram valores de 32,24 $\mu\text{g/g}$ para a clorofila total, 17,96 $\mu\text{g/g}$ para a clorofila “a” e 14,28 $\mu\text{g/g}$ para a clorofila “b”. Já Sediya et al. (2009) ao avaliarem o quiabo, cultivar Santa Cruz, encontraram valor de 46,87 de clorofila total verificado pelo índice SPAD (Soil Plant Analysis Development). O estado nutricional e de maturação das plantas está

diretamente associado com a qualidade e quantidade de clorofila em razão de participar na composição estrutural da molécula da mesma (MARCUSSEI et al., 2004).

Quanto ao teor de carotenoides verificou-se diferença estatística entre os materiais destacando-se o quiabo com casca (1,97 $\mu\text{g/g}$) do sem casca (0,86 $\mu\text{g/g}$). Valores superiores foram verificados por Kaulmann et al. (2014) para o repolho branco 5,05 $\mu\text{g/g}$ de carotenoides totais. Reif et al. (2013) ao analisarem diversos vegetais comumente consumidos na Suíça, encontraram uma forte correlação entre carotenoides e clorofila, indicando que os vegetais verde-escuros podem ser considerados como melhores fontes de carotenoides.

Em relação aos parâmetros de cor, observou-se que os quiabos com e sem cascas apresentaram-se cor clara, com luminosidade (L^*) superior a 50, e diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras, destacando-se o quiabo sem casca (67,24). Valor próximo ao quiabo com casca (50,51) foi reportado por Sanches et al. (2012) para o quiabo da variedade Santa Cruz com luminosidade de 50,66. Houve predominância da intensidade de amarelo ($+b^*$) sobre a intensidade de verde ($-a^*$), cuja contribuição de $+b^*$ destaca-se no material sem casca. Travália et al. (2015) verificaram valores de $+b^*$ e $-a^*$ para o coentro de 36,96 e -7,26 e para a arruda de 26,90 e -7,93, respectivamente.

Constatou-se que o quiabo sem casca (29,13) diferiu estatisticamente do quiabo com casca (26,87) em relação ao croma (C^*). Os valores de croma, quando se encontram perto de zero, correspondem a cores neutras (cinzas), entretanto valores perto de 60 equivalem a cores vivas (MENDONÇA et al., 2003). Valor superior foi reportado por Moraes (2017) no maxixe da variedade “Liso Gibão” com croma de 43,63. Quanto ao ângulo de tonalidade ou ângulo hue (h), não houve diferença estatísticas entre os materiais em estudo estando entre a média de 88,50 e 88,63°. Segundo Mendonça et al. (2003) o ângulo de cor ou ângulo hue assume valor zero para a cor vermelha, 90° para amarela, 180° para verde e 270° para azul, logo a coloração dos quiabos tenderam a cor amarela. Valores superiores foram relatados por Sanches et al. (2012) para o quiabo da variedade Santa Cruz de 107,22°.

4.2 - Cinética de secagem

4.2.1 - Cinética de secagem do quiabo com casca

Verifica-se na Figura 4.1, os dados experimentais da cinética de secagem do quiabo com casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, expressos através do teor de água (% b.u) em função do tempo de secagem (min).

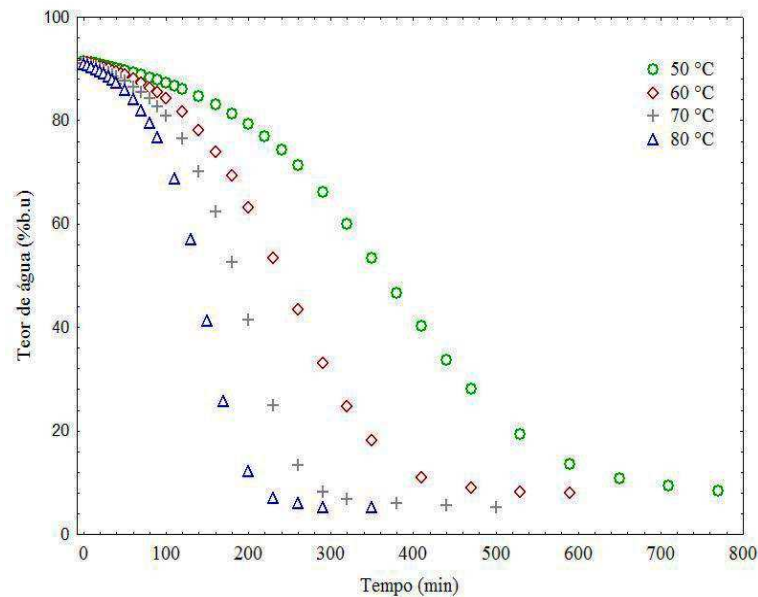


Figura 4.1 - Curvas de cinética de secagem do quiabo com casca, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C

Observou-se a redução do tempo do processo de secagem com o aumento da temperatura, comportamento já esperado uma vez que com a elevação da temperatura do ar de secagem, cria-se um maior gradiente de umidade entre o produto e o ar, acarretando em maior taxa de remoção de água, independentemente do tipo de produto (SOUSA et al., 2011). Conseqüentemente, houve a diminuição do teor de água com o aumento da temperatura de secagem, comportamento também comprovando na secagem do fruto da palma (*Opuntia ficus indica*) em camada fina nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C (SANTOS et al., 2016) e por Alves et al. (2016) ao avaliarem a secagem do pimentão *in natura* submetido a desidratação osmótica seguida da secagem convectiva nas temperaturas de 40 a 70 °C.

As secagens do quiabo com casca foram realizadas durante 770 min na temperatura de 50 °C com teor de água final de 8,45%, 590 min na temperatura de 60 °C e 8,04% de

teor de água final, 500 min na temperatura de 70 °C e teor de água final de 5,27% e 350 min na temperatura de 80 °C com 5,14% de teor de água final. Leite et al. (2017) verificaram redução nos tempos de secagem e no teor de umidade, com elevação da temperatura na secagem de fatias da casca do abacaxi (*Ananas comosus* L.) da variedade Pérola, em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 75 e 85 °C, obtendo tempos de secagem de 490 e 330 min e teor de água inicial de 87,73% b.u e final de 10,67% na temperatura de 75 °C e 9,05% para a de 85 °C sendo inferior ao tempo de secagem do material em estudo.

Na Tabela 4.2 apresentam-se os parâmetros dos modelos matemáticos de Aproximação da difusão, Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli, Newton, Page, e Thompson, ajustados aos dados de secagem dos quiabos com casca desidratada nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, coeficientes de determinação e desvios quadráticos médios.

Tabela 4.2 - Parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2) e os desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem do quiabo com casca

| Modelo | Temp. (°C) | Parâmetros | | | | | R^2 | DQM |
|------------------------|---------------|------------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | a | b | c | k | n | | |
| Aproximação da difusão | 50 | -13,2651 | 0,9495 | - | 0,0099 | - | 0,9996 | 0,0097 |
| | 60 | -19,3196 | 0,9949 | - | 0,0144 | - | 0,9996 | 0,0104 |
| | 70 | -95,0282 | 0,9915 | - | 0,0186 | - | 0,9989 | 0,0169 |
| | 80 | -54,9894 | 0,9841 | - | 0,0252 | - | 0,9990 | 0,0163 |
| Henderson e Pabis | 50 | 1,0609 | - | - | 0,0056 | - | 0,9961 | 0,0320 |
| | 60 | 1,0707 | - | - | 0,0080 | - | 0,9951 | 0,0361 |
| | 70 | 1,0826 | - | - | 0,0101 | - | 0,9930 | 0,0433 |
| | 80 | 1,0941 | - | - | 0,0132 | - | 0,9913 | 0,0483 |
| Logarítmico | 50 | 1,1173 | - | -0,0724 | 0,0048 | - | 0,9981 | 0,0224 |
| | 60 | 1,1219 | - | -0,0664 | 0,0070 | - | 0,9971 | 0,0278 |
| | 70 | 1,1371 | - | -0,0710 | 0,0088 | - | 0,9955 | 0,0346 |
| | 80 | 1,1594 | - | -0,0847 | 0,0111 | - | 0,9947 | 0,0380 |
| Midilli | 50 | 0,9944 | -0,00002 | - | 0,0013 | 1,2553 | 0,9998 | 0,0080 |
| | 60 | 0,9967 | -0,00003 | - | 0,0015 | 1,2812 | 0,9997 | 0,0092 |
| | 70 | 0,9852 | -0,00003 | - | 0,0016 | 1,3932 | 0,9994 | 0,0126 |
| | 80 | 0,9877 | -0,00003 | - | 0,0019 | 1,4578 | 0,9996 | 0,0103 |
| Newton | 50 | - | - | - | 0,0052 | - | 0,9932 | 0,0420 |
| | 60 | - | - | - | 0,0073 | - | 0,9915 | 0,0474 |
| | 70 | - | - | - | 0,0091 | - | 0,9885 | 0,0553 |
| | 80 | - | - | - | 0,0118 | - | 0,9857 | 0,0621 |
| Page | 50 | - | - | - | 0,0013 | 1,2651 | 0,9996 | 0,0098 |
| | 60 | - | - | - | 0,0017 | 1,3093 | 0,9996 | 0,0098 |
| | 70 | - | - | - | 0,0017 | 1,3632 | 0,9992 | 0,0147 |
| | 80 | - | - | - | 0,0018 | 1,4386 | 0,9995 | 0,0122 |
| Thompson | 50 | -112,1059 | 0,7655 | - | - | - | 0,9928 | 0,0439 |
| | 60 | -301,2806 | 1,4854 | - | - | - | 0,9913 | 0,0478 |
| | 70 | -466,0888 | 2,0621 | - | - | - | 0,9884 | 0,0555 |
| | 80 | -38,8716 | 0,6914 | - | - | - | 0,9829 | 0,0678 |

Verificou-se que todos os modelos matemáticos proporcionaram bons ajustes aos dados experimentais, em razão de apresentarem coeficientes de determinação (R^2) superiores a 0,98 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,068, destacando-se o modelo de Midilli, que apresentou os maiores coeficientes de determinação ($> 0,9990$) e os menores desvios quadráticos médios, inferiores a 0,013.

O parâmetro k , dos modelos avaliados, que representa a constante da taxa de secagem, aumentou com o aumento da temperatura. Esse parâmetro representa o efeito das condições externas de secagem, o qual tendeu a aumentar com a elevação da temperatura do ar de secagem (GONELI et al., 2011). Lima et al. (2017) ao determinarem as curvas de cinética de secagem das cascas do umbu-cajá (*Spondia* spp.) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C em estufa com circulação forçada de ar também verificaram o aumento do parâmetro k , com o aumento da temperatura de secagem.

O parâmetro n dos modelos de Midilli e Page possui um efeito de moderação do tempo e corrige os prováveis erros resultantes da negligência da resistência interna para a transferência de água (GUEDES e FARIA, 2000). Constatou-se que houve aumento do parâmetro n com o aumento da temperatura de secagem. Comportamento semelhante também foi reportado por Reis et al. (2015) quando secaram pimenta bico em diferentes condições de temperatura (40, 50 e 60 °C) e velocidade do ar de secagem (1,0; 1,5 e 2,0 m/s).

Na Figura 4.2 estão dispostas as curvas experimentais das cinéticas de secagem do quiabo com casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, ajustadas com o modelo de Midilli, que foi o melhor modelo ajustado aos dados experimentais.

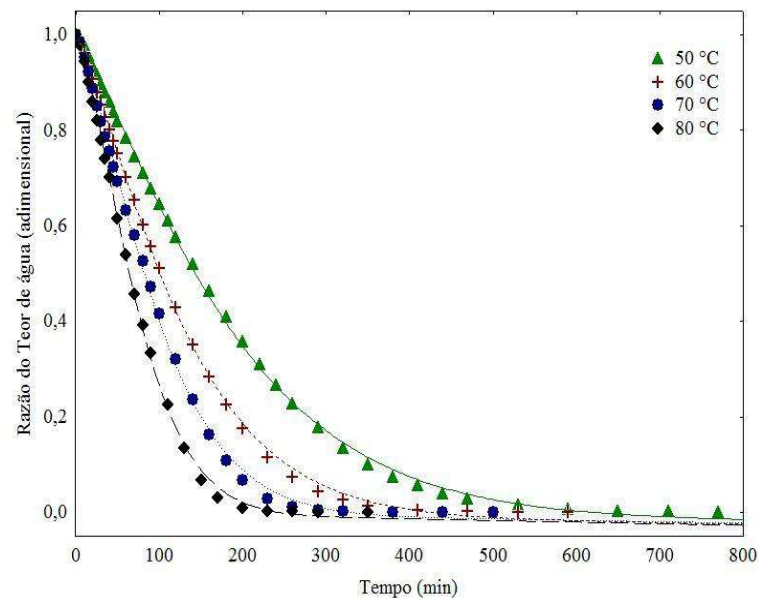


Figura 4.2 - Curvas de cinética de secagem do quiabo com casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C ajustadas pelo modelo de Midilli

Como já verificado, as curvas de secagem foram influenciadas pela temperatura, sendo observada redução gradativa nos tempos de desidratação à medida que a temperatura do ar de secagem ampliada. Verificou-se que os pontos experimentais ficaram muito próximos das curvas previstas, explicados pelos elevados valores de R^2 e baixos valores de DQM para o modelo selecionado na predição das curvas de secagem.

Diversos estudos com modelagem matemática da secagem de produtos vegetais obtiveram com o modelo de Midilli os melhores ajustes; como Derlan et al. (2013) ao avaliarem a cinética de secagem de pimenta cambuci em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, Costa et al. (2016) ao estudarem a cinética de secagem da casca de jaboticaba em estufa com circulação de ar forçado com uma velocidade do ar de 5,6 m/s e temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C.

4.2.2 - Cinética de secagem do quiabo sem casca

Na Figura 4.3, tem-se as curvas de secagem do quiabo sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, representadas pelo teor de água (% b.u) em função do tempo (min) de secagem.

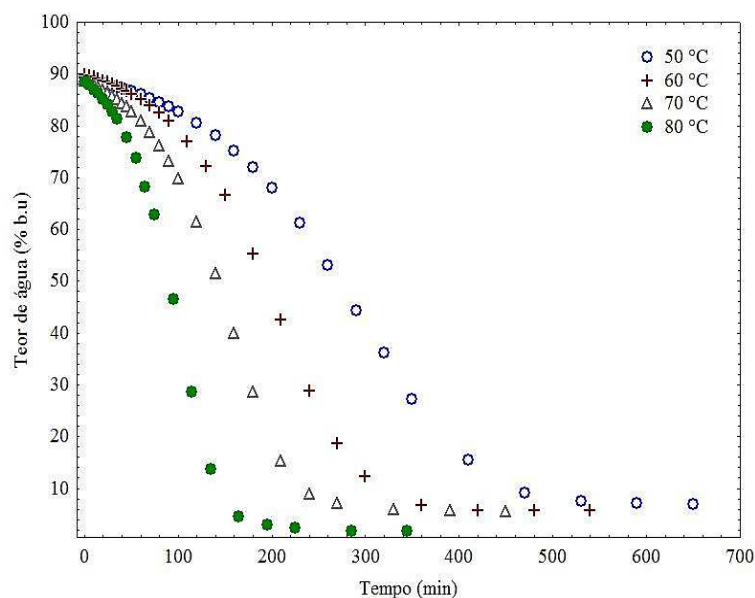


Figura 4.3- Curvas de cinética do quiabo sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C

Observou-se a influência da temperatura nas curvas de secagem, apresentando redução consistente no tempo de secagem com o aumento da temperatura do ar. Este comportamento foi relatado para vários produtos agrícolas secados em fatias como

verificado por Mendonça et al. (2015) ao desidratarem o pequi em estufa nas temperaturas de 40 e 60 °C, Corrêa Filho et al. (2015) na secagem do figo (*Ficus carica* L.) em secador de bandeja nas temperaturas de 40, 55 e 70 °C e Gonçalves et al. (2016) na secagem da casca e da banana em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C. Esse comportamento maior taxa de remoção de água do produto em razão da maior transferência de energia na forma de calor, ocasionado pelo aumento da temperatura (SOUSA et al., 2011).

Os tempos de secagem do quiabo sem casca foram de 650, 540, 450 e 345 min nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C respectivamente, sendo inferior ao tempo de secagem do quiabo com casca. O teor de água final do quiabo sem casca foi de 6,99% b.u na temperatura de 50 °C, 5,65% a 60 °C, 5,28% a 70 °C e 1,69% a 80 °C, sendo na maioria das temperaturas inferiores ao teor de água dos quiabos com casca. O quiabo com casca apresentou maior resistência na evaporação da água durante o processo de secagem, conseqüentemente, obtendo-se o equilíbrio higroscópico em maior tempo de secagem do que no quiabo sem casca.

Na Tabela 4.3 tem-se os parâmetros dos modelos matemáticos de Aproximação da difusão, Henderson e Pabis, Logarítmico, Midilli, Newton, Page, e Thompson, ajustados aos dados de secagem dos quiabos sem casca desidratados nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, os coeficientes de determinação e os desvios quadráticos médios.

Tabela 4.3 - Parâmetros obtidos, coeficientes de determinação (R^2) e desvios quadráticos médios (DQM) dos modelos matemáticos ajustados às curvas de cinética de secagem do quiabo sem casca

| Modelo | Temp. (°C) | Parâmetros | | | | | R^2 | DQM |
|------------------------|---------------|------------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | a | b | c | k | n | | |
| Aproximação da difusão | 50 | -47,1671 | 0,9851 | - | 0,0120 | - | 0,9993 | 0,0138 |
| | 60 | -6,2952 | 0,8908 | - | 0,0187 | - | 0,9995 | 0,0114 |
| | 70 | -10,0439 | 0,9318 | - | 0,0225 | - | 0,9990 | 0,0160 |
| | 80 | -51,6137 | 0,9857 | - | 0,0340 | - | 0,9994 | 0,0127 |
| Henderson e Pabis | 50 | 1,0535 | - | - | 0,0068 | - | 0,9947 | 0,0369 |
| | 60 | 1,0726 | - | - | 0,0097 | - | 0,9945 | 0,0383 |
| | 70 | 1,0665 | - | - | 0,0122 | - | 0,9941 | 0,0384 |
| | 80 | 1,0647 | - | - | 0,0189 | - | 0,9949 | 0,0362 |
| Logarítmico | 50 | 1,1133 | - | -0,0755 | 0,0058 | - | 0,9970 | 0,0278 |
| | 60 | 1,1171 | - | -0,0579 | 0,0086 | - | 0,9964 | 0,0312 |
| | 70 | 1,1104 | - | -0,0577 | 0,0109 | - | 0,9961 | 0,0312 |
| | 80 | 1,0956 | - | -0,0410 | 0,0174 | - | 0,9962 | 0,0310 |
| Midilli | 50 | 0,9711 | -0,00002 | - | 0,0011 | 1,3492 | 0,9996 | 0,0096 |
| | 60 | 0,9851 | -0,00001 | - | 0,0016 | 1,3619 | 0,9998 | 0,0081 |
| | 70 | 0,9771 | -0,00003 | - | 0,0023 | 1,3525 | 0,9994 | 0,0127 |
| | 80 | 0,9806 | -0,00002 | - | 0,0043 | 1,3498 | 0,9996 | 0,0103 |
| Newton | 50 | - | - | - | 0,0063 | - | 0,9924 | 0,0442 |
| | 60 | - | - | - | 0,0087 | - | 0,9910 | 0,0492 |
| | 70 | - | - | - | 0,0112 | - | 0,9912 | 0,0467 |
| | 80 | - | - | - | 0,0175 | - | 0,9924 | 0,0439 |
| Page | 50 | - | - | - | 0,0016 | 1,2729 | 0,9992 | 0,0148 |
| | 60 | - | - | - | 0,0020 | 1,3274 | 0,9996 | 0,0103 |
| | 70 | - | - | - | 0,0030 | 1,3022 | 0,9990 | 0,0155 |
| | 80 | - | - | - | 0,0053 | 1,3051 | 0,9994 | 0,0123 |
| Thompson | 50 | -214,7780 | 1,1623 | - | - | - | 0,9922 | 0,0448 |
| | 60 | -31,2822 | 0,5384 | - | - | - | 0,9875 | 0,0578 |
| | 70 | -231,2427 | 1,6135 | - | - | - | 0,9910 | 0,0471 |
| | 80 | -94,0633 | 1,2892 | - | - | - | 0,9920 | 0,0452 |

Dentre os modelos matemáticos testados, observou-se que todos apresentaram bons ajustes apresentando coeficientes de determinação superiores a 0,98 e desvios quadráticos médios inferiores a 0,06, destacando-se o modelo de Midilli com os maiores R^2 ($> 0,9993$) e os menores DQM $< 0,013$ em todas as temperaturas de secagem. Silva et al. (2017a) ao secarem cenouras em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C e

ajustarem diferentes modelos matemáticos aos dados experimentais obtiveram o melhor ajuste com o modelo de Midilli.

A constante de secagem k dos modelos testados, apresentaram tendência crescente com o aumento da temperatura de secagem, uma vez que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem. Corrêa et al. (2010) afirmaram que o parâmetro k tende a aumentar com o aquecimento, uma vez que maiores temperaturas acarretam maiores taxas de secagem, chegando ao teor de água de equilíbrio em menor tempo de exposição do produto ao ar de secagem. Nascimento et al. (2015b), ao estudarem a secagem de vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* SW) nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C, evidenciaram que o aumento da temperatura de secagem resultou no aumento da constante k nos modelos de Page e Henderson e Pabis.

Em relação a constante n dos modelos de Midilli e Page, que está relacionada à resistência interna do material à secagem (PEREZ et al., 2013), observou-se que não houve comportamento definido com incrementos das temperaturas de secagem, sugerindo que as condições externas apresentam maior influência na secagem do quiabo sem casca. Martins et al. (2014) também verificaram ao ajustarem o modelo de Midilli as cinéticas das cascas de mulungu nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C que não houve dependência do parâmetro n com o acréscimo da temperatura, não apresentando comportamento definido. Conforme Leite et al. (2015) as constantes a , b e c dos modelos testados as mesmas não possuem significado físico.

Na Figura 4.4 estão dispostas as curvas das cinéticas de secagem do quiabo sem casca ajustadas pelo modelo de Midilli, que conforme o conjunto de valores dos R^2 e DQM foi o melhor modelo para estimar a secagem dos quiabos sem casca.

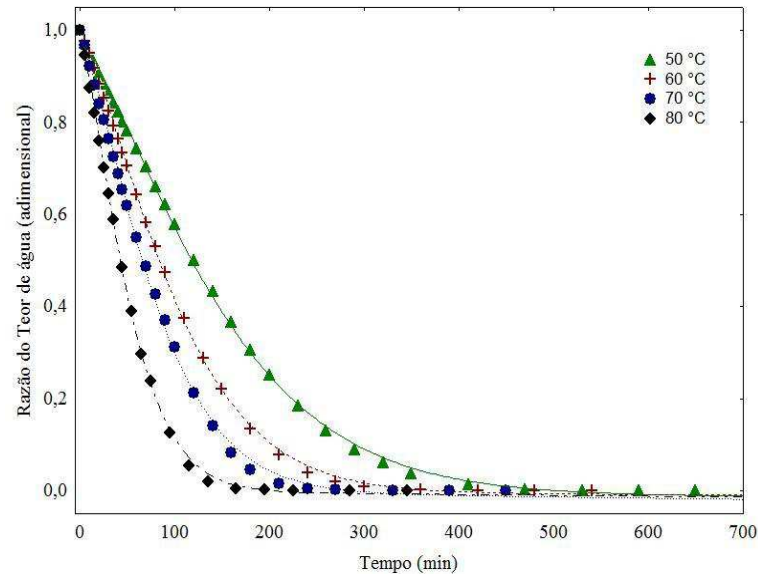


Figura 4.4 - Curvas de cinética de secagem do quiabo sem casca nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C ajustadas pelo modelo de Midilli

Assim como na secagem do quiabo com casca verificou-se que as curvas de secagem foram influenciadas pela temperatura, verificando-se que os dados experimentais ficaram muito próximos das curvas previstas pelo modelo de Midilli, fato que confirma os elevados valores de R^2 e baixos valores de DQM. Vários estudos relacionados a secagem de produtos vegetais, em estufa com circulação obtiveram melhor descrição dos fenômenos de secagem com o modelo de Midilli, como Corrêa Filho et al. (2015) na secagem do figo (*Ficus carica* L.) em secador de bandeja nas temperaturas de 40, 55 e 70 °C e Melo et al. (2015) na secagem da pimenta de cheiro em estufa sem circulação de ar, nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

4.3 - Caracterização química, físico-química e física do quiabo com casca em pó obtido por liofilização e secagem convectiva

Apresenta-se na Tabela 4.4 a caracterização química e físico-química avaliada no pó do quiabo com casca obtidos pelos métodos de liofilização e secagem convectiva.

Tabela 4.4 - Valores médios e desvios padrão das análises química e físico-química avaliadas no pó do quiabo com casca obtidos por liofilização e secagem convectiva

| Parâmetros | Liofilização | Secagem convectiva | | | |
|---|---------------|--------------------|---------------|---------------|--------------|
| | | Temperatura (°C) | | | |
| | | 50 | 60 | 70 | 80 |
| Teor de água (%) | 4,74±0,28 c | 8,35±0,30 a | 8,07±0,06 a | 6,55±0,30 b | 5,59±0,40 bc |
| Atividade de água | 0,129±0,001 d | 0,269±0,002 a | 0,227±0,002 b | 0,219±0,004 b | 0,175±0,011c |
| Acidez total titulável (% ácido cítrico) | 1,04±0,04 a | 0,75±0,04 b | 0,56±0,06 c | 0,53±0,07 cd | 0,39±0,03 d |
| pH | 6,32±0,00 | 6,39±0,01 | 6,43±0,02 | 6,49±0,00 | 6,55±0,03 |
| Ácido ascórbico (mg/100 g) | 115,93±1,13 a | 115,15±1,12 a | 112,51±1,10ab | 112,48±1,94ab | 107,01±1,66b |
| Cinzas (%) | 7,09±0,42 a | 6,42±0,05 b | 6,69±0,03 ab | 6,90±0,11 ab | 6,97±0,02 a |
| Lipídeos (%) | 2,60±0,05 b | 2,72±0,09 b | 2,78±0,09 b | 2,95±0,27 b | 3,49±0,27 a |
| Proteínas (%) | 24,44±1,14 a | 21,57±0,16 b | 20,04±0,31 bc | 18,35±0,43 cd | 17,92±0,72 d |
| Açúcares totais (mg/100 g) | 37,82±0,07 a | 25,79±0,03 b | 22,92±0,07 c | 19,85±1,86 d | 17,51±0,73 e |
| Açúcares redutores (mg/100 g) | 5,76±0,05 b | 6,90±0,23 a | 6,87±0,04 a | 6,84±0,31 a | 6,74±0,04 a |
| Pectina (%) | 13,45±0,65 a | 7,85±0,99 c | 11,62±0,13 b | 12,53±0,19 b | 12,68±0,09 b |
| Clorofila a (µg/g) | 8,56±0,01 a | 7,14±0,07 b | 6,89±0,02 c | 6,34±0,02 d | 4,49±0,02 e |
| Clorofila b (µg/g) | 2,11±0,01 c | 2,41±0,05 b | 2,54±0,09 a | 2,14±0,05 c | 1,70±0,01 d |
| Clorofila total (µg/g) | 15,44±0,01 a | 13,26±0,08 b | 12,93±0,05 c | 11,79±0,01 d | 9,20±0,03 e |
| Carotenoides (µg/g) | 3,30±0,01 a | 1,74±0,02 d | 1,91±0,01 c | 1,97±0,02 c | 2,50±0,01 b |

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os pós do quiabo com casca apresentaram teor de água variando entre 4,74 e 8,35% b.u, destacando-se o pó liofilizado com menor teor de água, o que já era esperado, uma vez que produtos vegetais liofilizados apresentam em média de 2 a 8% de teor de água (TERRONI et., 2013). Entre os pós obtidos da secagem convectiva, comprovou-se tendência de decréscimo do teor de água com o aumento da temperatura de secagem, entretanto não houve diferença estatística entre as médias dos pós obtidos nas temperaturas de 50 e 60 °C e entre os pós das temperaturas de 70 e 80 °C. Constatou-se que o pó obtido na temperatura de 80 °C apresentou valor semelhante ao pó obtido por liofilização, onde a

temperatura mais alta conseguiu retirar mais água livre do produto desidratado. Valor próximo foi obtido por Nascimento (2015) ao liofilizarem o concentrado proteico de sementes de quiabo obtendo um teor de água de 5,29% e superior a Corrêa et al. (2018) que quantificaram um teor de água de 9,17% na secagem da cenoura em secador de bandejas na temperatura de 75 °C. O teor de água encontrados nos pós do quiabo com casca nos dois métodos de secagem, estão dentro do padrão da legislação brasileira que estabelece para produtos secos e processados na forma de farinha um teor de água de até 15% (BRASIL, 2005).

A atividade de água apresentou comportamento semelhante ao teor de água, apresentando a menor atividade para o material liofilizado (0,129), com diferença estatística ($p < 0,05$) entre a média do pó liofilizado e os pós da secagem convectiva dos pós. Quanto aos pós obtidos na secagem convectiva foi observado tendência de redução deste parâmetro com o aumento da temperatura de secagem, todavia não havendo diferença estatística entre os pós produzidos nas temperaturas de 60 e 70 °C. A baixa atividade de água encontrada nos pós do quiabo com casca é importante, por conferir ao produto desidratado uma maior estabilidade durante a estocagem, aumentando dessa forma a sua vida útil, assegurando estabilidade microbiológica ($a_w < 0,6$) (FELLOWS, 2006). Santos et al. (2014) ao liofilizarem o *Hibiscus sabdariffa* L. da família Malvaceae, obtiveram atividade de água de 0,257, valor superior ao do pó de quiabo com casca liofilizado. Silva et al. (2017b) ao secarem cebola e beterraba orgânica em estufa com circulação de ar na temperatura de 70 °C obtiveram 0,280 e 0,285 de atividade de água, respectivamente, sendo próximos aos pós de quiabo da secagem convectiva nesse trabalho.

Constatou-se variação estatística ($p < 0,05$) nos valores da acidez total titulável (ATT) entre os métodos de secagem, destacando-se o pó liofilizado com o maior valor. Em relação a secagem convectiva notou-se que o aumento da temperatura resultou na tendência da redução da acidez. Isto se deve, provavelmente, a degradação térmica dos ácidos orgânicos ao longo das secagens (MELO et al., 2008). Em decorrência da ATT englobar todos os ácidos presentes no produto, admite-se que qualquer perda verificada em algum dos ácidos constituintes venha interferir nestes resultados. Comportamento semelhante foi reportado por Araújo et al. (2015) ao secarem batata doce (*Ipomoea batatas*) em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 40, 50 e 60 °C, obtendo ATT de 0,64, 0,60 e 0,52% de ácido cítrico, respectivamente.

Quanto ao pH, assim como na ATT o pó liofilizado diferiu estatisticamente ($p < 0,05$) dos pós obtidos na secagem convectiva, apresentando o liofilizado o menor valor,

indicando menor degradação. Percebeu-se que com o aumento da temperatura de secagem houve tendência de elevação nos valores de pH, estando relacionado a redução da ATT, visto que são parâmetros correlacionados inversamente, ou seja, quanto menor for acidez, maior será o pH. Isso se deve a redução de íons H⁺ em solução devido a degradação de ácidos orgânicos. Valores próximos foram obtidos por Santos et al. (2012) ao secarem coentro (*Coriandrum sativum* L.) pelos métodos de liofilização e secagem convectiva obtendo pH de 6,31 e 6,34, respectivamente.

Em relação ao teor de ácido ascórbico presente nos pós do quiabo com casca, verificou-se que houve a concentração da vitamina em relação ao material *in natura* em razão da redução do teor de água. Observou-se que o pó obtido por liofilização (115,93 mg/100 g) obteve valor semelhante aos das secagens convectivas nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C. O menor teor do ácido ascórbico foi quantificado no pó obtido a 80 °C (107,01 mg/100 g), o qual não apresentou diferença significativa dos pós obtidos a 60 e 70 °C. Então, notou-se que as diferenças entre as condições de secagem foram mínimas em relação ao teor de ácido ascórbico. Furtado et al. (2014) avaliando o teor de ácido ascórbico dos pós de abacaxi da variedade Pérola, obtidos por secagem convectiva nas temperaturas 60, 70 e 80 °C e espessura de 0,2 cm, obtiveram valores de 24,02; 24,77 e 23,21 mg/100 g, respectivamente, sem, no entanto, mostrar diminuições significativas com elevação da temperatura. Considerando-se a necessidade diária de ácido ascórbico para um adulto, que é de 45 mg/dia (ANVISA, 2005) o pó do quiabo com casca é uma fonte em potencial desse micronutriente, sendo necessário a ingestão de aproximadamente 40 g do pó diariamente para suprir essa necessidade.

Quanto ao teor de cinzas observou-se que os pós obtidos no processo de liofilização (7,09%) e secagem convectiva na temperatura de 80 °C (6,97%) obtiveram valores próximos, não havendo diferença estatística. Verificou-se que o teor de cinzas variou muito pouco entre os pós avaliados apresentando valores variando entre 6,42 e 7,09%, com apenas algumas diferenças significativas que podem estar relacionadas aos teores de água, onde o que apresentou menor teor de água, conseqüentemente menos água livre, concentrando o teor de minerais nas amostras. Valores próximos foram determinados por Crocetti et al. (2016) ao desidratarem beterraba (*Beta vulgaris* L.) em cubos, por secagem convectiva (50 °C) e liofilização, quantificando os valores das cinzas de 8,94 e 7,68%, respectivamente.

Os lipídeos presente nos pós do quiabo com casca apresentaram valores variando entre 2,60 e 3,49%. O pó obtido pelo processo de liofilização (2,60%) não diferiu

estatisticamente entre os pós obtidos na secagem convectiva nas temperaturas de 50 (2,72%), 60 (2,78%) e 70 °C (2,95%), havendo aumento significativo ($p < 0,05$) na temperatura de 80 °C (3,49%), verificando-se uma pequena tendência de concentração dos lipídeos do quiabo com casca com o aumento da temperatura de secagem. Oliveira et al. (2010) verificaram para grãos de aveia branca submetidos à secagem em diferentes temperaturas (50, 75 e 100 °C), que não houve variações estatísticas significativas no teor de lipídeos, com valores entre 6,60 a 6,88%. Valores superiores foram reportados por Silva et al. (2016b) ao caracterizarem farinhas de genótipos de berinjela (*Solanum melongena* L.) obtidos por secagem convectiva (60 °C), obtendo valores entre 4,0 e 6,0%.

Em relação ao teor de proteína, viu-se que houve tendência de diminuição do teor com o aumento da temperatura de secagem. O pó liofilizado reteve maior teor de proteínas (24,44%) diferindo-se estatisticamente dos pós obtidos na secagem convectiva. Desta forma, foi verificado a desnaturação das proteínas com o aumento da temperatura de secagem. A desnaturação de proteínas é definida como alteração da conformação em todas as partes de sua molécula ocasionando a perda de sua atividade biológica e funcionalidade e diversos tratamentos utilizados no processamento de alimentos podem provocar a desnaturação da proteína, onde geralmente, o efeito desnaturante final é provocado pela combinação de vários fatores, os quais rompem a conformação original das mesmas (MACAN et al., 2017). Comportamento semelhante foi verificado por Gonçalves et al. (2016) na secagem de cascas de banana verde (*Musa acuminata*) nas temperaturas de 55, 65 e 75 °C obtendo-se teor de proteínas de 7,42, 7,37 e 6,99%, respectivamente. Silva (2006) ao estudar a composição nutricional da farinha obtida por liofilização da polpa e mucilagem extraída do quiabo (*Hibiscus esculentus* L.) verificou teor de proteínas de 17,63 e 19,15%, respectivamente, valores próximos ao do presente estudo. Qualquer alimento que contenha proteínas e açúcares e que seja aquecido, mesmo que em temperaturas não muitas altas e durante pouco tempo, sofre perda de aminoácidos essenciais, e portanto, de seu valor nutritivo (PEREDA et al., 2005).

Os açúcares totais dos pós do quiabo com casca foram maiores no pó obtido pelo processo de liofilização (37,82 mg/100 g) havendo diferença estatística em relação aos demais pós obtidos na secagem convectiva. Observou-se que houve decréscimo dos açúcares totais com o aumento da temperatura de secagem ($p < 0,05$). Guiné et al. (2011) avaliando a secagem em estufa com circulação de ar de abóbora em fatias, nas temperaturas entre 30 e 70 °C, verificaram redução de 65% dos açúcares totais, com a elevação da temperatura de secagem. Costa (2017) ao liofilizar as cascas das melancias das

variedades Manchester e Smile verificou teor de açúcares totais de 20,90 e 15,50 mg/100 g, respectivamente.

Quantos aos açúcares redutores verificou-se que houve diferença estatística entre o pó do quiabo com casca liofilizado (5,76 mg/100 g) e os obtidos na secagem convectiva que apresentaram os maiores valores. Em relação aos pós da secagem convectiva observou-se que não houve diferenças estatísticas entre as amostras. Valores superiores foram observados por Calado (2014) ao estudarem a secagem por convecção da cenoura (*Daucus carota* L.) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C obtendo teor de açúcares redutores de 9,58, 9,52 e 8,85 mg/100 g, respectivamente.

Os pós do quiabo com casca apresentaram teor de pectina consideráveis, destacando-se o pó liofilizado (13,45%) diferindo estatisticamente ($p < 0,05$) dos pós obtidos na secagem convectiva. Verifica-se que o menor teor de pectina foi obtido na temperatura de 50 °C (7,85%) e nas demais temperaturas, 60 °C (11,62%); 70 °C (12,53%) e 80 °C (12,68%) não houve diferença estatística entre as médias. Segundo Endress e Mattes (2009) as principais fontes de pectina comercial são as cascas de frutas cítricas secas e de maçã que apresentam rendimento médio de 30 e 15%, respectivamente. Wang et al. (2016) encontraram valores de 16,70% na extração de pectina da casca da manga liofilizada. Siqueira et al. (2012) obtiveram rendimentos médios de pectina extraída de casca de pequi entre 14,89 e 55,86%; e Kpodo et al. (2017) ao avaliarem o teor de pectina de seis genótipos de quiabos (*Abelmoschus esculentus* L.), isolada por extração aquosa a pH 6,0 obtiveram rendimento entre 11 a 14%. Teor de pectina inferior ao dos pós de quiabo com casca foi determinado em mangaba com valor médio de pectina total de 1,3% (SANTOS et al., 2017).

Em relação ao teor de clorofila presente nos pós do quiabo com casca, observou-se uma concentração de mais de 100%, em relação ao material *in natura*, estando diretamente relacionada ao pH final da amostra, que torna a clorofila em clorofilida para tons verde brilhante. O pó liofilizado destacou-se na retenção da clorofila 'a' (8,56 µg/g) e da clorofila total (15,44 µg/g) diferindo-se estatisticamente dos pós obtidos na secagem convectiva, o que já era esperado, uma vez que o processo de liofilização evita alteração das propriedades químicas do produto (AZEREDO, 2012). Santos et al. (2012) ao secarem coentro (*Coriandum sativum* L.) pelos métodos de secagem convectiva (50 °C) e liofilização obtiveram valores de clorofila 'a' de 197 e 122 mg/100 g e clorofilas totais de 290 e 165 mg/100 g, respectivamente.

Em relação a secagem convectiva foi verificado que o aumento da temperatura de secagem promoveu diminuição das clorofilas 'a', 'b' e total, essa degradação em maior temperatura de secagem se dá devido a desnaturação das proteínas, que deixam as clorofilas desprotegidas e com isso ocorre sua degradação que varia também de acordo com o pH da amostra. As clorofilas também são sensíveis as variações de temperatura, luz e oxigênio, tendo influência direta na sua degradação (BOHN e WALCZYK, 2004). Comportamento semelhante foi reportado por Reis et al. (2012) na secagem de folhas de manjeriço (*Ocimum basilicum* L.) verificando a degradação das clorofilas com o aumento da temperatura de secagem.

Assim como as clorofilas, o pó obtido da liofilização, apresentou maior teor de carotenoides, destacando-se estatisticamente ($p < 0,05$) dos demais pós, obtidos na secagem convectiva. Quanto a secagem convectiva observou-se que houve uma tendência de aumento dos carotenoides com o aumento da temperatura entre 60, 70 e 80 °C, isto, maior retenção dos carotenoides, podendo estar relacionado ao menor tempo de secagem, logo a um menor tempo de exposição ao ar aquecido. Nóbrega et al. (2014) constataram para o pó do resíduo da acerola obtido da secagem em leito fixo tendência de maior retenção dos carotenoides com o aumento da temperatura de secagem entre 60 e 80 °C e com resultados na faixa de 4,52 a 5,53 µg/g. Os carotenoides são de suma importância, por possuir atividade antioxidante, devido sua interação com radicais livres, agindo assim na prevenção de doenças cancerígenas e cardiovasculares (SOUZA et al., 2011).

Apresenta-se na Tabela 4.5 o valor médio e os desvio padrão dos parâmetros físicos do pó do quiabo com casca obtido por liofilização e secagem convectiva.

Tabela 4.5 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos avaliadas no pó do quiabo com casca obtidos por liofilização e secagem convectiva

| Parâmetros | Liofilização | Secagem convectiva | | | |
|---|---------------|--------------------|--------------|---------------|--------------|
| | | Temperatura (°C) | | | |
| | | 50 | 60 | 70 | 80 |
| Higroscopicidade (%) | 82,97±0,38 bc | 86,64±0,98 a | 83,98±0,02 b | 82,94±0,03 bc | 81,81±0,54 c |
| Molhabilidade (g/min) | 2,05±0,04 a | 0,91±0,03 c | 1,62±0,05 b | 1,62±0,01 b | 2,12±0,09 a |
| Solubilidade (%) | 62,08±1,01 a | 29,39±0,23 e | 31,02±0,58 d | 34,40±0,56 c | 40,42±1,24 b |
| Densidade aparente (g/cm ³) | 0,122±0,01 d | 0,511±0,06 a | 0,510±0,01 a | 0,484±0,01 b | 0,355±0,01 c |
| Densidade compactada (g/cm ³) | 0,193±0,01 e | 0,631±0,02 a | 0,628±0,01 b | 0,572±0,01 c | 0,418±0,01 d |
| Índice de Carr (%) | 36,67±2,89 a | 19,00±1,73 b | 17,33±0,59 c | 15,33±0,58 d | 15,00±0,00 d |
| Fator de Hausner | 1,58±0,07 a | 1,23±0,03 b | 1,21±0,01 b | 1,18±0,01 c | 1,18±0,00 c |
| Luminosidade (L*) | 70,05±0,02 a | 58,41±0,23 e | 59,85±0,22 d | 60,29±0,11 c | 65,80±0,06 b |
| Intensidade de verde (-a*) | -5,16±0,10 a | -3,45±0,03 b | -2,94±0,05 c | -2,80±0,08 c | -1,29±0,05 d |
| Intensidade de amarelo (+b*) | 23,48±0,03 b | 20,73±0,29 e | 22,22±0,08 d | 22,82±0,15 c | 24,77±0,35 a |
| Croma (C*) | 24,04±0,04 b | 21,15±0,30 d | 22,40±0,07 c | 22,94±0,15 c | 24,65±0,35 a |
| Ângulo de tonalidade (°) | 77,75±0,23 e | 80,65±0,09 d | 82,51±0,14 c | 82,91±0,17 b | 87,04±0,09 a |

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os pós do quiabo com casca apresentaram alta higroscopicidade, segundo GEA Niro (2006) pós que apresentam higroscopicidade maior que 25,0% são extremamente higroscópicos, destacando-se o pó obtido da secagem convectiva na temperatura de 50 °C (86,64%) com a maior higroscopicidade. Fernandes et al. (2014a) verificaram para os pós da polpa de tomate cv. Saladete desidratada nas temperaturas de 60 e 80 °C em estufa com circulação, valores de higroscopicidade variando de 41,40 a 57,88 g de água adsorvida/100 g de sólido seco. Constatou-se que a higroscopicidade dos pós está diretamente ligada ao teor de água, onde os pós que apresentaram menor teor de água mostraram-se menos higroscópico. A avaliação da higroscopicidade em alimentos é muito importante, pelo o fato de está intimamente associada a estabilidade física, química e microbiológica destes

produtos (TONON et al., 2009). Com isso, recomenda-se selecionar uma embalagem impermeável para o armazenamento destes pós.

Quanto a molhabilidade dos pós observou-se que os maiores valores foram do pó obtido por liofilização (2,05 g/min) e do obtido por secagem convectiva na temperatura de 80 °C (2,12 g/min), não diferindo estatisticamente entre si. Dos pós da secagem convectiva verificou-se uma tendência de aumento da molhabilidade com o aumento da temperatura de secagem, podendo estar relacionado ao tempo de secagem que quanto maior, deixam as partículas mais densas, dificultando a molhabilidade, porque os mesmos tornam-se mais finos, com maior tendência a aglomeração. A taxa de molhabilidade é caracterizada pela susceptibilidade das partículas em ser penetrada pela água e está relacionada tanto à composição química do alimento, quanto aos fatores físicos, especialmente tamanho e forma das partículas e temperatura da água de reconstituição (TONON, 2009). Duarte et al. (2017) ao liofilizarem fatias de frutas do cerrado, marolo (*Annona crassiflora*), e cagaita (*Eugenia dysenterica*), encontraram taxas de molhabilidade de 4,54 e 1,15 g/min, respectivamente, sendo a da cagaita próxima aos dos pós de quiabo com casca.

A solubilidade dos pós que é uma propriedade importante das matérias-primas alimentícias, onde pós pouco solúveis podem causar dificuldades de processamento e podem resultar em perdas econômicas na indústria (SHARMA et al., 2012). Verificou-se que o pó obtido na liofilização (62,08%) destacou-se dos demais apresentando a maior solubilidade. Quanto aos pós obtidos da secagem convectiva, verificou-se aumento significativo da solubilidade com o aumento da temperatura de secagem, variando de 29,39 a 40,42%, sendo considerados de baixa solubilidade em relação a outros com produtos vegetais. Valores superiores foram quantificados por Augusta et al. (2010) para a casca do jambo (*Syzygium malaccensis*) secadas em estufa a vácuo a 75 °C valor médio de solubilidade de 98,36%; por Caparino et al. (2012) com solubilidade de 89,70% no pó da polpa de manga integral liofilizada e por Franco et al. (2016) para o yacon em pó obtido na secagem convectiva em diferentes temperaturas (50, 60 e 70 °C) verificaram solubilidade na faixa de 80,89 a 84,16%. Kuck e Noreña (2016) afirmaram que quanto mais baixo é o teor de água mais solúvel é o produto, sendo este comportamento verificado para os pós de quiabo com casca nesse estudo.

Os maiores valores da densidade aparente foram dos pós obtidos na secagem convectiva, havendo redução da densidade com o aumento da temperatura. O pó liofilizado apresentou a menor densidade de 0,122 g/cm³. Observou-se uma correlação entre a densidade aparente com a solubilidade, sugerindo que quanto menor a densidade maior a

solubilidade (SOGI et al., 2015), provavelmente, isto ocorreu pela facilidade de penetração da água na amostra, o que resultou em menor formação de grumos, sendo esse comportamento verificado para os pós do quiabo. Valores próximos aos dos pós da secagem convectiva foram observados por León-Martínez et al. (2010) para o pó da mucilagem de figo da índia obtido em diferentes temperaturas de secagem e velocidades de atomização, com densidades aparentes de 0,350 a 0,550 g/cm³. Valor próximo ao do pó da liofilização foi determinado por Sogi et al. (2015) para o pó da manga da variedade Tommy Atkin obtido da liofilização com valor de densidade aparente de 0,170 g/cm³.

Os valores da densidade compactada variaram entre 0,193 e 0,631 g/cm³, destacando-se o pó liofilizado com menor densidade e o pó obtido na secagem convectiva a 50 °C com maior densidade compactada, comportamento também verificado na densidade aparente, uma vez que os parâmetros se correlacionaram. Verificou-se que os valores de densidade compactada foram superiores aos da densidade aparente, o que já era previsto, em razão da redução dos espaços vazios entre as partículas proporcionadas pela compactação dos pós. Valores próximos foram quantificados por Fernandes et al. (2014a) para o tomate em pó produzido a partir da secagem em camada de espuma nas temperaturas de 60 e 80 °C com valores de densidade compactada na faixa de 0,180 a 0,454 g/cm³.

O índice de Carr (IC) ou índice de compressibilidade dos pós do quiabo com casca apresentaram médias entre 36,67% (pó liofilizado) e 15,00% (pó da secagem convectiva a 80 °C). Constatou-se que nos pós da secagem convectiva o IC diminuiu com o aumento da temperatura, não diferindo estatisticamente entre as temperatura de 70 e 80 °C. O índice de Carr mede a capacidade de fluidez de pós. Valores de IC entre 15-20% têm boa fluidez, entre 20-35 pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45 fluidez muito ruim (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Logo, verificou-se que os pós obtidos na secagem convectiva em todas as temperaturas avaliadas foram considerados como de boa fluidez (IC entre 15-20%). O pó liofilizado foi classificado como pó com fluidez ruim (IC entre 35-45%). Caliskan e Dirim (2016) ao secarem o sumagre (*Rhus coriaria*) com 20% de maltodextrina em diferentes processos de secagem, secagem por atomização e liofilização, verificaram uma fluidez de 33,94 e 25,02%, respectivamente.

Em relação ao Fator de Hausner (FH), que corresponde a relação entre as densidades compactada e aparente que avalia a coesividade dos produtos em pó, variou entre 1,18 e 1,58, com o maior valor obtido para o pó da liofilização. Conforme Santhalakshmy et al. (2015) pós que apresentam fator de Hausner inferiores a 1,2 são

classificados como de baixa coesividade, FH entre 1,2 a 1,4 são de coesividade intermediária e FH > 1,4 são considerados de alta coesividade. Logo o pó liofilizado nesse trabalho apresentou alta coesividade, visto que os pós das secagens nas temperaturas de 50 °C (1,23) e 60 °C (1,21) apresentam coesividade intermediária e os pós obtidos nas temperaturas de 70 e 80 °C (1,18) foram classificados como pós com baixa coesividade. Observou-se que houve uma tendência de redução de FH com o aumento da temperatura de secagem convectiva, indicando que os pós das temperaturas de 70 e 80 °C foram os melhores com relação a este parâmetro. Dantas et al. (2009) ao estudarem as propriedades de pós de mistura de frutas (manga, seriguela e umbu) em leite de jorro encontraram valores de FH entre 1,46 e 1,58.

Quanto aos parâmetros colorimétricos, verificou-se para a luminosidade (L^*) que o maior valor foi do pó liofilizado (70,05), o que era previsto em razão da secagem ocorrer em baixa temperatura o que previne o escurecimento. Em relação aos pós obtidos na secagem convectiva, observou-se que a luminosidade aumentou com o acréscimo da temperatura de secagem, fato esse que pode estar relacionado a maior rapidez da secagem em temperaturas mais altas que proporcionou menor escurecimento. Comportamento semelhante foi verificado por Oliveira et al. (2016c) na secagem em estufa com circulação de ar de baru (*Dipteryx alata* Vogel), nas temperaturas de 60 (44,70), 80 (44,98) e 100 °C (45,61), verificando que o aumento da temperatura resultou em pós com maior L^* . Krumreich et al. (2016) verificaram para a uvaia (*Eugenia pyriformis*) desidratada por liofilização e secagem convectiva, valores de luminosidade de 89,19 e 64,76, respectivamente, sendo condizentes com o verificado para os pós de quiabo com casca.

Observou-se como para a luminosidade que a componente verde ($-a^*$) foi mais predominante no pó liofilização (-5,16). O aumento da temperatura de secagem convectiva promoveu a diminuição da tonalidade de verde e intensificou o componente amarelo ($+b^*$). Segundo Buchailot et al. (2009) durante o processo de secagem, as moléculas de magnésio são convertidos para feofitina e pirofeofitina provocando diminuição da tonalidade verde das amostras. Braga (2016) ao estudar a secagem de folhas de *Curcuma Longa* L. em estufa com circulação (60 °C), micro-ondas (900 W) e liofilização, obtiveram valores de $-a^*$ de -1,65, -1,56 e -1,87 e intensidade de amarelo de 5,40, 4,16 e 6,88, corroborando com os dados desse estudo.

Em relação ao croma (C^*) o pó obtido da secagem convectiva na temperatura de 80 °C (24,65) apresentou o maior valor seguido do pó liofilizado (24,04). Percebeu-se que houve aumento da cromaticidade com o acréscimo da temperatura de secagem convectiva,

variando entre 21,15 e 24,65. Os menores valores de croma indicam maior opacidade das amostras, e os maiores, tonalidades mais intensas (CANUTO et al., 2010). Valores próximos foram verificados por Oliveira et al. (2016c) para o baru (*Dipteryx alata* Vogel) secado nas temperaturas de 80 e 100 °C em estufa de circulação a ar, verificando valores de croma de 22,24 e 24,26.

Quanto ao ângulo de tonalidade (h), assim como no croma, observou-se que o maior valor foi do pó desidratado na temperatura de 80 °C (87,04°) e o menor foi do pó liofilizado (77,75). Os pós da secagem convectiva apresentaram aumento do ângulo h com o aumento da temperatura. Verificou-se que os valores se distanciaram da região do vermelho, que corresponde ao ângulo $h = 0^\circ$, e aproximando-se da região do amarelo, que equivale ao ângulo $h = 90^\circ$ (ALVES et al., 2008). Comportamento inverso foi verificado por Krumreich et al. (2016) para a uvaia (*Eugenia pyriformis*) desidratada por liofilização e secagem convectiva com valores de h de 83,91 e 60,65° respectivamente.

4.4 - Caracterização química, físico-química e física do quiabo sem casca em pó obtido por liofilização e secagem convectiva

Estão apresentados na Tabela 4.6 os parâmetros químicos e físico-químicos avaliados nos pós do quiabo sem casca obtidos pelos métodos de liofilização e secagem convectiva.

Tabela 4.6 - Valores médios e desvios padrão dos parâmetros químicos e físico-químicos avaliados nos pós do quiabo sem casca obtidos por liofilização e secagem convectiva

| Parâmetros | Liofilização | Secagem convectiva | | | |
|---|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Temperatura (°C) | | | |
| | | 50 | 60 | 70 | 80 |
| Teor de água (%) | 3,87±0,09 c | 8,52±0,10 a | 8,02±0,23 a | 5,64±0,20 b | 5,06±0,10 b |
| Atividade de água | 0,106±0,002 c | 0,262±0,023 a | 0,255±0,010 a | 0,224±0,004 b | 0,216±0,001 b |
| Acidez total titulável (% ácido cítrico) | 0,83±0,36 c | 2,76±0,19 a | 2,29±0,08 ab | 2,10±0,14 b | 1,94±0,07 b |
| pH | 6,41±0,01 | 6,06±0,01 | 6,24±0,01 | 6,31±0,01 | 6,32±0,02 |
| Ácido ascórbico (mg/100 g) | 100,78±0,78 a | 90,75±3,96 b | 83,29±2,23 c | 79,64±2,44 c | 79,47±0,22 c |
| Cinzas (%) | 6,97±0,11 a | 6,56±0,13 b | 6,64±0,10 b | 6,75±0,31 a | 6,88±0,27 a |
| Lipídeos (%) | 2,20±0,05 c | 2,30±0,22 b | 2,32±0,42 b | 2,33±0,02 b | 2,41±0,60 a |
| Proteínas (%) | 24,16±0,58 c | 28,97±0,22 a | 26,84±0,70 b | 26,30±0,07 b | 12,93±0,26 d |
| Açúcares totais (mg/100 g) | 21,72±1,04 a | 20,88±0,04 ab | 20,56±0,13 ab | 19,54±0,58 bc | 18,67±0,41 c |
| Açúcares redutores (mg/100 g) | 4,21±0,12 b | 4,09±0,06 b | 4,14±0,04 b | 6,33±0,13 a | 6,25±0,11 a |
| Pectina (%) | 20,47±0,17 a | 14,18±0,37 b | 14,77±0,18 b | 15,02±0,71 b | 15,85±0,09 b |
| Clorofila a (µg/g) | 1,66±0,02 a | 0,84±0,01 b | 0,77±0,01 c | 0,51±0,01 d | 0,47±0,03 d |
| Clorofila b (µg/g) | 0,36±0,01 a | 0,29±0,01 ab | 0,29±0,04 ab | 0,24±0,01 b | 0,14±0,03 c |
| Clorofila total (µg/g) | 2,97±0,03 a | 1,56±0,01 b | 1,46±0,02 c | 1,00±0,02 d | 0,87±0,05 e |
| Carotenoides (µg/g) | 0,94±0,02 a | 0,45±0,01 b | 0,43±0,02 bc | 0,41±0,01c | 0,45±0,01 b |

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de água do pó do quiabo sem casca apresentou uma variação de 3,87 a 8,52%, como menor teor observado para o pó liofilizado e o maior do pó secado na temperatura de 50 °C. Verificou-se que com aumento da temperatura de secagem convectiva o teor de água apresentou tendência de redução. Comportamento semelhante foi reportado em pesquisas com a secagem de produtos vegetais, como Botrel et al. (2016) que verificaram para os pós de araticum obtidos por meio da secagem convectiva nas temperaturas de 70, 80 e 90 °C, teor de água de 14,14; 13,30 e 11,11%, respectivamente. Moscon et al. (2017) para a farinha de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.) secados

em estufa com circulação forçada de ar nas temperaturas de 40, 50, 60 e 70 °C que obtiveram teor de água de 8,94, 6,95, 6,43 e 5,76%, respectivamente. Constatou-se que não houve diferença estatística entre as médias dos pós obtidos na temperatura de 50 e 60 °C e entre 70 e 80 °C. Mauro et al. (2010) ao secarem as hortaliças, talos de couve e de espinafre, em estufa com circulação de ar na temperatura de 65 °C obtiveram teor de água de 5,80 e 4,74%, respectivamente.

Em relação a atividade de água, verificou-se mesmo comportamento do teor de água, apresentando o menor valor para o pó liofilizado (0,106) e o maior para o pó da temperatura de 50 °C (0,262). Observou-se que a atividade de água dos pós obtidos da secagem convectiva apresentou tendência de redução com o aumento da temperatura de secagem. Constatou-se que a atividade de água dos pós obtidos nas temperaturas de 50 (0,262) e 60 °C (0,255) e entre 70 (0,224) e 80 °C (0,216) não diferiram estatisticamente. A baixa atividade de água obtida nos pós do quiabo, é de suma importância para a conservação dos mesmos, pois $a_w < 0,6$, confere ao produto uma estabilidade microbiológica e conseqüentemente prolongação da sua vida útil (SOUZA et al., 2015). Valores superiores foram verificados por Fante (2011) para o alho (*Allium sativum* L.) desidratado pelos mesmos métodos de secagem, sendo verificado para a secagem convectiva nas temperatura de 50 a 60 °C valor de atividade de água entre 0,521 a 0,376 e para a liofilização de 0,126.

A acidez total titulável dos pós do quiabo sem casca variaram de 0,83 a 2,76% ácido cítrico, apresentando o menor teor o pó liofilizado e o maior o pó da secagem a 50 °C. Em relação aos pós obtidos na secagem convectiva, foi verificado tendência de redução da acidez com o acréscimo da temperatura de secagem. Segundo Machado et al. (2012) a acidez de um alimento está relacionada à presença dos ácidos orgânicos sendo que esses compostos são degradados quando o alimento é submetido a temperaturas elevadas. Comportamento semelhante foi verificado na desidratação do quiabo com casca (Tabela 4.4). Observou-se que os pós do quiabo sem casca da secagem convectiva demonstraram ser mais ácidos do que os pós com casca. Valores próximos foram verificados por Corrêa (2015) em minitomates *Sweet Grape* (*Solanum lycopersicum*) secos em secador convectivo adiabático e liofilizador, verificando valor de acidez de 1,10 e 0,66% de ácido cítrico, respectivamente.

Os pós do quiabo sem casca apresentaram valores de pH próximo a faixa da neutralidade, corroborando com os valores dos pós do quiabo com casca (Tabela 4.4), classificando-os como alimentos de baixa acidez (pH > 4,5) conforme Vasconcelos e Melo

Filho (2010). Como o pH está diretamente relacionado a acidez, sendo os mesmos inversamente proporcional, o pó liofilizados apresentou maior valor (6,41), diferindo-se estatisticamente dos demais. Em relação aos pós obtidos na secagem convectiva observou-se o aumento do pH com o acréscimo da temperatura, verificando teor variando entre 6,06 e 6,32. Valores próximos foram reportados para a farinha da semente de carolina (*Adenantha pavonina* L.) obtida por secagem convectiva na temperatura de 60 °C com pH de 6,5 (SILVA et al., 2017c).

Quanto ao teor de ácido ascórbico destacou-se o pó liofilizado com maior teor (100,78 mg/100 g), diferindo estatisticamente dos demais pós, o que já era esperado, uma vez que a baixa temperatura do processo, evita alteração das propriedades químicas do material desidratado. Quanto aos pós obtidos na secagem convectiva, observou-se que houve uma tendência de redução do teor de ácido ascórbico com o aumento da temperatura de secagem, com valores variando entre 90,75 mg/100 g (50 °C) e 79,47 mg/100 g (80 °C), sendo inferiores aos pós com casca (Tabela 4.4) onde os valores variaram entre 115,93 mg/100 g para o pó liofilizado e entre 115,15 (50 °C) e 107,01 mg/100 g (80 °C) para os pós desidratados na secagem convectiva, confirmando que a temperatura é um dos principais fatores de degradação do ácido ascórbico. Valores inferiores de ácido ascórbico foram encontrados em coentro seco que apresentou teor de 18,59 a 70,89 mg/100 g após a secagem solar (SILVEIRA et al., 2015); e cerca de 12,5 a 25,0 mg/100 g no coentro seco em estufa com circulação de ar (60 a 100 °C) (KHANUM et al., 2013).

Verificou-se que os pós dos quiabos sem casca apresentaram alto teor de cinzas, destacando-se o pó liofilizado (6,97%). Observou-se que com o acréscimo da temperatura da secagem convectiva houve tendência de aumento do teor de cinzas, indicando que a concentração dos minerais e matéria inorgânica presente na amostra aumentou. Este aumento está relacionado a redução do teor de água, uma vez que os minerais não sofrem efeito direto da temperatura. Valores inferiores ao reportado nesse estudo foi verificado por Araújo et al. (2010) para a alface (0,89%), berinjela (0,35%) e cenoura (0,60%) liofilizadas.

Quanto aos lipídeos presentes nos pós do quiabo sem casca, destacou-se o pó obtido na secagem convectiva a 80 °C (2,41%) com o maior valor e o menor foi o pó da liofilização (2,20%). Observou-se uma pequena tendência de aumento dos lipídeos com o aumento da temperatura nos pós da secagem convectiva com os valores variando entre 2,30 a 2,41%, sendo estes valores inferiores aos dos pós com casca (Tabela 4.4) que variaram entre 2,60% no pó liofilizado e de 2,72% (50 °C) a 3,49% (80 °C) nos

desidratados por secagem convectiva. Silva (2006) verificou o teor de lipídeos da polpa e da mucilagem do quiabo liofilizado com valores de 3,66 e 4,31 g/100 g, respectivamente.

Em relação aos açúcares totais presentes nos pós do quiabo sem casca, observou-se que o pó liofilizado (21,72 mg/100 g) apresentou o maior teor. Em relação aos pós obtidos da secagem convectiva, verificou-se a degradação dos açúcares com o aumento da temperatura de secagem. Valores inferiores foram encontrados para outras hortaliças desidratadas, como para a couve tipo manteiga desidratada por secagem convectiva na temperatura de 55 °C, com teor de 3,39 mg/100 g (SALVINO, 2014).

Quanto aos açúcares redutores dos pós do quiabo sem casca, verificou-se que os mesmos concentraram com o aumento da temperatura da secagem convectiva, variando de 4,09 mg/100 g (50 °C) a 6,25 mg/100 g (80 °C). Carvalho (2014) verificou valores próximos ao desse estudo para a abóbora desidratada nas temperaturas de 40 e 80 °C obtendo valores de 5,27 a 5,60 mg/100 g, respectivamente.

Os pós do quiabo sem casca apresentaram teor de pectina superior aos pós do quiabo com casca (Tabela 4.4). O pó da liofilização apresentou o maior valor (20,47%) e os pós da secagem convectiva não tiveram influência do aumento da temperatura de secagem sobre a pectina apresentando valores inferiores ao do liofilizado variando entre 14,18 e 15,85%. Visivelmente, observou-se um alto teor de mucilagem na polpa em relação a casca, comprovando-se que diferente da maioria de frutas e vegetais, que tem na casca a maior fonte de pectina, no quiabo encontra-se em sua polpa. Valores próximos foram reportado por Fernandes et al. (2014b) para a farinha da cenoura obtida em estufa com circulação (60 °C) verificando rendimento de 14,73% de pectina.

Em relação ao teor de clorofila presentes nos pós do quiabo sem casca, percebeu-se uma maior concentração nos pós liofilizados, tanto na clorofila 'a' (1,66 µg/g) e 'b' (0,36 µg/g) como na total (2,97 µg/g) diferindo estatisticamente dos pós obtidos na secagem convectiva. Em relação aos pós obtidos na secagem convectiva, observou-se a degradação das clorofilas com o aumento da temperatura de secagem, com valores variando para a clorofila 'a' entre 0,84 e 0,47 µg/g, para a clorofila 'b' entre 0,29 e 0,14 µg/g e para a clorofila total entre 1,56 e 0,87 µg/g respectivamente, entre as temperaturas de 50 e 80 °C. Verificou-se que o teor de clorofila nos pós dos quiabos sem casca foram inferiores em relação aos pós com casca (Tabela 4.4) nos dois métodos de desidratação, o que já era previsto visto que, a clorofila se encontra nos tecidos vegetais, mais especificamente no interior dos cloroplastos. Machado et al. (2014) ao secarem folhas de oliveira (*Olea europaea*) em estufa com circulação de ar nas temperaturas de 50 e 80 °C, encontraram

valores de clorofila 'a' de 19,20 e 12,30 mg/100 g e para clorofila 'b' valores de 9,78 e 6,25 mg/100 g, respectivamente. A degradação das clorofilas com o acréscimo da temperatura de secagem convectiva foi também observada instrumentalmente na análise colorimétricas dos pós (Tabela 4.7), em que a luminosidade e a intensidade de amarelo intensificaram com o aumento da temperatura de secagem. Nascimento et al. (2017) ao analisarem a clorofila total do pimentão (*Capsicum annuum* L.) desidratado por secagem convectiva a 60 °C verificaram um teor de 43,30 mg/100 g.

A liofilização preservou melhor os carotenoides do pó do quiabo sem casca, apresentando o maior teor (0,94 µg/g). Verificou-se que os carotenoides dos pós do quiabo sem casca apresentaram valores bastante inferiores em relação aos pós do quiabo com casca (Tabela 4.4), notando-se que com a remoção da casca, o teor de carotenoides decresceu, dado que o mesmo se encontra em maior quantidade na casca. Comprovou-se que não houve comportamento definido nos pós obtidos por secagem convectiva, havendo redução significativa apenas no pó desidratado a 70 °C. Dessa forma, observou-se a degradação dos carotenoides, nas temperaturas utilizadas na secagem convectiva, as quais foram mínimas, em termos numéricos, ou seja, o teor ficou praticamente semelhante, mostrando que os carotenoides não apresentaram suscetibilidade a fatores térmicos. Moraes (2014) para o resíduo de caju (*Anacardium occidentale* L.) seco por secagem convectiva a 80 °C, obtiveram valores de 9,88 mg/100 g para os teores de carotenoide em estudo.

Apresenta-se na Tabela 4.7 o valor médio e desvio padrão dos parâmetros físicos dos pós do quiabo sem casca obtidos por liofilização e secagem convectiva.

Tabela 4.7 – Valores médios e desvios padrão dos parâmetros físicos avaliados nos pós do quiabo sem casca obtidos por liofilização e secagem convectiva

| Parâmetros | Liofilização | Secagem convectiva | | | |
|---|---------------|--------------------|---------------|---------------|---------------|
| | | Temperatura (°C) | | | |
| | | 50 | 60 | 70 | 80 |
| Higroscopicidade (%) | 83,33±0,29 c | 87,14±0,02 a | 84,89±0,07 b | 82,69±0,14 d | 82,14±0,10 e |
| Taxa de Molhabilidade (g/min) | 3,08±0,10 b | 1,89±0,02 e | 2,21±0,09 d | 2,60±0,13 c | 3,37±0,03 a |
| Solubilidade (%) | 63,04±0,48 a | 32,98±1,36 b | 33,63±3,28 b | 34,97±0,80 b | 36,95±0,48 b |
| Densidade aparente (g/cm ³) | 0,128±0,005 e | 0,518±0,017 a | 0,433±0,012 b | 0,392±0,008 c | 0,370±0,002 d |
| Densidade compactada (g/cm ³) | 0,171±0,007 e | 0,691±0,019 a | 0,599±0,02 b | 0,522±0,011 c | 0,466±0,008 d |
| Índice de Carr (%) | 25,00±0,00 a | 25,67±1,53 a | 25,00±0,00 a | 25,00±0,00 a | 20,67±1,16 b |
| Fator de Hausner | 1,33±0,00 b | 1,38±0,01 a | 1,33±0,00 b | 1,33±0,00 b | 1,26±0,02 c |
| Luminosidade (L*) | 78,18±0,11 a | 62,21±0,34 d | 64,01±0,37 c | 69,05±0,34 b | 69,12±0,22 b |
| Intensidade de verde (-a*) | 2,28±0,14 a | 1,66±0,14 b | 1,02±0,14 c | 0,97±0,17 c | 0,88±0,05 c |
| Intensidade de amarelo (+b*) | 22,68±0,24 a | 17,26±0,55 c | 18,20±0,57 c | 20,75±0,60 b | 21,46±0,37 b |
| Croma (c*) | 22,79±0,26 a | 17,30±0,56 c | 18,27±0,58 c | 21,21±0,61 b | 21,48±0,37 b |
| Ângulo de tonalidade (°) | 84,29±0,28 d | 85,12±0,34 c | 86,37±0,29 b | 87,32±0,40 a | 87,67±0,15 a |

Médias seguidas pela mesma letra nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os pós do quiabo sem casca apresentaram alta higroscopicidade (82,14 a 87,14%), assim como os pós do quiabo com casca (Tabela 4.5), com o maior valor para o pó obtido por secagem convectiva na temperatura de 50 °C. Diante destes valores todos os pós do quiabo sem casca também foram classificados como extremamente higroscópicos (> 25,00%) (GEA NIRO, 2006). Verificou-se que o aumento da temperatura da secagem convectiva, promoveu a redução da higroscopicidade, podendo estar relacionado ao estado amorfo desses pós, uma vez que, como os açúcares totais reduziram com o aumento da temperatura de secagem, promovida pela elevação dos sólidos, provavelmente houve redução da quantidade de açúcar amorfo, e, conseqüentemente, decréscimo da higroscopicidade (JAYA e DAS, 2004). Comportamento inverso e valores inferiores foi verificado por Santos et al. (2017) ao avaliarem os pós da casca da pitaya branca

(*Hylocereus undatus*) nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C observando valores de higroscopicidade de 22,19, 23,45 e 24,60%; e por Fernandes et al. (2014a) para a polpa de tomate desidratada nas temperaturas de 60 e 80 °C, sem adição de aditivos, com valores para a higroscopicidade de 57,88 e 57,50% .

A molhabilidade dos pós do quiabo sem casca variou entre 1,89 (50 °C) e 3,37 g/min (80 °C), constatando-se que com o aumento da temperatura da secagem convectiva houve aumento da molhabilidade. Este comportamento pode estar relacionado com a influência do teor de água, em que a molhabilidade é inversamente proporcional, isto é, quanto maior o teor de água menor a molhabilidade do pó. Lannes e Medeiros (2003) relataram que os pós com boa molhabilidade leva até 5 min para que 90% da amostra (pó) fique imersa na água. Com base nesse relato, verificou-se que os pós do quiabo sem casca apresentaram razoável molhabilidade, não favorecendo a reconstituição dos pós em água a temperatura ambiente. Bezerra (2013) verificou para o pó de marolo liofilizado, uma molhabilidade de 1,53 g/min, próxima ao dos pós de quiabo.

Os valores de solubilidade foram de 63,04% para o pó liofilizado e de 32,98 a 36,95% nas amostras desidratadas por secagem convectiva entre as temperaturas de 50 e 80 °C, respectivamente, mas sem apresentar diferenças significativas. A grande diferença entre a solubilidade do pó liofilizado e os pós da secagem convectiva provavelmente possa ser justificada pela diferença de temperatura dos processos que deixam as partículas dos pós da secagem convectiva mais agregadas dificultando a solubilidade. Verificou-se que os pós apresentaram baixa solubilidade em relação aos observados em outras pesquisas com frutas e vegetais, justificado também, pela composição do quiabo em pó que apresentou quantidade considerável de proteínas, pectina e cinzas, predominantemente de materiais de baixa solubilidade. Comportamento também verificado para o cuxá (*Hibiscus sabdariffa* L.) em pó obtido na secagem em camada de espuma nas temperaturas de 60 a 80 °C, obtendo solubilidade entre 30,4 e 50,5% (CAVALCANTE NETO, 2017).

Em relação a densidade aparente, destacou-se o pó obtido na secagem convectiva a 50 °C (0,518 g/cm³) com a maior densidade e o pó liofilizado (0,128 g/cm³) com a menor densidade aparente, sendo próximos aos pós do quiabo com casca. Verificou-se tendência de decréscimo da densidade com o aumento da temperatura de secagem, podendo estar relacionado ao teor de água dos pós, visto que, quanto maior a temperatura menor o teor de água, e a solubilidade, onde quanto menos denso, maior foi sua solubilidade (SOGI et al., 2015). O conhecimento da densidade de pós de frutas e vegetais possibilita a determinação da quantidade de pó que pode ser armazenada em determinadas embalagens e como o

mesmo pode ser transportado para ser comercializado (FINNEY et al., 2002). Valor superior de densidade aparente foi verificado por Souza et al. (2012) para a farinha do mesocarpo de fruta-pão da variedade *Apyrena*, desidratada em secador de bandeja a 60 °C que foi de 0,610 g/cm³.

Quanto a densidade compactada, verificou-se valores superiores a densidade aparente, o que também foi verificado nos pós do quiabo com casca (Tabela 4.5), uma vez que os espaços vazios são menores após a compactação, conseqüentemente mais densos. Observou-se maior densidade compactada para os pós obtidos na secagem convectiva, havendo a redução significativa da densidade com o acréscimo da temperatura de secagem, com valores entre 0,691 e 0,466 g/cm³ para os pós obtidos nas temperaturas entre 50 e 80 °C,. Assim como na densidade aparente o pó liofilizado obteve menor densidade compactada de 0,171 g/cm³. Valores próximos foram observados para a polpa de tomate desidratada por secagem convectiva nas temperaturas de 60 e 80 °C, obtendo-se para os pós sem albumina valores de densidade compactada de 0,267 e 0,454 g/cm³ respectivamente (FERNANDES et al., 2014a).

O índice de Carr (IC) dos pós do quiabo sem casca, apresentaram médias entre 25,67 a 20,67% correspondendo aos pós obtidos na secagem convectiva nas temperaturas de 50 e 80 °C, respectivamente. Havendo semelhança estatística entre os pós liofilizado e os desidratados nas temperaturas de 50, 60 e 70 °C, apresentando valor inferior estatisticamente apenas no pó produzido a 80 °C. O IC corresponde a capacidade de fluidez dos pós, no qual valores entre 20-35 é classificado como pobre fluidez (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Logo, verificou-se que os pós do quiabo sem casca apresentaram pobre fluidez em ambos os métodos de secagem e em todas as temperaturas em estudo. Goyal et al. (2015) ao analisarem o pó de óleo de linhaça, obtido através da secagem por atomização na temperatura de 177 °C com adição de concentrado proteico de soro e caseinato de sódio, observaram IC no intervalo de 33,82 a 34,57%, também apresentando pobre fluidez.

Em relação aos valores médios do fator de Hausner (FH), que avalia a coesividade dos pós, destacou-se o pó obtido nas temperaturas de 50 °C (1,38) e 80 °C (1,26). Os pós desidratados nas temperaturas de 60 e 70 °C e o liofilizado obtiveram os mesmos valores de FH (1,33), não diferindo entre si. Os pós que apresentam FH inferiores a 1,2 são classificados como de baixa coesividade, FH entre 1,2 a 1,4 de coesividade intermediária e FH > 1,4 é considerado de alta coesividade (SANTHALAKSHMY et al., 2015). Então, destacou-se que todos os pós apresentaram alta coesividade. Santos (2015) ao avaliar o

extrato liofilizado da carqueja (*Baccharis trimera*) obtiveram FH de 1,60, superior ao do quiabo.

Na análise colorimétrica dos pós, percebeu-se que para a luminosidade (L^*) destacou-se o pó liofilizado (78,18) com maior valor, correspondendo a amostra mais clara, e o menor valor foi do pó obtido na secagem convectiva a 50 °C (62,21), indicando ser a amostra mais escura. Observou-se que houve tendência de acréscimo da luminosidade com o aumento da temperatura de secagem, comportamento também verificado nos pós do quiabo com casca (Tabela 4.4), podendo estar relacionado ao menor tempo de secagem em temperaturas mais altas que proporciona menor escurecimento do material. Castro et al. (2017) ao estudarem o processo de secagem em leite de jorro do taro (inhame-coco) (*Colocasia esculenta*) nas temperaturas de 70 a 90 °C também observaram o acréscimo de luminosidade com a temperatura, com valores de 83,90 a 85,17, respectivamente.

Em relação a intensidade de verde ($-a^*$) os pós do quiabo sem casca apresentaram médias entre -2,28 para o pó liofilizado a -0,88 para o pó desidratado na temperatura de 80 °C. Notou-se que a cor verde degradou-se com o aumento da temperatura de secagem, intensificando-se a cor amarela ($+b^*$), onde na intensidade de amarelo houve o comportamento inverso, verificando-se o aumento deste parâmetro com o acréscimo da temperatura de secagem. Nunes et al. (2017) ao avaliarem a influência da secagem em resíduos de abacaxi verificaram também a elevação de $+b^*$ com o acréscimo da temperatura de secagem, com valores próximos de 20,07; 20,63 e 21,28 para as temperaturas de 50, 60 e 70 °C.

Observou-se que os pós do quiabo sem casca revelaram valor de croma (C^*) de 22,79 para o pó liofilizado, sendo o maior valor, destacando estatisticamente, dos pós obtidos na secagem convectiva que apresentaram valores entre 17,30 a 21,48, com tendência de aumento com aumento na temperatura de secagem. Diante destes valores o pó liofilizado apresentou tonalidade mais intensa do que os pós da secagem convectiva que apresentaram maior opacidade (CANUTO et al., 2010). Os pós do quiabo sem casca tenderam a cores neutras tendendo ao cinza (valores próximos a zero), visto que valores próximos a 60, expressam cores vívidas (MENDONÇA et al., 2003). Comportamento semelhante foi verificado para a farinha de acerola 'Flor Branca' com sementes desidratadas nas temperatura de 60 e 70 °C obtendo valores de C^* de 34,1 e 36,30, respectivamente (REIS et al. 2017).

Em relação ao ângulo de tonalidade (h), observou-se que a cor dos pós do quiabo sem casca distanciou-se da região do vermelho, que corresponde ao ângulo $h = 0^\circ$ e

aproximou-se da região do amarelo ($h = 90^\circ$) (ALVES et al., 2008). Verificou-se a elevação significativa do componente h passando de $84,29^\circ$ (pó liofilizado) para $87,67^\circ$ (secagem convectiva a 80°C). Com o aumento da temperatura de secagem o ângulo de tonalidade apresentou tendência de aumento, indicando maior proximidade da região do amarelo. Oliveira et al. (2016c) verificaram para o baru (*Dipteryx alata* Vogel) seco em estufa de circulação a ar nas temperaturas de 60 a 100°C ângulos de tonalidade variando de 60,00 a 62,48, sendo estes valores inferiores ao do quiabo, mas localizados no mesmo quadrado.

4.5 - Isotermas de adsorção de água dos pós do quiabo liofilizado

4.5.1 - Pó do quiabo liofilizado com casca

Apresenta-se na Tabela 4.8 os parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40°C , do pó do quiabo com casca liofilizado, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P).

Observou-se que os coeficientes de determinação (R^2) resultaram em valores acima de 0,9950 e os desvios percentuais médios $P < 10\%$, em todos os modelos testados. De acordo com Silva et al. (2005) um modelo é adequado para descrever o fenômeno em estudo quando apresentar um $P < 10\%$. Por esse critério, percebeu-se que os três modelos testados podem ser utilizados adequadamente na predição das isotermas de adsorção de água do pó do quiabo com casca liofilizado.

Tabela 4.8 - Parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado com casca

| Modelo | Temp. (°C) | Parâmetros | | | R ² | P (%) | |
|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | | X _m | C | K | | | |
| GAB | 20 | 8,4234 | 3,9600 | 0,9508 | 0,9978 | 3,51 | |
| | 30 | 8,6958 | 4,2443 | 0,9489 | 0,9962 | 3,60 | |
| | 40 | 7,2154 | 8,8801 | 0,9850 | 0,9961 | 5,97 | |
| Modelo | Temp. (°C) | K ₁ | n ₁ | K ₂ | n ₂ | R ² | P (%) |
| Peleg | 20 | 41,8049 | 1,7160 | 107,0863 | 15,4524 | 0,9984 | 3,23 |
| | 30 | 108,4901 | 15,5917 | 43,3836 | 1,6901 | 0,9983 | 3,04 |
| | 40 | 47,8794 | 1,2992 | 268,2091 | 23,4735 | 0,9979 | 5,63 |
| Modelo | Temp. (°C) | a | | b | | R ² | P (%) |
| Oswin | 20 | 12,7513 | | 0,6767 | | 0,9984 | 3,24 |
| | 30 | 13,4347 | | 0,6568 | | 0,9969 | 5,94 |
| | 40 | 12,0900 | | 0,7452 | | 0,9956 | 4,35 |

Observou-se que o modelo de Peleg foi de forma geral, dentre os testados, foi o que melhor se ajustou aos dados das isotermas de adsorção de água a 20, 30 e 40 °C do pó do quiabo liofilizado com casca, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,997$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 6\%$). Verificou-se que não houve comportamento definido com o aumento da temperatura para os parâmetros do modelo de Peleg, onde k_1 , n_1 , k_2 e n_2 aumentaram entre as temperatura de 20 e 30 °C, e diminuíram na temperatura de 40 °C. Comportamento distinto foi observado por Thys et al. (2010) para as isotermas de adsorção do amido de pinhão ao verificarem que, com o aumento da temperatura entre 20, 30 e 40 °C, houve um aumento do parâmetro k_1 e uma redução de k_2 .

Vários autores reportaram o modelo de Peleg como o de melhor ajuste para descrever os fenômenos de adsorção de água de produtos vegetais liofilizados, como Sinija e Mishra (2008) ao estudarem as isotermas de adsorção do pó de chá verde liofilizado, nas temperaturas de 20, 30, 40 e 50 °C, obtiveram os menores valores de P e R^2 acima de 0,99 para o modelo de Peleg. Feitosa et al. (2017) ao avaliarem o comportamento higroscópico do pó de mix de batata yacon e suco de lima ácida Tahiti, obtido por liofilização nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, verificaram que o modelo de Peleg resultou em $R^2 > 0,99$ e $P < 5$, destacando-se dos demais modelos. Pumacahua-Ramos et al. (2017) ao avaliarem as isotermas de adsorção do amido de quinoa nas temperaturas de 20, 30, 40, 50 e 60°C,

verificaram que o modelo de Peleg foi o que melhor descreveu matematicamente o comportamento de adsorção de água.

Avaliando o parâmetro X_m (teor de água na monocamada molecular) do modelo de GAB, viu-se que os resultados obtidos apresentaram aumento com o aumento da temperatura entre 20 e 30 °C, e redução do valor entre 30 e 40 °C. O parâmetro X_m corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida em locais específicos na superfície de alimentos e é considerado como um valor de referência para assegurar a estabilidade dos alimentos (GABAS et al., 2007). Produtos em pó com elevados valores de X_m podem ter sua estabilidade comprometida, onde o valor de X_m indica que o produto apresenta maior concentração de constituintes com afinidade por moléculas de água (SILVA et al., 2008). Logo, levando em consideração os valores de teor de água na monocamada molecular, as amostras podem ter um armazenamento seguro.

Os valores da constante C do modelo de GAB seguiram tendência de aumento com o acréscimo da temperatura, apresentando resultados entre 3,96 a 8,88 nas temperaturas avaliadas. Em relação ao parâmetro K, verificou-se que nas três temperaturas avaliadas os pós apresentaram valores inferiores a 1,0, com variação de 0,949 a 0,985, onde, de acordo com Goula et al. (2008), os valores de K devem ser inferior a 1,0, uma vez que valores superiores são fisicamente inadequados, indicando uma sorção infinita (TIMMERMANN, 2003).

Analisando os parâmetros de C e K do modelo de GAB, constatou-se que em todas as temperaturas $0 < K \leq 1$ e $C > 2$ o que, de acordo com Blahovec (2004), classifica as isotermas de adsorção do pó do quiabo liofilizado com casca como Tipo II. Nesta classificação geralmente as curvas tem formato sigmoidal, com ponto de inflexão. As isotermas de adsorção de água do Tipo II também foram classificadas para o pó de borojó (*Borojoa patinoi*. Cuatrecasas) (RODRÍGUEZ-BERNAL et al., 2015) e para o pó de tamarindo (MUZAFFAR e KUMAR, 2016).

Observa-se na Figura 4.5 a representação gráfica das isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó do quiabo liofilizado com casca com ajuste pelo modelo de Peleg.

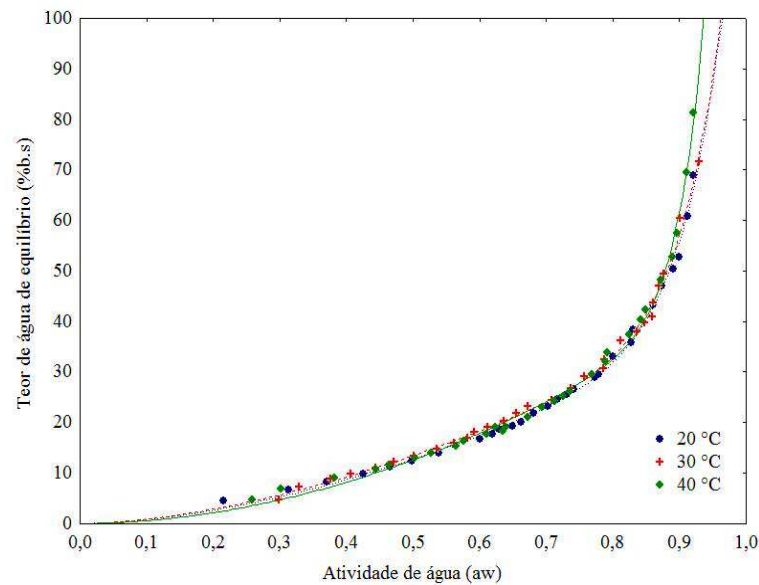


Figura 4.5 – Isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado com casca com ajustes pelo modelo de Peleg

Observou-se que, nas três temperaturas, as isotermas do pó do quiabo liofilizado com casca ficaram muito próximas, apresentando valores iniciais entre 0,215 a 0,299 e finais de 0,920 a 0,921. Verificou-se que o teor de água de equilíbrio aumentou gradativamente com o aumento da atividade de água, com valores de teor de água experimentais variando entre 4,76 a 81,25% b.s, destacando a isoterma realizada na temperatura de 40 °C com maior teor de água final (81,25% b.s).

O conhecimento da atividade de água de um alimento é fundamental para o conhecimento das isotermas de sorção, onde cada material possui uma isoterma de sorção característica para cada temperatura (DIAS, 2013). As diferentes formas das isotermas de sorção se devem às diferenças na estrutura física, composição química e capacidade de retenção de água no material (PARK et al., 2008).

4.5.2 - Pó do quiabo liofilizado sem casca

Na Tabela 4.9 encontram-se os parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, dos pós do quiabo liofilizado sem casca. Observa-se em todos os modelos que os coeficientes de determinação (R^2) resultaram em valores acima de 0,9980 e os valores de $P < 10\%$, indicativos de que os três modelos

podem ser utilizados na predição das isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado sem casca.

Tabela 4.9 - Parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin ajustados às isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado sem casca

| Modelo | Temp. (°C) | Parâmetros | | | R ² | P (%) | |
|--------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
| | | X _m | C | K | | | |
| GAB | 20 | 11,2888 | 1,4860 | 0,9386 | 0,9996 | 2,27 | |
| | 30 | 9,5758 | 2,3558 | 0,9578 | 0,9998 | 0,93 | |
| | 40 | 9,0403 | 6,1934 | 0,9679 | 0,9995 | 2,54 | |
| Modelo | Temp. (°C) | K ₁ | n ₁ | K ₂ | n ₂ | R ² | P (%) |
| Peleg | 20 | 104,4748 | 14,4002 | 52,5933 | 2,1587 | 0,9995 | 2,86 |
| | 30 | 41,0261 | 1,6885 | 106,7172 | 11,7464 | 0,9996 | 2,30 |
| | 40 | 36,6915 | 1,3555 | 124,6711 | 12,1903 | 0,9994 | 2,83 |
| Modelo | Temp. (°C) | a | b | R ² | P (%) | | |
| Oswin | 20 | 13,1665 | 0,7266 | 0,9982 | 6,34 | | |
| | 30 | 13,0018 | 0,7321 | 0,9996 | 1,94 | | |
| | 40 | 14,6398 | 0,7001 | 0,9995 | 2,27 | | |

Observou-se que o modelo de GAB foi de forma geral, dentre os testados, o que melhor se ajustou aos dados das isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado sem casca, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,9994$) e os menores desvios percentuais médios ($P < 2,6\%$). O modelo de Peleg apresentou valores muito próximos aos de GAB, também se adequando aos dados de sorção do material em estudo, com $R^2 > 0,999$ e $P < 2,9\%$.

Oliveira et al. (2013) estudando o comportamento higroscópico do pó liofilizado de palmeira grugru (*Acrocomia aculeata*) através de isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 25, 30, 35 e 40 °C, observaram que o modelo de GAB apresentou o melhor ajuste aos dados experimentais. Lins et al. (2017) ao avaliarem o comportamento das isotermas de adsorção, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó da seriguela vermelha, obtida em leite de jorro ajustadas pelos modelos do GAB, Oswin e Peleg, verificaram que os modelos de Peleg e GAB mostraram os melhores ajustes, com coeficientes de determinação acima de 0,99 e desvios percentuais médios inferiores a 3,0%.

Em relação aos valores de X_m do modelo de GAB observou-se uma redução no teor de água da monocamada com o aumento da temperatura. O teor de água na monocamada (X_m) geralmente deve decrescer com o aumento da temperatura, pois as moléculas absorvidas ganham energia cinética, fazendo com que o X_m decresça com o aumento da temperatura (DIOSADY et al., 1996). O teor de água na monocamada é de particular interesse, uma vez que indica a quantidade de água que é fortemente adsorvida na superfície (MOSQUERA et al., 2012). Molina Filho et al. (2011) estudaram as isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30, 50 e 70 °C de abóbora fresca e branqueada e evidenciaram que o parâmetro X_m foi reduzido com a elevação da temperatura.

Ainda com relação ao modelo de GAB, foi constatado que os parâmetros C e K aumentaram com o aumento da temperatura. Os valores de K comumente podem variar entre 0,7 e 1 para materiais alimentícios (SYAMALADEVI et al., 2009). Os valores de K apresentaram valores entre 0,9386 a 0,9676, estando dentro da faixa citada. As isotermas do pó do quiabo sem casca nas temperaturas de 20 e 30 °C, podem ser classificadas como do Tipo III e a isoterma na temperatura de 40 °C como Tipo II, conforme Blahovec (2004), visto que as curvas Tipo II apresentam valores de $0 < K \leq 1$ e $C < 2$ e tipo III com $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$. A isoterma do Tipo III é característica de amostras com alta concentração de açúcares e solutos e que apresentam pouca adsorção por capilaridade (CAMPOS et al., 2009).

Verificou-se que os parâmetros do modelo de Oswin encontram-se de acordo com Blahovec (2004) que afirmou que o modelo de Oswin deve apresentar $a > 0$ e $1 \geq b > 0$ para representar de forma satisfatória as isotermas de adsorção de água de alimentos. Os parâmetros inclusos na faixa reportada pelo autor sugerem que possuem consistência matemática e física (ALCÂNTARA et al., 2009).

Na Figura 4.6 tem-se a representação gráfica das isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C do pó do quiabo sem casca liofilizado, com ajuste pelo modelo de GAB, considerado o melhor modelo. Verificou-se para uma atividade de água fixa entre 0 e 0,6 que ocorreu o acréscimo do teor de água de equilíbrio com o aumento da temperatura e entre a_w de 0,6 a 0,9 os valores do teor de água de equilíbrio nas temperaturas de 20 e 30 °C ficaram muito próximos com os valores superiores na temperatura de 40 °C. O teor de água de equilíbrio experimentais no final das curvas apresentaram valores de 74,08; 76,78 e 81,20% b.s, respectivamente, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Os valores experimentais de atividade de água do pó de quiabo sem casca

liofilizado variaram de 0,250 a 0,920 com teor de água de equilíbrio variando entre 4,41 a 81,20%b.s.

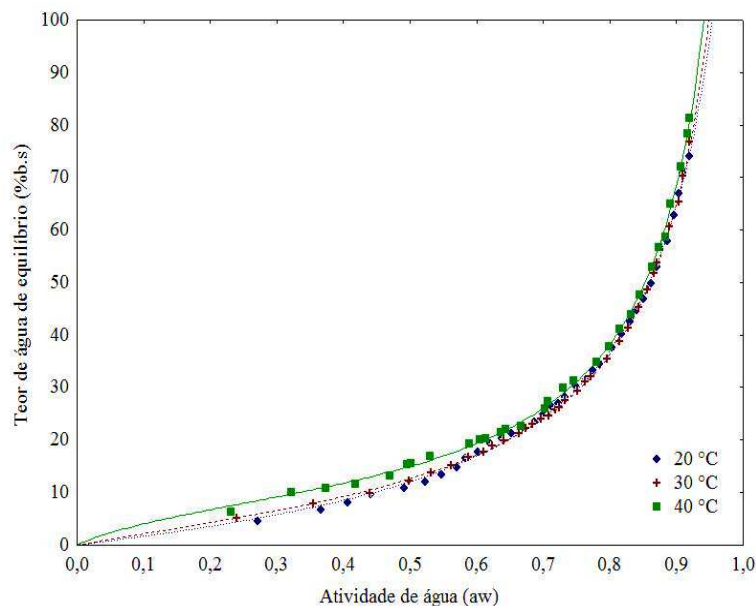


Figura 4.6 – Isotermas de adsorção de água do pó do quiabo liofilizado sem casca com ajustes pelo modelo de GAB

4.6 - Isotermas de adsorção de água dos pós de quiabo obtidos na secagem convectiva

4.6.1 - Pós de quiabo com casca

Têm-se na Tabela 4.10 os parâmetros dos modelos de GAB, Peleg e Oswin, os coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção de água, na temperatura de 25 °C, dos pós do quiabo com casca, obtidos na secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C.

Observou-se que os coeficientes de determinação (R^2) resultaram em valores acima de 0,9950 e os de P < 10% em todos os modelos, indicando que os três modelos testados podem ser utilizados na predição das isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós de quiabo com casca obtidos por secagem convectiva.

Tabela 4.10 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, do pó do quiabo com casca obtido por secagem convectiva sob diferentes temperaturas de secagem

| Modelo | Temp. de secagem (°C) | Parâmetros | | | R^2 | P (%) | |
|--------|-----------------------|------------|--------|----------|---------|--------|-------|
| | | X_m | C | K | | | |
| GAB | 50 | 9,4339 | 2,0730 | 0,9597 | 0,9988 | 4,19 | |
| | 60 | 9,1218 | 4,7094 | 0,9530 | 0,9955 | 3,41 | |
| | 70 | 8,6914 | 8,6423 | 0,9561 | 0,9991 | 2,25 | |
| | 80 | 8,5930 | 8,7990 | 0,9528 | 0,9995 | 1,85 | |
| | Temp. (°C) | K_1 | n_1 | K_2 | n_2 | R^2 | P (%) |
| Peleg | 50 | 47,5439 | 2,0507 | 114,5384 | 13,9828 | 0,9984 | 3,78 |
| | 60 | 34,8730 | 1,2717 | 96,0329 | 10,4365 | 0,9955 | 4,33 |
| | 70 | 93,0827 | 9,6069 | 30,1354 | 1,0107 | 0,9982 | 4,14 |
| | 80 | 32,2135 | 1,0842 | 90,5189 | 10,0159 | 0,9988 | 3,42 |
| | Temp. (°C) | a | b | R^2 | P (%) | | |
| Oswin | 50 | 12,3736 | 0,7492 | 0,9985 | 4,71 | | |
| | 60 | 14,1990 | 0,6678 | 0,9951 | 3,04 | | |
| | 70 | 14,4780 | 0,6465 | 0,9986 | 3,11 | | |
| | 80 | 14,6515 | 0,6375 | 0,9993 | 1,91 | | |

Verificou-se que dentre os modelos testados de forma geral o de GAB foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva, apresentando os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,9950$) e $P < 5\%$. O modelo de GAB tem sido amplamente utilizado representar as isotermas de gêneros alimentícios desidratados por secagem convectiva, apresentando bons ajustes aos valores experimentais das isotermas de adsorção de água de uma ampla variedade de materiais, como em farinha de mandioca desidratada; pó da palha do grugru (*Acrocomia Aculeata*); amido de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.); pó da polpa do coco verde, dentre outros (CHISTÉ et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2014; PUMACAHUA-RAMOS et al., 2017; LAVOYER et al., 2013).

Nas diferentes amostras em pó obtidas nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, observou-se que os valores do teor de água da monocamada molecular (X_m) do modelo de GAB foram reduzidos com o aumento da temperatura de secagem, verificando-se que o pó desidratado na temperatura de 80 °C é o mais adequado para a armazenagem, pois seu valor foi inferior aos demais, demonstrando maior estabilidade. As diferenças entre os

valores de X_m obtidos para frutas e vegetais em diferentes trabalhos podem ser atribuídas à variação da composição do produto, principalmente com relação ao teor de açúcares presentes no material em estudo (TELIS e SOBRAL, 2001). O teor de água na monocamada corresponde à quantidade de água fortemente adsorvida em locais específicos na superfície dos alimentos, considerado um valor crítico acima do qual as taxas de algumas reações de degradação aumentam e a estabilidade da matriz alimentar diminui (COMUNIAN et al., 2011).

O parâmetro K manteve-se praticamente estável com os incrementos de temperatura de secagem, ajustando-se dentro da faixa considerada aceitável estando entre 0,7 e 1,0 (SYAMALADEVI et al., 2009). O parâmetro K representa o fator de correção das propriedades das moléculas na multicamada em relação ao volume do líquido, enquanto a constante de sorção C é uma função das interações entre os locais ativos do produto e as moléculas de água (ALEXANDRE et al., 2007). Constatou-se que o parâmetro C aumentou com o aumento da temperatura de secagem.

Conforme os parâmetros C e K do modelo de GAB as isotermas dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C são classificadas como do Tipo II, pois que apresentaram $0 < K \leq 1$ e $C > 2$ e o pó da secagem a 50 °C como Tipo III com $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$ (BLAHOVEC, 2004). As curvas do Tipo II são típicas de produtos com grande quantidade de açúcar e solutos e com baixa adsorção através da capilaridade, sendo característica da maioria dos alimentos (OLIVEIRA et al., 2006; BEZERRA et al., 2010). Em relação aos parâmetros do modelo de Oswin 'a' e 'b', o modelo foi ajustado de forma satisfatória aos dados experimentais, visto que os valores de 'a' foram superiores a zero e os de 'b' entre 0 e 1,0 (ALCÂNTARA et al., 2009).

Tem-se na Figura 4.7 as isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, ajustadas pelo modelo de GAB.

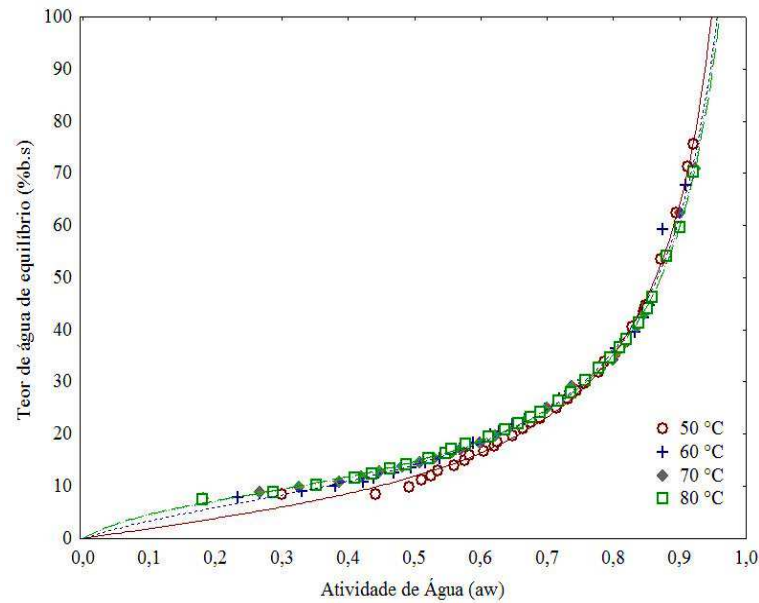


Figura 4.7 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós de quiabo com casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes com o modelo de GAB

Observou-se para uma atividade de água constante, que o teor de água de equilíbrio foi menor, na faixa entre a_w de 0 a 0,7, no pó desidratado na menor temperatura (50 °C), os demais pós apresentaram isotermas com valores muito próximos. De acordo com Goula et al. (2008) a temperatura da isoterma afeta a mobilidade das moléculas de água e o equilíbrio entre o vapor e a fase adsorvida.

4.6.2 - Pós de quiabo sem casca

Tem-se na Tabela 4.11 os valores dos parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e os desvios percentuais médios (P) dos modelos de GAB, Peleg e Oswin, ajustados às isotermas de adsorção de água na temperatura de 25 °C, dos pós do quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60, 70, e 80 °C.

Tabela 4.11 – Parâmetros, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos ajustados às isotermas de adsorção de água, a 25 °C, dos pós do quiabo sem casca obtido por secagem conectiva sob diferentes temperaturas

| Modelo | Temp. de secagem (°C) | Parâmetros | | | R^2 | P (%) | |
|--------|-----------------------|------------|---------|---------|--------|--------|-------|
| | | X_m | C | K | | | |
| GAB | 50 | 8,4868 | 7,6021 | 0,9631 | 0,9998 | 1,17 | |
| | 60 | 8,7032 | 33,0527 | 0,9533 | 0,9952 | 3,89 | |
| | 70 | 9,8124 | 4,3340 | 0,9486 | 0,9983 | 3,52 | |
| | 80 | 8,1796 | 6,6202 | 0,9667 | 0,9958 | 3,04 | |
| | Temp. (°C) | K_1 | n_1 | K_2 | n_2 | R^2 | P (%) |
| Peleg | 50 | 104,2875 | 11,2152 | 35,3573 | 1,2551 | 0,9994 | 2,25 |
| | 60 | 120,2406 | 14,9434 | 40,5765 | 1,2063 | 0,9956 | 4,44 |
| | 70 | 35,9126 | 1,2457 | 94,0645 | 9,8077 | 0,9982 | 3,62 |
| | 80 | 313,6926 | 27,7119 | 52,3334 | 2,0434 | 0,9957 | 6,38 |
| | Temp. (°C) | a | b | R^2 | P (%) | | |
| Oswin | 50 | 13,9456 | 0,6798 | 0,9997 | 1,74 | | |
| | 60 | 15,9045 | 0,6071 | 0,9950 | 3,76 | | |
| | 70 | 15,0262 | 0,6615 | 0,9980 | 3,01 | | |
| | 80 | 13,2656 | 0,6960 | 0,9954 | 2,77 | | |

De acordo com os valores obtidos para os coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P), pode-se observar que todos os modelos testados foram adequados para a representação das isotermas de adsorção dos pós de quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva, em razão de terem apresentado coeficientes de determinação maiores que 0,9949 e desvios percentuais médios menores que 7%, destacando-se o modelo de GAB, que apresentou de maneira geral os maiores valores de R^2 ($> 0,9951$) e $P < 3,90$.

Canuto et al. (2014) ao ajustarem os modelos de GAB, BET, Henderson e Oswin a isoterma de adsorção de água a 25 °C da polpa de mamão em pó, verificaram que entre os modelos testados o de GAB proporcionou o melhor ajuste, com R^2 superiores a 0,97 e P inferiores a 10%; Feitosa et al. (2013) ao estudarem as isotermas de adsorção de água da farinha da casca da manga, seca em estufa a 50 °C, verificaram resultados satisfatórios ao ajustarem o modelo de Peleg obtendo $R^2 > 0,99$ e $P < 6,20\%$; e Matos et al. (2014) constataram ajustes satisfatórios do modelo de Oswin à isotermas de adsorção a 25 °C da

farinha de babaçu (*Orbignya martiana*) obtida em secagem convectiva na temperatura de 60 °C, com valores de R^2 superiores a 0,98.

Avaliando-se os parâmetros do modelo de GAB, verificou-se que os valores do teor de água de equilíbrio na monocamada molecular (X_m) variaram entre 8,1796 e 9,8124% b.s. Observou-se uma tendência de aumento do parâmetro X_m com o aumento da temperatura de secagem entre 50 e 70 °C e redução na temperatura de 80 °C. O teor de água na monocamada determina o teor de água para uma armazenagem segura na qual o material tem estabilidade máxima, correspondendo à quantidade de água fortemente adsorvida, sendo considerado um valor crítico, acima do qual as taxas de algumas reações de degradação aumentam e a estabilidade diminui (COMUNIAN et al., 2011).

Em relação ao parâmetro C , que representa o calor total de sorção da primeira camada, percebeu-se que não houve comportamento definido entre as temperaturas de secagem, com valores variando entre 4,3340 e 33,0527. Quanto ao parâmetro K , que é a constante relacionada ao calor de sorção na multicamada com relação ao volume do líquido, constata-se valores próximos de 1,0, apresentando valores entre 0,9486 e 0,9667. Os valores de K geralmente variam entre 0,7 e 1 para materiais alimentícios (SYAMALADEVI et al., 2009).

Conforme a classificação de Blahovec (2004), as isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós de quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C são do Tipo II, apresentando valores de $0 < K \leq 1$ e $C > 2$. Igualmente, Aguirre-Cruz et al. (2010) constataram para a isoterma de farinha de banana, na temperatura de 30 °C, a forma sigmoideal do Tipo II; e Choudhury et al. (2011) para as isotermas de adsorção do broto de bambu nas temperaturas de 20, 30 e 35 °C, também com curvas com forma sigmoideal do Tipo II.

Certificou-se para os parâmetros do modelo de Oswin, 'a' e 'b', que não houve comportamento definido entre os pós com o aumento da temperatura de secagem. Constata-se para 'a' valores próximos variando entre 13,2656 e 15,9045 e para 'b' entre 0,6071 e 0,6960. Blahovec (2004) afirmou que os parâmetros do modelo de Oswin devem apresentar valores de 'a' maiores que zero e de 'b' menores que um. Estes parâmetros, estão dentro dos referidos intervalos, indicando que possuem consistência matemática e física. Para o pó da batata yacon com suco de lima ácida Tahiti, verificou-se que os parâmetros do modelo de Oswin também resultaram em valores de 'a' maior que zero e 'b' menor que um (FEITOSA et al., 2017).

Na Figura 4.8 tem-se as isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós de quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C com ajustes pelo modelo de GAB. Observou-se que as isotermas dos pós ficaram muito próximas, exceto a isoterma do pó da secagem a 60 °C para a_w entre 0,1 e 0,7, que apresentou maior teor de água de equilíbrio.

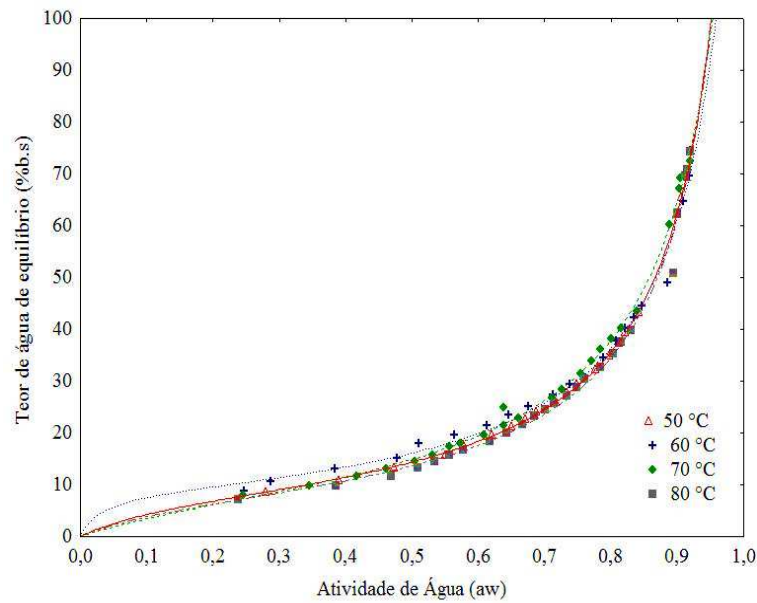


Figura 4.8 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C, dos pós de quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes com o modelo de GAB

4.7 - Armazenamento dos pós de quiabo com casca selecionados

De acordo com as análises físicas, químicas e físico-químicas no estudo do material integral e levando-se em consideração o baixo teor de água, atividade de água, teor de acidez e solubilidade foram selecionados para o armazenamento os pós obtidos dos quiabos com casca. Destes, selecionou-se os quiabos com casca liofilizados e os desidratados por secagem convectiva na temperatura 80 °C, ambos foram armazenados nas mesmas condições de temperatura, simulando a ambiente (30 °C) e condição acelerada (40 °C), e umidade relativa média de 83%.

4.7.1 - Armazenamento do pó liofilizado

4.7.1.1 - Teor de água

Na Tabela 4.12 dispõe-se os valores médios do teor de água do quiabo em pó liofilizado durante o período de armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%. Verificou-se que o teor de água apresentou tendência de aumento com o decorrer do tempo de armazenamento, nas duas condições estabelecidas, indicando que a embalagem utilizada favoreceu a difusão de água do ambiente para os pós (HYMAVATHI e KHADER, 2005).

Tabela 4.12 - Teor de água (% b.u.) do pó do quiabo com casca liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 5,81 eA | 5,81 fA |
| 12 | 7,06 dA | 7,37 eA |
| 24 | 9,34 cB | 10,28 dA |
| 36 | 11,02 bB | 11,81 cA |
| 48 | 11,22 abB | 13,86 bA |
| 60 | 11,95 aB | 14,96 aA |

DMS para colunas = 0,79%; DMS para linhas = 0,53%; MG = 10,04%; CV = 3,10%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O pó armazenado na temperatura de 40 °C apresentou no final do armazenamento um aumento de 157,49% em relação ao teor de água inicial, enquanto o pó armazenado a 30 °C teve um acréscimo de 105,68%. Comportamento semelhante foi evidenciado por outros autores ao estudarem o armazenamento de vegetais em pó, Juliano et al. (2014) verificaram para a polpa de camu-camu em pó, obtida por liofilização, que durante 150 dias de armazenamento a 25 °C em três diferentes tipos de embalagens (polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio) aumentos significativos nos teores de água em todas as amostras, em qualquer embalagem avaliada e Henríquez et al. (2013) constataram para as cascas de maçã em pó obtida pelo método de secagem em tambor rotativo (*drum drier*), realizado em pressão atmosférica a 110 °C durante 503 s (0,10 rpm), que as amostras acondicionadas em embalagens de polietileno de alta densidade e filmes

metalizados de alta barreira e estocadas nas temperaturas de 4, 10 e 25 °C por 120 dias de armazenamento que houve acréscimo do teor de água durante todo o período de armazenamento.

Analisando-se o teor de água para um mesmo tempo de armazenamento entre as temperaturas de acondicionamento, verificou-se que no tempo 0 dia e no tempo 12 dias, não houve diferença estatística entre as médias, e nos tempos 24, 36, 48 e 60 dias houve diferenças estatísticas com as maiores médias na temperatura de 40 °C, indicando que na temperatura de 40 °C ocorrem o maior ganho de teor de água.

4.7.1.2 - Atividade de água

O valor médio de atividade de água (a_w) do quiabo em pó liofilizado durante o período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada, estão apresentados na Tabela 4.13. Observou-se que os valores de atividade de água aumentaram com o decorrer da estocagem.

Tabela 4.13 – Atividade de água do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,179 cA | 0,179 eA |
| 12 | 0,271 bB | 0,315 dA |
| 24 | 0,289 bB | 0,364 cA |
| 36 | 0,366 aB | 0,481 bA |
| 48 | 0,397 aB | 0,505 bA |
| 60 | 0,402 aB | 0,553 aA |

DMS para colunas = 0,044; DMS para linhas = 0,029; MG = 0,358; CV = 4,78%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A atividade de água do pó armazenado na temperatura de 30 °C apresentou tendência de acréscimo com o aumento do tempo de armazenamento, mas porém, manteve-se sem acréscimo significativo dos 36 aos 60 dias. Quanto ao pó armazenado a 40 °C, verificou-se no final do armazenamento um acréscimo de 208,94% em relação a atividade de água inicial. Comportamento semelhante foi verificado por Corrêia (2015) ao

desidratarem por liofilização minitomates (Sweet Grape) inteiros e armazená-los por 120 dias a 25 °C, onde verificou-se um aumento de atividade de água de 0,390 para 0,500.

Segundo Alves et al. (2008) o incremento de atividade de água em pós estocados é decorrente da transferência de vapor d'água através da embalagem ou por falhas na região da termoselagem. Ao final do armazenamento houve diferença estatística entre as amostras, com valores finais de a_w inferiores a 0,6, o que, segundo Franco e Landgraf (2005) não afeta a estabilidade microbiológica dos pós. Registrou-se que entre as temperaturas houve diferenças estatísticas entre as médias de a_w do tempo 12 até os 60 dias, com as maiores a_w ocorrendo na temperatura de 40 °C.

4.7.1.3 - Acidez total titulável

Estão apresentados na Tabela 4.14 os valores médios da acidez total titulável do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada.

Tabela 4.14 – Acidez total titulável (% ácido cítrico) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 1,18 abA | 1,19 cA |
| 12 | 1,20 abA | 1,14 cA |
| 24 | 1,16 abB | 1,22 cA |
| 36 | 1,25 aB | 1,69 bA |
| 48 | 1,24 aB | 1,91 aA |
| 60 | 1,03 bB | 2,00 aA |

DMS para colunas = 0,175% ácido cítrico; DMS para linhas = 0,118% ácido cítrico; MG = 1,349% ácido cítrico; CV = 5,18%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que a acidez total titulável se manteve estável na temperatura de 30 °C. Comportamento diverso foi reportado para o pó de buriti, durante o armazenamento na temperatura de 26 °C e umidade relativa média de 78%, e acondicionado em embalagens de polietileno e laminada, cujos valores da acidez total titulável apresentaram tendência de diminuição ao longo do armazenamento (LOUREIRO et al., 2013).

Quanto ao pó armazenado na temperatura de 40 °C, foi verificado comportamento de aumento progressivo, observando-se o aumento significativo de 68,07% entre os valores inicial e final da acidez no pó. A acidez é um importante parâmetro no julgamento do estado de conservação de um produto alimentício, podendo ser detectado, através da acidez, um processo de decomposição do alimento durante sua estocagem, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação, de vez que, geralmente ocorre alterações quase sempre na concentração dos íons de hidrogênio e, por consequência, sua acidez (IAL, 2008). Logo constatou-se que no pó armazenado a 40 °C (armazenamento acelerado) houve alterações químicas no mesmo comprovado pelo o aumento da acidez total titulável, assim como pelos demais parâmetros determinados. Brito et al. (2015) ao avaliarem a estabilidade de grãos residuais de urucum desidratados a 40 °C e acondicionados em embalagens flexíveis laminadas durante 90 dias de armazenamento em condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidades relativas (55 e 83%), verificaram o aumento significativo da acidez em todas as amostras com o decorrer da estocagem.

4.7.1.4 - pH

Na Tabela 4.15 estão disponíveis os valores médios de pH do pó do quiabo liofilizado durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.15 – pH do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 6,61 | 6,61 |
| 12 | 6,53 | 6,50 |
| 24 | 6,42 | 6,35 |
| 36 | 6,48 | 6,34 |
| 48 | 6,63 | 6,41 |
| 60 | 6,72 | 6,07 |

Observou-se que o pH apresentou comportamento distinto para o pó, havendo no final do armazenamento aumento do pH no pó armazenado a 30 °C, e a diminuição no pó estocado a 40 °C, com comportamento inverso da acidez total titulável, o que já era prenunciado, uma vez que são parâmetros inversamente correlacionados. Esse material

merece maior atenção na sua estocagem, pois segundo Gava et al. (2009) em alimentos pouco ácidos podem desenvolver-se bactérias, bolores e leveduras, exigindo-se cuidados adicionais.

Arlindo et al. (2007) constataram, estudando o pimentão em pó armazenado em temperatura ambiente (25 °C) durante 100 dias em embalagem de polietileno, desidratado em secador de bandejas a 70 °C, oscilações no pH, nos tempos de 20, 40 e 60 com aumento de 4,86 para 4,88, respectivamente. Comportamento semelhante ao pó armazenado a 40 °C foi constatado por Liu et al. (2010) para os pós de tomate obtidos na secagem por aspersão e armazenados nas temperaturas de 0, 25 e 37 °C, por 5 meses, cujos resultados do pH foram reduzidos ao longo do armazenamento, em todas as temperaturas.

4.7.1.5 - Ácido ascórbico

Apresentam-se na Tabela 4.16 os valores médios de ácido ascórbico do pó do quiabo liofilizado referente ao período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada.

Tabela 4.16 – Ácido ascórbico (mg/100 g) pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 116,08 aA | 116,08 aA |
| 12 | 95,59 bA | 96,34 bA |
| 24 | 94,82 bcA | 88,55 cB |
| 36 | 91,62 bcA | 82,33 dB |
| 48 | 89,24 cA | 79,36 dB |
| 60 | 71,05 dA | 57,71 eB |

DMS para colunas = 6,19 mg/100 g; DMS para linhas = 4,13 mg/100 g mg/100 g; MG = 89,90 mg/100 g; CV = 2,73%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que o teor de ácido ascórbico apresentaram tendência de redução com o tempo de armazenamento nas duas temperaturas de estocagem, com maior degradação no final do armazenamento no pó armazenado a 40 °C (redução de 50,28%), que pode estar relacionada à maior absorção de água, temperatura e maior oxidação durante a estocagem. De acordo com Juliano et al. (2014) a absorção de água no decorrer da

armazenagem de alimentos pode acelerar a oxidação do ácido ascórbico. Além disso, a temperatura de estocagem a 40 °C, provavelmente, acelerou as reações de degradação, visto que em temperaturas mais elevadas a velocidade de degradação do ácido ascórbico é maior (TORALLES et al., 2008).

Comportamento semelhante foi reportado por Oliveira et al. (2015a) ao estudarem a estabilidade de polpas de mandacaru em pó obtidas pelo método de secagem por aspersão, com os produtos em pó acondicionados em embalagens laminadas flexíveis em recipientes herméticos de vidro contendo solução saturada de brometo de sódio (NaBr), a 25 °C por 50 dias de armazenamento, onde concluíram que o ácido ascórbico apresentou tendência significativa de diminuição com o tempo de armazenamento, com decréscimos médios de 23,41%. Entre as temperaturas constatou-se que houve diferenças estatísticas entre as médias do tempo 24 até os 60 dias, com as maiores médias ocorrendo na temperatura de 30 °C.

4.7.1.6 - Proteínas

Na Tabela 4.17 tem-se os resultados das proteínas do pó do quiabo liofilizado durante o período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada.

Tabela 4.17 – Proteínas (%) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 21,84 aA | 21,84 aA |
| 12 | 21,91 aA | 21,05 abB |
| 24 | 20,43 bA | 20,07 bcA |
| 36 | 21,08 abA | 19,85 cB |
| 48 | 21,26 abA | 20,11 bcB |
| 60 | 20,42 bA | 19,42 cB |

DMS para colunas = 1,049%; DMS para linhas = 0,701%; MG = 20,77%; CV = 2,00%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Registrou-se tendência de decréscimo das proteínas durante o armazenamento, correspondendo no final do armazenamento a uma redução de 6,50 e 11,08% nas

temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Na temperatura de 40 °C a diferença entre os tempos de estocagem foram significativos apenas entre o tempo inicial e os tempos a partir de 24 dias, com valores estatisticamente iguais do tempo 24 dias até o final do armazenamento. Yuyama et al. (2008) afirmaram que geralmente proteínas, carboidratos, entre outros constituintes, são sensíveis a fatores externos e internos como a luz, temperatura, umidade, tempo de processamento, degradando facilmente devido a reações enzimáticas de óxido-redução. Brito et al. (2015) ao avaliarem a estabilidade de grãos residuais de urucum desidratados a 40 °C e acondicionados em embalagens flexíveis laminadas durante 90 dias de armazenamento em condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidades relativas (55 e 83%), observaram que a proteínas bruta não degradou no material em estudo, havendo pequenas oscilações entre as temperaturas de armazenamento, com resultados não diferindo estatisticamente entre si.

4.7.1.7 - Clorofila total

Estão apresentados na Tabela 4.18 os valores médios da clorofila total do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.18 – Clorofila total ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 7,98 aA | 7,98 aA |
| 12 | 7,52 abA | 7,32 aA |
| 24 | 7,09 bcA | 6,36 bB |
| 36 | 6,82 cdA | 6,05 bB |
| 48 | 6,31 deA | 4,30 cB |
| 60 | 5,76 eA | 3,83 cB |

DMS para colunas = 0,688 $\mu\text{g/g}$, DMS para linhas = 0,459 $\mu\text{g/g}$; MG = 6,44 $\mu\text{g/g}$; CV = 4,23%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que houve uma degradação progressiva ao longo do período de armazenamento, destacando-se o pó estocado na temperatura de 40 °C, com o valor final reduzido de 52,01% em relação ao valor inicial. Quanto ao pó armazenado a 30 °C, houve

uma redução de 27,82%. Verificou-se que os pigmentos foram sensíveis ao período de armazenamento. Bohn e Walczyk (2004) afirmaram que pigmentos são sensíveis a temperatura, luz e oxigênio, tendo estes influência direta na sua degradação. Além de que, observou-se a degradação das proteínas (Tabela 4.17) ao longo do armazenamento, onde as clorofilas ficaram desprotegidas, tendendo a sua degradação. Cabral-Malheiros et al. (2010) ao armazenarem erva-mate tipo chimarrão em embalagem laminada, em temperatura ambiente (25 °C) e umidade relativa (75%) controlada, por um período de 12 semanas verificaram a degradação da clorofila total em 59,5% em relação aos valores iniciais.

4.7.1.8 - Carotenoides

Apresenta-se na Tabela 4.19 os valores médios do teor de carotenoides no pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.19 – Carotenoides ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 2,70 aA | 2,70 aA |
| 12 | 1,58 bA | 1,52 bA |
| 24 | 1,57 bA | 1,41 bcB |
| 36 | 1,48 bA | 1,35 cB |
| 48 | 1,32 cA | 1,12 dB |
| 60 | 1,28 cA | 1,01 dB |

DMS para colunas = 0,138 $\mu\text{g/g}$; DMS para linhas = 0,092 $\mu\text{g/g}$; MG = 1,59 $\mu\text{g/g}$; CV = 3,45%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Notou-se que na temperatura de 30 °C foram observados os maiores valores de carotenoides totais, degradando em cerca de 52,59% no final do armazenamento em relação aos seus valores iniciais, enquanto no pó estocado a 40 °C houve uma degradação de 62,59%. Sabendo-se que assim como nas clorofilas totais, os carotenoides são sensíveis a luz e temperatura, que são capazes de promover sua degradação. Constatou-se que no final do armazenamento, em cada temperatura específica, a degradação dos carotenoides

foi superior ao da clorofila total. Todisco (2012) ao armazenar polpa de seriguela em pó obtida por atomização, acondicionada em embalagens plásticas e laminadas durante 120 dias de armazenamento (25 °C e 85% de umidade relativa), constataram que, ao longo do armazenamento, houve uma degradação dos carotenoides.

Verificou-se que nas duas temperaturas em estudo no período de 24 aos 60 dias houve diferenças estatísticas entre as médias dos carotenoides, com os maiores valores ocorrendo na temperatura de 30 °C.

4.7.1.9 - Solubilidade

Na Tabela 4.20 têm-se os valores médios de solubilidade no pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.20 – Solubilidade (%) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 59,84 aA | 59,84 aA |
| 12 | 52,26 abB | 62,94 aA |
| 24 | 49,51 bcB | 56,75 aA |
| 36 | 48,21 bcA | 48,66 bA |
| 48 | 47,21 bcA | 40,93 cB |
| 60 | 44,59 cA | 36,21 cB |

DMS para colunas = 7,62%; DMS para linhas = 5,109%; MG = 50,58%; CV = 5,97%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se a redução da solubilidade, durante a estocagem nas duas temperaturas de armazenamento estudadas, destacando-se o pó a 40 °C com redução de 39,49% em relação ao valor inicial e no pó armazenando a 30 °C redução de 25,48%. Estas diminuições estão diretamente relacionadas ao acréscimo do teor de água do produto, onde segundo Kuck e Noreña (2016) quanto mais baixo é o teor de água, mais solúvel é o produto. Comportamento semelhante foi reportado por Sousa et al. (2016) ao avaliarem a estabilidade do suco de caju em pó desidratado em leito de jorro, em dois tipos de embalagens (laminadas e plásticas), em temperatura ambiente por um período de 60 dias,

em que observaram redução média de aproximadamente 3% em relação aos valores iniciais de solubilidade para a embalagem laminada. Costa et al. (2013), com maracujá em pó, também observaram um decréscimo das médias até o último dia de armazenamento (360 dias), com alteração de 81,61% para 75,79%.

4.7.1.10 - Luminosidade (L^*)

Na Tabela 4.21 estão dispostos os valores médios de luminosidade (L^*) do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada.

Tabela 4.21 – Luminosidade (L^*) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 70,86 aA | 70,86 aA |
| 12 | 69,99 abA | 68,84 abA |
| 24 | 67,88 bcdA | 66,99 bA |
| 36 | 68,94 abcA | 66,67 bB |
| 48 | 66,39 dA | 63,30 cB |
| 60 | 66,60 cdA | 62,40 cB |

DMS para colunas = 2,468; DMS para linhas = 1,649 MG = 67,48; CV = 1,45%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se tendência de escurecimento nos pós ao longo da estocagem, constatada pela redução dos valores da luminosidade, destacando-se o pó armazenado na temperatura de 40 °C com redução no final do armazenamento de 11,94%, enquanto no pó estocado a 30 °C houve uma redução de 6,01%, ambos em relação aos seus valores iniciais. Esse escurecimento, pode estar diretamente relacionado a elevações do teor de água e da atividade de água, e de degradações dos ácidos orgânicos e do ácido ascórbico. Santos et al. (2010b) relataram que durante a estocagem prolongada, especialmente em temperaturas elevadas, podem ocorrer reações de Maillard, que é a reação entre aminoácidos e açúcares redutores que resulta na formação de melanoidinas, que são polímeros nitrogenados de coloração escura, favorecida pelo ganho de água e elevação da atividade de água.

Comportamento semelhante ao desse trabalho, foi verificado por Juliano et al. (2014) em polpa de camu-camu em pó obtida por liofilização, acondicionada em três diferentes embalagens (polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio) e estocada em câmara a 25 °C durante 150 dias, com nível de redução da componente L* de 25 a 31%. Muzaffar e Kumar (2016) estudando o pó de tamarindo obtido por pulverização, armazenado na temperatura de 25 °C com umidade relativa de 45%, acondicionado em três embalagens (polietileno de baixa densidade, polietileno laminado com alumínio e vidro) durante 6 meses, também verificaram redução de L* ao longo do armazenamento.

Verificou-se entre as temperaturas diferenças estatísticas entre as médias nos tempos de 36 a 60 dias, com os maiores valores de L* a 30 °C.

4.7.1.11 - Intensidade de verde (-a*) e vermelho (+a*)

Observa-se na Tabela 4.22 os parâmetros colorimétricos de intensidade de verde (-a*) ou vermelho (+a*) do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.22 – Intensidade de verde (-a*) ou vermelho (+a*) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | -5,64 bA | -5,64 eA |
| 12 | -5,15 abA | -5,41 deA |
| 24 | -5,19 abA | -4,64 dA |
| 36 | -5,14 abA | -3,32 cA |
| 48 | -4,90 abA | -0,39 bA |
| 60 | -3,87 aB | +2,76 aA |

DMS para colunas = 1,04; DMS para linhas = 0,69; MG = 4,34; CV = 9,46%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que houve a redução da intensidade de verde (-a*) com o decorrer do armazenamento, nas duas temperaturas em estudo, fato esperado devido a degradação das clorofilas. Observando-se que o pó armazenado a 40 °C ao completar os 60 dias,

apresentou valor positivo (+a*) correspondente a intensidade de vermelho. Comportamento semelhante foi reportado por Cabral-Malheiros et al. (2010) ao armazenarem erva-mate tipo chimarrão em embalagem laminada e de papel, em temperatura ambiente (25 °C) e umidade relativa (75%) controlada, por 12 semanas, os quais verificaram a que a intensidade de verde (-a*) diminuiu 47,10% em relação aos valores iniciais, no armazenamento em embalagem laminada. Verificou-se que entre as temperaturas de armazenamento estudadas só houve diferenças significativas no tempo de 60 dias, com a mudança da escala do verde para o vermelho.

4.7.1.12 - Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.23 estão apresentados valores médios de intensidade de amarelo (+b*) do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.23 – Intensidade de amarelo (+b*) pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 23,16 bcA | 23,16 dA |
| 12 | 22,85 cB | 24,11 dA |
| 24 | 23,71 bcA | 24,61 cdA |
| 36 | 24,23 abcB | 25,77 cA |
| 48 | 24,57 abB | 27,52 bA |
| 60 | 25,79 aB | 30,20 aA |

DMS para colunas = 1,62; DMS para linhas = 1,08; MG = 24,97; CV = 2,57%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se tendência de aumento da intensidade de amarelo no decorrer do armazenamento. O pó submetido ao armazenamento a 40 °C obteve um acréscimo de 30,40% em relação ao valor inicial, enquanto o pó acondicionado a 30 °C, demonstrou um acréscimo de 11,36%. Comportamento semelhante foi reportado por Arlindo et al. (2007) no armazenamento de pimentão em pó, desidratado em secador de bandejas a 70 °C, em temperatura ambiente (25 °C) durante 100 dias em embalagem de polietileno, onde verificou aumento da coordenada +b* de 6,80% em relação aos valores iniciais. Entre as

temperaturas observou-se a intensificação dos tons de amarelo no pó acondicionado a 40 °C destacando-se estatisticamente a partir do dia 36 até os 60 dias em relação ao pó acondicionado a 30 °C.

4.7.1.13 - Croma (C*)

Apresentam-se na Tabela 4.24 os valores do croma (C*) do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.24 – Croma (C*) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 23,87 bcA | 23,87 dA |
| 12 | 23,42 cB | 24,71 cdA |
| 24 | 24,30 abcA | 25,04 cdA |
| 36 | 24,76 abcB | 25,98 bcA |
| 48 | 25,05 abB | 27,53 bA |
| 60 | 25,52 aB | 30,33 aA |

DMS para colunas = 1,60; DMS para linhas = 1,07; MG = 25,36; CV = 2,50%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se o aumento da cromaticidade (C*) no decorrer do armazenamento, com os resultados diferindo estatisticamente entre os tempos 0 e 60 dias, em ambas as temperaturas, destacando-se o pó armazenado na temperatura de 40 °C com maior índice de C*. Sendo o croma associado aos valores absolutos de a* e b*, quanto mais alto o valor de C*, mais próxima das cores primárias é a cor observada.

Assim, o pó do quiabo liofilizado teve a cor intensificada, o que do ponto de vista econômico, é de suma importância, visto que produtos com maiores valores para o componente C* são mais vivos, isto é, apresentam coloração mais vibrante, e como consequência, tornam-se mais atrativos à compra (OLIVEIRA et al., 2015b). Juliano et al. (2014) em polpa de camu-camu em pó obtida por liofilização, acondicionada em três diferentes embalagens (polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio)

e estocada a 25 °C durante 150 dias, afirmaram que houve o aumento da coordenada C* ao longo do armazenamento.

4.7.1.14 - Ângulo de tonalidade (h)

Os valores médios do ângulo de tonalidade (h) do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada, estão apresentados na Tabela 4.25.

Tabela 4.25 – Ângulo de tonalidade (h) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 76,31 bA | 76,31 dA |
| 12 | 77,30 bA | 77,35 cdA |
| 24 | 77,43 bB | 79,33 cA |
| 36 | 78,02 bB | 82,67 bA |
| 48 | 78,74 abB | 84,79 bA |
| 60 | 80,71 aB | 89,19 aA |

DMS para colunas = 2,56; DMS para linhas = 1,71; MG = 78,85; CV = 1,27%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que as amostras apresentaram tendência de aumento da coordenada h, relacionado principalmente à elevação dos valores de +b* ao longo da estocagem. O pó armazenado na temperatura de 40 °C apresentou acréscimo do ângulo hue de 16,88%, enquanto o pó estocado a 30 °C apresentou um aumento de h de 5,77%. Isso significa que a percepção da cor do pó do quiabo liofilizado se distanciou da região vermelha ($h = 0^\circ$), e se aproximou da região amarela ($h^\circ = 90^\circ$).

Comportamento inverso ao do presente estudo foi relatado por Gomes et al. (2004) ao desidratarem a polpa de acerola formulada em leite de jorro a 70 °C e acondicioná-las em embalagens de polietileno, durante 60 dias em condição ambiente, relatando ao final da estocagem ligeiro decréscimo na coordenada h. Costa et al. (2013) avaliaram a estabilidade do pó de maracujá amarelo acondicionado em sacos plásticos e armazenado em embalagens de metal por 360 dias a 25 °C, verificando redução da componente h ao longo da estocagem, com redução de ~2,4% ao final do armazenamento

4.7.1.15 - Densidade aparente

Verifica-se na Tabela 4.26 os valores médios da densidade aparente do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento com temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%.

Tabela 4.26 – Densidade aparente (g/cm³) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,206 aA | 0,206 aA |
| 12 | 0,188 abA | 0,195 abA |
| 24 | 0,177 bA | 0,184 abA |
| 36 | 0,151 cB | 0,175 bcA |
| 48 | 0,152 cA | 0,160 cdA |
| 60 | 0,167 bcA | 0,150 dB |

DMS para colunas = 0,023 g/cm³; DMS para linhas = 0,015 g/cm³; MG = 0,176 g/cm³; CV = 5,12%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Constatou-se a diminuição gradativa da densidade aparente ao longo do período de armazenamento nas duas temperaturas de secagem destacando-se estatisticamente o pó armazenando na temperatura de 40 °C com redução de 27,18% em relação a densidade aparente inicial, enquanto o pó acondicionado na temperatura de 30 °C apresentou uma redução de 18,93%. Estas reduções podem estar correlacionadas ao aumento do teor de água ao longo do armazenamento, promovendo intumescimento dos grânulos e aumento do volume do pó. Entre as temperaturas verificou-se diferença estatística significativa apenas na análise do dia 36 e na conclusão do experimento (60 dias).

4.7.1.16 - Densidade compactada

Na Tabela 4.27 estão apresentados valores médios da densidade compactada do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%) controlada.

Tabela 4.27 – Densidade compactada (g/cm^3) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,301 aA | 0,301 aA |
| 12 | 0,274 abA | 0,274 abA |
| 24 | 0,255 bA | 0,268 bA |
| 36 | 0,216 cA | 0,223 cA |
| 48 | 0,195 cB | 0,224 cA |
| 60 | 0,189 cA | 0,201 cA |

DMS para colunas = 0,032 g/cm^3 ; DMS para linhas = 0,022 g/cm^3 ; MG = 0,243 g/cm^3 ; CV = 5,28%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que os valores da densidade compactada variaram entre 0,301 e 0,189 g/cm^3 , com menores valores para o pó armazenado na temperatura de 30 °C, com tendência de reduções gradativas desde o início do armazenamento, porém, não significativas a partir dos 36 dias, com diminuição total de 37,21%. O pó acondicionado a 40 °C teve comportamento semelhante ao de 30 °C, também com redução significativa a partir de 36 dias, com redução total de 33,22% em relação ao valor inicial.

4.7.1.17 - Índice de Carr

Observa-se na Tabela 4.28 os valores médios de índice de compressibilidade ou Índice de Carr do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.28 – Índice de Carr (IC) (%) do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura °C | |
|--------------|----------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 31,33 aA | 31,33 bA |
| 12 | 31,33 aB | 35,00 aA |
| 24 | 30,68 aB | 35,00 aA |
| 36 | 30,00 aA | 28,67 bcA |
| 48 | 20,00 bB | 26,00 cA |
| 60 | 15,33 cB | 18,00 dA |

DMS para colunas = 3,64%; DMS para linhas = 2,43%; MG = 27,72%; CV = 5,21%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

De modo geral, verificou-se tendência de redução do índice de Carr dos pós armazenados nas temperaturas de 30 e 40 °C com o tempo de armazenamento, com reduções no final do armazenamento de 51,07% e 42,55%, respectivamente, em relação ao valor inicial.

O índice de Carr trata-se de um método para avaliar indiretamente as propriedades de fluxo de produtos em pó por meio da relação das densidades aparente e compactada. Verificou-se a capacidade de fluidez de pós sabendo-se que valores de IC entre 15-20% representam boa fluidez, entre 20-35% pobre fluidez, entre 35-45% fluidez ruim e IC > 45% fluidez muito ruim (SANTHALAKSHMY et al., 2015). De acordo com esta classificação o pó armazenado nas temperaturas de 30 e 40 °C durante 60 dias apresentou boa fluidez no final do armazenamento.

4.7.1.18 - Fator de Hausner

Na Tabela 4.29 estão disponíveis os valores médios do fator de Hausner (FH), que corresponde a coesividade do pó do quiabo liofilizado, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.29 – Fator de Hausner do pó do quiabo liofilizado durante o armazenamento nas temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa média de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 1,46 aA | 1,46 aA |
| 12 | 1,46 aA | 1,46 aA |
| 24 | 1,44 aA | 1,36 aA |
| 36 | 1,43 aA | 1,37 aA |
| 48 | 1,25 abB | 1,45 aA |
| 60 | 1,16 bB | 1,31 bA |

DMS para colunas = 0,21; DMS para linhas = 0,14; MG = 1,38; CV = 6,09%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Os valores encontrados para o Fator de Hausner (FH) no pó armazenado a 30 °C apresentaram redução significativa apenas no período de 60 dias, diminuindo 20,55%. Nos pós armazenados na temperatura de 40 °C, observou-se comportamento semelhante ao pó acondicionado a 30 °C com redução de 10,27% em relação aos valores iniciais.

De acordo com Villanova et al. (2012), FH próximo a 1,25 indica baixa coesividade, enquanto que resultado maior que 1,5 indica boa coesividade. Geralmente, aceita-se que valores abaixo de 1,25 podem ser correlacionados a um bom fluxo e acima de 1,25, a um fluxo ruim, uma vez que coesividade e fluxo são inversamente proporcionais. Logo, os pós armazenados em ambas as temperaturas, apresentaram baixa coesividade ao final de seu acondicionamento.

4.7.2 - Armazenamento do pó selecionado da secagem convectiva

Levando-se em consideração o estudo do material integral, foi selecionado o pó com casca, obtidos na secagem convectiva na temperatura de 80 °C, por apresentar valores do teor de água, atividade de água, pectina e solubilidade mais próximos aos dados do pó liofilizado também armazenado.

4.7.2.1 - Teor de água

Os valores médios do teor de água do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%), estão apresentados na Tabela 4.30.

Tabela 4.30 - Teor de água (% b.u.) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante armazenamento por 60 dias em temperaturas de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 7,15 dA | 7,15 dA |
| 12 | 9,19 dB | 10,13 cA |
| 24 | 9,65 cdB | 10,46 cA |
| 36 | 10,22 cB | 11,71 bA |
| 48 | 11,14 bB | 13,85 aA |
| 60 | 12,13 aB | 13,88 aA |

DMS para colunas = 0,75%; DMS para linhas = 0,50%; MG = 10,55%; CV = 2,80%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que nas duas temperaturas avaliadas o teor de água aumentou com o tempo de armazenamento, demonstrando que a embalagem não foi eficiente para a manutenção do teor de água inicial. No final do armazenamento este acréscimo foi de 69,65% e 94,13% em relação aos valores iniciais nas temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Comportamento semelhante foi verificado para o armazenamento do pó do figo-da-índia, obtido da secagem por aspersão, durante 100 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa média de 83% (GALDINO et al., 2016) e para acerola em pó armazenada em temperatura ambiente durante 60 dias, obtida através da secagem em leito de jorro com adição de 10% de maltodextrina (GOMES et al., 2004).

O teor de água do pó ao término do armazenamento manteve-se dentro da faixa estabelecida pela legislação brasileira, que estabelece para produtos secos e processados na forma de farinha um teor de água de até 15% (BRASIL, 2005). Observando-se entre as temperaturas destacou-se o pó armazenado na temperatura de 40 °C, com maiores valores ao longo de todo o acondicionamento em relação a temperatura de 30 °C.

4.7.2.2 - Atividade de água

Apresentam-se na Tabela 4.31 os valores médios da atividade de água do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.31 – Atividade de água (a_w) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,206 eA | 0,206 fA |
| 12 | 0,311 dB | 0,399 eA |
| 24 | 0,346 cB | 0,446 dA |
| 36 | 0,353 cB | 0,519 cA |
| 48 | 0,394 bB | 0,542 bA |
| 60 | 0,430 aB | 0,586 aA |

DMS para colunas = 0,019; DMS para linhas = 0,012; MG = 0,390; CV = 1,87%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que a atividade de água do pó do quiabo com casca aumentou significativamente nas duas temperaturas ao longo do armazenamento, apresentando um acréscimo de 108,74 e 184,47% em relação ao valor inicial, respectivamente nas temperaturas de 30 e 40 °C. Este resultado condiz com o comportamento do teor de água, indicando a permeabilidade ao vapor d'água da embalagem. Lisbôa et al. (2012) verificaram comportamento semelhante para o pó de figo-da-índia armazenado em embalagem laminada durante 100 dias de armazenamento nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidades relativas de 55 e 83%, com valor médio de atividades de água variando entre 0,311 e 0,460. Entre as temperaturas constatou-se que as atividades de água foram maiores na temperatura de 40 °C com diferenças significativas em todos os tempos de armazenamento.

Segundo Gava et al. (2009) alimentos com atividade de água inferior a 0,6 são microbiologicamente estáveis, esta atividade de água é considerada limitante para o desenvolvimento de micro-organismos. No final do armazenamento e mesmo com o aumento da atividade de água verificado durante o armazenamento, os valores finais ainda se encontram abaixo de 0,600, garantindo a estabilidade microbiológica e retardando reações enzimáticas e químicas de degradação.

4.7.2.3 - Acidez total titulável

Observa-se na Tabela 4.32 os valores médios da acidez total titulável do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.32 – Acidez total titulável (% ácido cítrico) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 1,56 aA | 1,56 eA |
| 12 | 1,34 bB | 1,58 eA |
| 24 | 1,27 cB | 1,67 dA |
| 36 | 1,20 dB | 1,73 cA |
| 48 | 1,08 eB | 1,81 bA |
| 60 | 1,03 eB | 1,96 aA |

DMS para colunas = 0,06% ácido cítrico; DMS para linhas = 0,04% ácido cítrico; MG = 1,48% ácido cítrico; CV = 1,52%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A acidez total titulável dos pós armazenados apresentou comportamento inverso entre as temperaturas em estudo, verificando-se a redução significativa do parâmetro ao longo da estocagem do pó a 30 °C de 33,97% em relação aos valores iniciais. No pó armazenado a 40 °C houve o aumento da acidez total titulável ao longo do armazenamento, verificando-se o acréscimo de 25,64%. Loureiro et al. (2013) ao armazenarem pós de buriti, obtidos em secagem convectiva, acondicionados à temperatura de 26 °C e umidade relativa média de 78%, em embalagens de polietileno e laminada, verificaram que os valores da acidez total titulável apresentaram tendência de diminuição ao longo do armazenamento. Brito et al. (2015) ao avaliarem a estabilidade de grãos residuais de urucum desidratados a 40 °C por secagem convectiva e acondicionados em embalagens flexíveis laminadas durante 90 dias de armazenamento em condições controladas de temperatura (25 e 40 °C) e umidades relativas (55 e 83%), verificaram o acréscimo da acidez total titulável para os pós armazenados na temperatura de 40 °C e umidade relativa de 83%.

Observando-se a influência da temperatura no produto, supõe-se que no armazenamento a 30 °C pode ter havido a oxidação do pó com consequente redução da acidez total titulável, e no material armazenado a 40 °C (armazenamento acelerado) esse aumento da acidez pode ter sido ocasionado pelo início de processo de fermentação. Entre as temperaturas certificou-se que os maiores valores da acidez em todos os tempos de armazenamento foram verificados na temperatura de 40 °C.

4.7.2.4 - pH

Na Tabela 4.33 estão os valores médios do pH do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.33 – pH do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 6,24 | 6,24 |
| 12 | 6,31 | 6,27 |
| 24 | 6,31 | 6,27 |
| 36 | 6,41 | 6,24 |
| 48 | 6,46 | 6,20 |
| 60 | 6,47 | 6,08 |

Assim como na acidez total titulável, sendo os mesmo inversamente correlacionados, o pH apresentou comportamento inverso entre as duas temperaturas de armazenamento, verificando-se aumento progressivo do pH no pó acondicionado a 30 °C, enquanto no pó estocado a 40 °C verificou-se diminuição gradativa.

Silva et al. (2010) notaram aumento do pH no armazenamento de tomates desidratados em secador de cabine na temperatura de 65 °C e velocidade do ar em torno de 1,6 m/s por 14 h e acondicionados em embalagens de vidro em temperatura ambiente por 45 dias. Já Galdino et al. (2003) para o pó de umbu, obtido pelo método de secagem em camada de espuma, armazenado em dois tipos de embalagem (laminada e polietileno) em temperatura ambiente durante 60 dias de armazenamento, verificou que o pH do pó apresentou tendência à estabilidade para as condições estudadas.

4.7.2.5 - Ácido ascórbico

Verifica-se na Tabela 4.34 os valores médios do ácido ascórbico do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.34 – Ácido ascórbico (mg/100 g) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 79,77 aA | 79,77 aA |
| 12 | 77,64 abA | 67,55 bB |
| 24 | 76,24 abA | 65,44 bB |
| 36 | 73,63 bcA | 61,15 cB |
| 48 | 70,48 cA | 54,35 dB |
| 60 | 63,07 dA | 47,43 eB |

DMS para colunas = 4,22 mg/100 g; DMS para linhas = 2,82 mg/100 g; MG = 68,04 mg/100 g; CV = 2,56%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que houve decréscimo do teor de ácido ascórbico no pó do quiabo nas duas temperaturas de armazenamento, destacando-se estatisticamente o pó estocado na temperatura de 40 °C com os menores valores. Verificou-se uma diminuição de 20,94 e 40,54% aos 60 dias em relação ao valor inicial nos pós acondicionados nas temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Comportamento semelhante foi verificado por Menezes et al. (2009) ao compararem o armazenamento da polpa de acerola em pó desidratada em estufa com circulação de ar a 70 °C e liofilizada, armazenada em embalagens de polietileno de baixa densidade em condições ambientais durante 180 dias, no qual foi detectada uma redução da quantidade de ácido ascórbico em todos os tempos, com perdas de 33,47% (pó liofilizado) e 49,52% (pó desidratado em estufa). Lee et al. (2013), comparando os pós de pitayas de polpa vermelha e polpa branca, verificaram após 25 dias de armazenamento a redução do conteúdo de ácido ascórbico nos pós em todas as umidades relativas utilizadas, de 33 a 75%.

4.7.2.6 - Proteínas

Têm-se na Tabela 4.35 os valores médios das proteínas do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.35 – Proteínas (%) do pó do quiabo, obtido por secagem convectiva, durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 18,64 bA | 18,64 dA |
| 12 | 22,33 aA | 23,07 aA |
| 24 | 21,92 aA | 21,59 bA |
| 36 | 21,86 aA | 19,69 cdB |
| 48 | 21,77 aA | 19,05 cdB |
| 60 | 22,21 aA | 20,59 bcB |

DMS para colunas = 1,91%; DMS para linhas = 1,27%; MG = 20,98%; CV = 3,59%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se concentração das proteínas ao longo do armazenamento, principalmente nos pós acondicionados na temperatura de 30 °C, onde os valores mantiveram-se estáveis a partir do dia 12 até o final do armazenamento. Em relação a pó estocado a 40 °C, observa-se comportamento indefinido, com acréscimo do teor no tempo 12 e oscilações a partir de 24 dias, com aumento ao final de armazenamento estatisticamente significativo em relação ao valor inicial.

Donadon et al. (2015) ao armazenarem, durante 9 meses, sementes desidratadas de crambe acondicionadas em embalagens laminadas em ambientes refrigerado a 10 °C e 34,84% de umidade relativa e natural a 24,81 °C e 54,93% de umidade relativa verificaram que os teores de proteínas bruta não diferiram entre si, exceto no terceiro mês de armazenamento, quando as sementes apresentaram maior teor de proteína.

4.7.2.7 - Clorofila total

Apresentam-se na Tabela 4.36 os valores médios da clorofila total do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.36 – Clorofila total ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 11,62 aA | 11,62 aA |
| 12 | 10,29 abA | 9,83 bA |
| 24 | 10,28 abA | 8,93 bcB |
| 36 | 9,68 bcA | 7,44 cdB |
| 48 | 9,15 bcA | 7,23 dB |
| 60 | 8,26 cA | 6,88 dB |

DMS para colunas = 1,62 $\mu\text{g/g}$; DMS para linhas = 1,08 $\mu\text{g/g}$; MG = 9,27 $\mu\text{g/g}$; CV = 6,91%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação as clorofilas totais do pó do quiabo armazenado, verificou-se que houve uma degradação significativa ao longo de toda a estocagem nas duas temperaturas em estudo, destacando-se o pó armazenado a 40 °C a partir de 24 dias. Em relação ao tempo de acondicionamento a temperatura de 40 °C também foi a que sofreu maior influência, com decréscimo de 40,79% entre os tempos inicial e final. No pó acondicionado a 30 °C verificou-se uma redução de 28,92% na conclusão do experimento. Segundo Ribeiro e Seravalli (2004) as clorofilas são alteradas quimicamente devido a vários fatores, como pH, presença de metais bivalentes, aquecimento, entre outros. Considerando-se as alterações do pH durante o armazenamento, pode-se associar a degradação do pigmento a tais alterações. Comportamento semelhante foi verificado por Cavalcante Neto (2017) ao armazenarem o pó do cuxá obtido por secagem em camada de espuma nas temperaturas de 5, 25 e 35 °C, por um período de 60 dias, constatando maior degradação para a temperatura de 35 °C, com diminuição de 53% em relação as clorofilas totais.

4.7.2.8 - Carotenoides

Na Tabela 4.37 observa-se os valores médios do teor de carotenoides do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.37 – Carotenoides ($\mu\text{g/g}$) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 2,96 aA | 2,96 aA |
| 12 | 2,28 bA | 2,01 bB |
| 24 | 2,02 bcA | 1,77 bcB |
| 36 | 1,92 cA | 1,57 cdB |
| 48 | 1,77 cdA | 1,50 dB |
| 60 | 1,61 dA | 1,20 eB |

DMS para colunas = 0,26 $\mu\text{g/g}$; DMS para linhas = 0,18 $\mu\text{g/g}$; MG = 1,96 $\mu\text{g/g}$; CV = 5,33%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Notou-se que, assim como nas clorofilas totais, houve redução significativa do pigmento ao longo do armazenamento nas duas temperaturas em estudo, com maior decréscimo estatisticamente significativo no pó estocado na temperatura de 40 °C, destacando-se também em relação ao tempo de acondicionamento com diminuição de 59,46% em relação aos valores iniciais. Quanto ao pó estocado a 30 °C verificou-se uma diminuição de 45,61% no final do armazenamento. Assim como nas clorofilas, os carotenoides podem ser degradados pelos efeitos de temperatura, luz e tempo de armazenamento, podendo as moléculas de magnésio serem convertidos para feofitina e pirofeofitina provocando diminuição da tonalidade dos pós (PROVESI et al., 2011; BUCHAILLOT et al., 2009).

Comportamento semelhante foi verificado em vários estudos de vida de prateleira de pós de vegetais desidratados, Santana (2013) no pó de pequi armazenado na temperatura de 25 e 35 °C verificou redução entre 41,65 e 42,60% nos carotenoides dos pós armazenados ao fim do acondicionamento, Todisco (2012) avaliando a estabilidade dos carotenoides da polpa de seriguela em pó, seca por atomização, acondicionada em embalagens plásticas e laminadas durante 120 dias de armazenamento (25 °C e 85% de umidade relativa), constatou degradação de 35% ao longo do armazenamento.

4.7.2.9 - Solubilidade

Os valores médios da solubilidade do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%), estão apresentados na Tabela 4.38.

Tabela 4.38 – Solubilidade (%) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 40,42 abA | 40,42 abA |
| 12 | 36,65 cA | 36,95 cdA |
| 24 | 37,66 bcA | 37,63 bcA |
| 36 | 39,70 abcA | 30,77 eB |
| 48 | 39,23 abcA | 34,00 deB |
| 60 | 41,10 aA | 41,21 aA |

DMS para colunas = 3,31%; DMS para linhas = 2,21%; MG = 37,98%; CV = 3,45%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que os valores de solubilidade dos pós armazenados apresentou oscilações ao longo do armazenamento, mas ao final dos 60 dias voltou a igualar-se estatisticamente aos valores iniciais, configurando estabilidade, principalmente na temperatura de 30° C. Na temperatura de 40° C, apesar de demonstrar alguma tendência à redução nos tempos intermediários em valores absolutos, houve igualdade estatística entre os tempos 12 e 60 dias, corroborando a manutenção da estabilidade.

Essas oscilações nos valores de solubilidade do pó podem estar associadas ao alto teor de pectina presente nos mesmos, que causam a gelatinização na adição de água, e heterogeneidade na composição das amostras. Comportamento inverso foi verificado por Lara Júnior (2017) no armazenamento polpa de manga (*Mangifera Indica* L.) em pó, obtida pelo processo de secagem por aspersão, em temperatura ambiente por 90 dias, em embalagens laminadas e de polietileno, passando a solubilidade de 98,59% para 96,02% nas amostras em embalagens laminadas.

4.7.2.10 - Luminosidade (L^*)

Na Tabela 4.39 tem-se os valores médios do parâmetro de cor, expresso pela luminosidade do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.39 – Luminosidade (L^*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 65,79 aA | 65,79 a |
| 12 | 64,41 abA | 62,42 bB |
| 24 | 60,72 cA | 59,73 bcA |
| 36 | 62,15 bcA | 57,94 cdB |
| 48 | 60,93 cA | 55,73 deB |
| 60 | 60,52 cA | 54,76 eB |

DMS para colunas = 2,75; DMS para linhas = 1,84; MG = 60,90, CV = 1,79%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se que houve redução gradativa da luminosidade (L^*) ao longo do armazenamento nas duas temperaturas em estudo, destacando-se o pó armazenado na temperatura de 40 °C com as maiores reduções. Verificou-se uma diminuição significativa no final do armazenamento de 8,01 e 16,77% em relação do valores iniciais nas temperaturas de 30 e 40 °C, respectivamente. Comportamento semelhante foi reportado por Muzaffar e Kumar (2016) para o pó de tamarindo armazenado na temperatura de 25 °C, com umidade relativa de 45%, acondicionado em três embalagens distintas (polietileno de baixa densidade, polietileno laminado com alumínio e vidro) durante 6 meses, verificando-se redução de L^* ao longo do armazenamento; e por Juliano et al. (2014) para o pó de camu-camu liofilizado e armazenado a 25 °C durante 150 dias em embalagens de polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio, em que foi constatado que houve a redução de L^* e conseqüentemente o escurecimento da amostra ao longo da estocagem.

4.7.2.11 - Intensidade de verde (-a*) e vermelho (+a*)

Os valores médios da intensidade de verde (-a*) e vermelho (+a*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%), estão dispostas na Tabela 4.40.

Tabela 4.40 – Intensidade de verde (-a*) e vermelho (+a*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | - 1,67 dA | - 1,67 fA |
| 12 | - 1,26 dB | - 0,39 eB |
| 24 | - 0,73 cB | 0,85 dA |
| 36 | - 0,74 cB | 2,41 cA |
| 48 | 0,18 dB | 4,50 bA |
| 60 | 0,77 aB | 5,67 aA |

DMS para colunas = 0,49; DMS para linhas = 0,33; MG = 1,74; CV = 1,28%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se que houve alteração significativa na cor do pó nas duas temperaturas em estudo durante o armazenamento. O pó armazenado na temperatura de 30 °C manteve a componente de cor verde até o dia 36, passando para tons de vermelho nos dois últimos tempos do acondicionamento. Quanto ao pó estocado na temperatura de 40 °C, observou-se que a partir do dia 24, os pós já apresentaram +a*, com tons de intensidade de vermelho.

Comportamento inverso foi verificado por Galdino et al. (2016) para o pó de figo da índia armazenado durante 40 dias nas temperaturas de 25 e 40 °C e umidade relativa de 83%, e por Silva Filho (2012) para o pó da manga Haden acondicionado em embalagem laminada flexível e armazenado na temperatura de 25 °C e umidade relativa de 55%, em que ambos verificando a diminuição de +a*, ao longo do armazenamento.

4.7.2.12 - Intensidade de amarelo (+b*)

Na Tabela 4.41 tem-se os valores médios da intensidade de amarelo (+b*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições

controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%), estão dispostas na Tabela 4.39.

Tabela 4.41 – Intensidade de amarelo (+b*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 24,32 aA | 24,32 bA |
| 12 | 23,82 aB | 24,86 bA |
| 24 | 23,28 aB | 24,91 bA |
| 36 | 24,34 aB | 27,00 aA |
| 48 | 24,22 aB | 26,88 aA |
| 60 | 24,24 aB | 27,74 aA |

DMS para colunas = 1,17; DMS para linhas = 0,78; MG = 24,99; CV = 1,68%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação a intensidade de amarelo do pó do quiabo armazenado observou-se diferença estatística entre as duas temperaturas em estudo, destacando-se a de 40 °C com diferença estatística ao longo de todo o experimento. Em relação ao tempo de acondicionamento verificou-se que na temperatura de 30 °C os valores de intensidade de amarelo apresentaram estabilidade. Na temperatura de 40 °C observou-se uma aumento significativo a partir do dia 36, mantendo-se estável estatisticamente até a conclusão do armazenamento.

Silva et al. (2005) verificaram para o pó de umbu-cajá acondicionado em diferentes embalagens (polietileno e laminada) e armazenado durante 60 dias em temperatura ambiente, que não houve degradação do parâmetro da intensidade de amarelo, com os valores se apresentando constantes durante todo o armazenamento; também Loureiro et al. (2013) estudando o buriti em pó acondicionado em dois tipos de embalagens (laminada e polietileno), durante 90 dias de armazenamento na temperatura de 26 °C e umidade relativa média de 78%, também verificaram que com o tempo de armazenamento o parâmetro intensidade de amarelo não apresentou variação.

4.7.2.13 - Cromo (C*)

Observa-se na Tabela 4.42 os valores médios da saturação da cor (Croma) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.42 – Cromo (C*) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|-----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 24,38 aA | 24,38 cA |
| 12 | 23,86 aB | 24,86 cA |
| 24 | 23,29 aB | 24,93 cA |
| 36 | 24,35 aB | 27,11 bA |
| 48 | 24,22 aB | 27,25 abA |
| 60 | 24,25 aB | 28,31 aA |

DMS para colunas = 1,17; DMS para linhas = 0,78; MG = 25,10; CV = 1,85%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação aos valores da cromaticidade, observou-se que houve diferença estatística entre as temperaturas de armazenamento estudadas, destacando-se o pó acondicionado a 40 °C durante todo o experimento, com os maiores valores. Quanto ao tempo de estocagem verificou-se que o pó armazenado na temperatura de 30 °C manteve-se estável, não havendo diferença estatística entre os valores. Quanto ao pó acondicionado a 40 °C, observou-se um aumento significativo da cromaticidade a partir do dia 48. Segundo Canuto et al. (2010) quanto mais alto o valor de C*, mais acentuada é a cor observada. Oliveira et al. (2013) afirmaram que o índice cromaticidade define a intensidade da cor, assumindo valores próximos a zero para cores neutras e próximos a 60 para cores vívidas.

4.7.2.14 - Ângulo de tonalidade (h)

Têm-se na Tabela 4.43 os valores médios do ângulo de tonalidade (ângulo hue) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.43 – Ângulo de tonalidade (h) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 86,02 cA | 86,02 bA |
| 12 | 86,97 cB | 89,12 aA |
| 24 | 88,20 bA | 88,04 aA |
| 36 | 88,26 bA | 84,90 cB |
| 48 | 88,19 bA | 80,49 dB |
| 60 | 89,58 aA | 78,43 eB |

DMS para colunas = 1,12; DMS para linhas = 0,75; MG = 86,19; CV = 0,51%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se diferença estatística entre as temperaturas de armazenamento ao longo do experimento, destacando-se a partir do tempo 36 dias a temperatura de 30 °C com o maior ângulo de tonalidade. Observou-se comportamento inverso nas temperaturas de armazenamento em relação ao tempo de acondicionamento, verificando-se que houve um aumento significativo de h para o pó acondicionado a 30 °C e decréscimo de h no pó estocado a 40°C.

Segundo Canuto et al. (2010) os valores de tonalidade cromática próximos ou acima de 70, indicam uma cor amarelada, podendo variar do amarelo ao ligeiramente esverdeado (valores negativos) até um pouco alaranjado (valores positivos de h). Juliano et al. (2014) verificaram para o pó de camu-camu liofilizado e armazenado a 25 °C durante 150 dias em diversas embalagens (polietileno, nylon e polietileno revestido com camada de alumínio) que houve tendência de diminuição do ângulo Hue, com os valores variando na faixa de 52,11 a 19,76°.

4.7.2.15 - Densidade aparente

Observa-se na Tabela 4.44 os valores médios da densidade aparente do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.44 – Densidade aparente (g/cm^3) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,522 aA | 0,522 aA |
| 12 | 0,511 bcA | 0,500 bB |
| 24 | 0,517 abA | 0,483 cB |
| 36 | 0,509 cA | 0,457 eB |
| 48 | 0,491 dA | 0,472 dB |
| 60 | 0,444 eA | 0,407 fB |

DMS para colunas = 0,007 g/cm^3 ; DMS para linhas = 0,005 g/cm^3 ; MG = 0,486 g/cm^3 ; CV = 0,58%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se diferença estatística entre as temperaturas em estudo, destacando-se o pó acondicionado a 40 °C com os menores valores. Em relação ao tempo de armazenamento, observou-se que houve a diminuição gradativa da densidade aparente ao longo do período de armazenamento nas duas temperaturas de acondicionamento, destacando-se estatisticamente o pó armazenado na temperatura de 40 °C com redução de 22,03% em relação a densidade aparente inicial. Enquanto que no pó acondicionado na temperatura de 30 °C, houve uma redução de 14,94%. Estas reduções podem estar relacionadas ao aumento do teor de água nas amostras ao longo do armazenamento, levando a um aumento de volume proporcionalmente maior que o aumento de massa.

4.7.2.16 - Densidade compactada

Apresenta-se na Tabela 4.45 os valores médios da densidade compactada do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Observou-se que os valores da densidade compactada apresentaram diferença estatística entre as temperaturas de armazenamento com menores valores no pó acondicionado a 40 °C. Quanto ao tempo de estocagem verificou-se também menores valores para o pó armazenado na temperatura de 40 °C, com redução gradativa ao longo do armazenamento e diminuição de 24,88% em relação aos valores iniciais. O pó

acondicionado a 30 °C teve comportamento semelhante, com redução significativa a partir do dia 24 e entre o início e o fim do armazenamento redução de 21,53%.

Tabela 4.45 – Densidade compactada (g/cm^3) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 0,627 aA | 0,627 aA |
| 12 | 0,627 aA | 0,591 bB |
| 24 | 0,606 bA | 0,571 cB |
| 36 | 0,606 bA | 0,507 eB |
| 48 | 0,588 cA | 0,535 dB |
| 60 | 0,492 dA | 0,471 fB |

DMS para colunas = 0,004 g/cm^3 ; DMS para linhas = 0,003 g/cm^3 ; MG = 0,571 g/cm^3 ; CV = 0,31%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.7.2.17 - Índice de Carr

Os valores médios do índice de compressibilidade (Índice de Carr) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%), estão dispostas na Tabela 4.46.

Tabela 4.46 – Índice de Carr (%) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura °C | |
|--------------|----------------|----------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 16,33 abA | 16,33 aA |
| 12 | 14,67 bA | 15,33 aA |
| 24 | 18,67 aA | 10,67 bB |
| 36 | 18,67 aA | 10,67 bB |
| 48 | 18,67 aA | 10,00 bB |
| 60 | 10,68 cA | 10,00 bA |

DMS para colunas = 3,67%; DMS para linhas = 2,25%; MG = 14,22%; CV = 10,22%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Observou-se comportamento indefinido no índice de compressibilidade nos pós armazenados na temperatura de 30 °C, com variações entre 10,68 a 18,67%, mantendo-se estável estatisticamente do dia 24 ao 48 e com redução no final do acondicionamento de 34,60% em relação ao valor inicial. Quanto ao pó acondicionado a 40 °C observou-se redução significativa a partir do dia 24, mantendo-se estável estatisticamente até o final do experimento com redução de 38,76% em relação ao valor inicial de IC.

Wells (2005) classifica os pós de acordo com o índice de Carr como: e IC < 10% indicam excelente fluxo; IC de 11 a 15% fluxo bom; IC de 16 a 20% fluxo fraco; IC de 21 a 31% fluxo pobre; IC de 16 a 31% fluxo pobre (pós coesivos); IC > 32% fluxo muito pobre. Logo conforme esses valores, os pós armazenados nas duas temperaturas em estudo podem ser classificados entre excelente fluidez a bom fluxo na conclusão do armazenamento.

4.7.2.18 - Fator de Hausner

Na Tabela 4.47 apresenta-se os valores médios do fator de Hausner (FH) do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o período de armazenamento em condições controlada de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Tabela 4.47 – Fator de Hausner do pó do quiabo obtido por secagem convectiva durante o armazenamento por 60 dias em temperatura de 30 e 40 °C e umidade relativa de 83%

| Tempo (dias) | Temperatura (°C) | |
|--------------|------------------|---------|
| | 30 | 40 |
| 0 | 1,20 bcA | 1,20 aA |
| 12 | 1,19 cA | 1,18 bB |
| 24 | 1,20 bcA | 1,08 eB |
| 36 | 1,23 aA | 1,12 dB |
| 48 | 1,20 bA | 1,15 cB |
| 60 | 1,12 dB | 1,16 cA |

DMS para colunas = 0,01; DMS para linhas = 0,01; MG = 1,17; CV = 0,36%; DMS - Desvio mínimo significativo; MG - Média geral; CV - Coeficiente de variação; Médias seguidas da mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula nas linhas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Verificou-se diferença estatística entre as temperaturas de armazenamento com os menores valores do Fator de Hausner no pó acondicionado a 40 °C nos tempos de 12 a 48 dias e no tempo 60 dias o menor valor na temperatura de 30 °C. O Fator de Hausner (FH), utilizado para se avaliar a coesividade de produtos em pó, variou de 1,08 a 1,23, não havendo comportamento definido ao longo do armazenamento nas duas temperaturas em estudo, registrando-se apenas reduções significativas aos 60 dias em relação ao início. Ao final, no pó armazenado a 30 °C verificou-se uma redução de 6,67%, enquanto no pó acondicionado a 40 °C o FH reduziu-se em 3,33%.

Conforme Santhalakshmy et al. (2015) pós que apresentam fator de Hausner inferiores a 1,2 são classificados como de baixa coesividade, FH entre 1,2 a 1,4 tem coesividade intermediária e FH > 1,4 são considerados de alta coesividade. Neste contexto pode-se afirmar que o pó em suas duas condições de armazenamento, apresentaram baixa coesividade ao final do armazenamento.

5 - CONCLUSÕES

Caracterização do quiabo com e sem casca *in natura*

Os quiabos com e sem casca apresentam elevado teor de água, atividade de água e clorofila, baixa acidez com pH próximo a neutralidade e predominância da intensidade de amarelo (+b*).

Cinética de secagem dos quiabos com e sem casca

O tempo de secagem diminui com a elevação da temperatura de desidratação. O quiabo sem casca apresenta teor de água inferior ao com casca, e todos os modelos matemáticos testados, proporcionaram bons ajustes aos dados experimentais, destacando-se o modelo de Midilli com os maiores R² e menores DQM.

Caracterização dos pós com casca obtidos por liofilização e secagem convectiva

Os processos de secagem alteraram significativamente as características físicas, químicas e físico-químicas, quando comparadas a polpa integral. O pó liofilizado apresenta menor teor de água e atividade de água em relação aos demais pós.

Houve a concentração em relação ao material *in natura* do teor de ácido ascórbico, lipídeos, clorofilas e carotenoides. O pó liofilizado destaca-se em relação ao teor de pectina e proteínas, observando-se a desnaturação das proteínas com o aumento da temperatura de secagem convectiva. E em ambos os processos de secagem os pós apresentam alta higroscopicidade e baixa solubilidade.

Caracterização dos pós sem casca obtidos por liofilização e secagem convectiva

Os pós do quiabo sem casca apresentam teor de água inferior aos pós do quiabo com casca, havendo redução do teor de água com o acréscimo da temperatura de secagem. Os pós apresentam maior teor de acidez e de pectina em relação aos pós com casca; e menor teor de ácido ascórbico, clorofilas e carotenoides.

Isotermas de adsorção de água dos pós

As isotermas de adsorção de água das amostras em estudo, estão classificadas como do Tipo II ou Tipo III; e todos os modelos testados podem ser utilizados para a predição das isotermas, destacando-se em sua maioria o modelo de GAB.

Armazenamento dos pós

A embalagem laminada utilizada no armazenamento dos dois pós selecionados (liofilizado e secagem convectiva à 80 °C) não foi eficiente para manter a estabilidade dos pós, nas condições avaliadas de temperatura (30 e 40 °C) e umidade relativa (83%).

Durante o armazenamento das duas amostras, verifica-se que com o tempo e o aumento da temperatura, ocorre o aumento do teor de água e da atividade de água e a redução no teor de ácido ascórbico, clorofilas e carotenoides, como também a redução da luminosidade e o acréscimo da intensidade de amarelo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGBO, E. A.; NEMLIN, J. G.; ANVOH, B. K.; GNAKRI, D. Characterisation of lipids in okra mature seeds. **International Journal of Biological and Chemical Sciences**, v. 4, n. 1, p.184-192, 2010.

AGUIRRE-CRUZ, A.; ALVAREZ-CASTILLO, A.; CASTREJÓN-ROSALES, T.; CARMONA-GARCÍA, R.; BELLO-PEREZ L, A. Moisture adsorption behavior of banana flours (*Musa paradisiaca*) unmodified and modified by acid-treatment. **Starch-Starke**, v. 62, n. 12, p. 658–666, 2010.

AKAR, R.; AYDIN, C. Some physical properties of gumbo fruit varieties. **Journal of Food Engineering**, v.66, n.3, p.387-393, 2005.

ALCÂNTARA, S. R.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P. Isotermas de adsorção do pedúnculo seco do caju. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 1, p.81-87, 2009.

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. 1-11, 2007.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v. 5, n. 1, p. 83-91, 2014.

ALMEIDA, C. A.; GOUVEIA, J. P. G.; ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, F. L. H. Avaliação da cinética de secagem em frutos de acerola. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 6, n. 1, p.145-151, 2006.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. R.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 830-839, 2008.

ALVES, T. P.; NICOLETI, J. F. Influência das variáveis de processo sobre a secagem osmo-convectiva de pimentões verde. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 10, n. 1, p. 2022-2037, 2016.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC n. 269, de 22 de setembro de 2005, que dispõe sobre o Regulamento Técnico sobre a ingestão diária recomendada (IDR) de proteína, vitaminas e minerais. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of AOAC international**. 16.ed. Maryland: AOAC, 1997. 1141p.

ARAÚJO, E. M.; MENEZES, H. C. Estudo de fibras alimentares em frutas e hortaliças para uso em nutrição enteral ou oral. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 1, p. 42-47, 2010.

ARAÚJO, C. S. P.; ANDRADE, F. H. A.; GALDINO, P. O.; PINTO, M. S. C. Desidratação de batata-doce para fabricação de farinha. **Agropecuária Científica no Semiárido**, v. 11, n. 4, p. 33-41, 2015.

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

ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, n. 2, p. 111-118, 2007.

AUGUSTA, I. M.; RESENDE, J. M.; BORGES, S. V.; MAIA, M. C. A.; COUTO, M. A. P. G. Caracterização física e química da casca e polpa de jambo vermelho (*Syzygium malaccensis*, (L.) Merryl & Perry). **Ciência e Tecnologia Alimentos**, v. 30, n. 4, p. 928-932, 2010.

AYALA, A. A. A.; SERNA, C. L.; MOSQUERA, V. E. Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*). **Vitae**, v. 17, n. 2, p. 121-127, 2010.

AZEREDO, H. M. C. **Fundamentos de estabilidade de alimentos: alterações microbiológicas durante a estocagem**. Fortaleza: Embrapa agroindústria tropical, 2004. 189 p.

- AZEREDO, H. M. C.; BRITO, E. S. **Fundamentos de estabilidade de alimentos**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012. 326 p.
- BAZÁN, U. R. A. **Avaliação de germoplasmas de quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) quanto à resistência ao Oídio (*Erysiphe cichoracearum*)**. 2006. 47 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Horticultura) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho” Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2006.
- BEJAR, A. K.; MIHOUBI, N. B.; KECHAOU, N. Moisture sorption isotherms: experimental and mathematical investigations of orange (*Citrus sinensis*) peel and leaves. **Food Chemistry**, v. 132, n. 4, p.1728–1735, 2012.
- BENCHASRI, S. Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) as a valuable vegetable of the world ratar. **Ratarstvo i povrtarstvo**, v. 49, n. 1, p.105-112, 2012.
- BEZERRA, T. S. **Caracterização física, química e morfológica de polpa de marolo liofilizada**. 2013. 140 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) –Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.
- BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOHN T.; WALCZYK, T. Determinação da clorofila em amostras de plantas por cromatografia líquida usando zinco-ftalocianina como padrão interno. **Jornal da Cromatografia**, v. 1024, n. 1-2, p. 123-128, 2004.
- BOTREL, D. A.; RODRIGUES, I. C. B.; SOUZA, H. J. B.; FERNANDES, R. V. B. Application of inulin in thin-layer drying process of araticum (*Annona crassiflora*) pulp. **LWT - Food Science and Technology**, v. 69, n. 1, p. 32-39, 2016.
- BRAGA, M. C. **Qualidade de folha de *Curcuma longa* l. desidratada obtida com diferentes métodos de secagem**. 2016. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Resolução RDC nº 263. Diário Oficial da União; Poder Executivo, 2005. 6 p.

BRITO, J. G.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, A. DA S. Armazenamento de grãos residuais de urucum sob atmosfera controlada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 12, p. 1185–1191, 2015.

BRUNAUER, S.; DEMING, L. S.; DEMING, W. E.; TELLER, E. On a theory of the Van der Waals adsorption of gases. **Journal of the American Chemical Society**, v. 62, n. 7, p. 1723–1732, 1940.

BUCHAILLOT, A.; CAFFIN, N.; BHANDARI, B. Drying of lemon myrtle (*Backhousia citriodora*) leaves: retention of volatiles color. **Drying Technology**, v. 27, n. 3, p.445-450, 2009.

CABRAL-MALHEIROSI, G.; HECKTHEUERI, L. H. R.; CANTOI, M. W.; BALSAMO, G. M. O tempo e o tipo de embalagem sobre a erva-mate tipo chimarrão durante armazenagem em condições ambientais. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 654-660, 2010.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried Amaranthus betacyanin pigments. **Journal of Food Scienci**, v. 65, n. 7, p. 1248-1252, 2000.

CALADO, A. R. P. **Variação da composição nutricional e propriedades de cenouras durante a secagem**. 2014. 137 f. Dissertação (Mestrado em Qualidade e Tecnologia Alimentar) - Escola Superior Agrária do Instituto Politécnico de Viseu, Viseu, 2014.

CALISKAN, G.; DIRIM, N. S. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the powder properties of sumac extract powders. **Powder Technology**, v. 287, n. 1, p. 308-314, 2016.

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

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A. M.; STRINGHETA, P. C.; MINIM, V. P.; ANDRADE, N. J. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 22, n.1, p. 121-132, 2004.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1196-1205, 2010.

CANUTO, H. M. P.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp powder with maltodextrina. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 36, n. 1, p. 179-185, 2014.

CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine* 'Carabao' var.) powder. **Journal of Food Engineering**, v. 111, n. 1, p. 135-148, 2012.

CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, v. 47, n. 5, p. 1501-1507, 1982.

CARRAZZA, L.; ÁVILA, J. C. C. **Manual tecnológico de aproveitamento integral do fruto do pequi**. Brasília: Instituto Sociedade, População e Natureza (ISPN), 2010, 48 p. (Série Manual Tecnológico).

CARVALHO, M. S. **Produção de polpa de abóbora em pó pelo processo de secagem em leite de espuma**. 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2014.

CASTRO, D. S.; OLIVEIRA, T. K. B.; LEMOS, D. M.; ROCHA, A. P. T.; ALMEIDA, R. D. Efeito da temperatura sobre a composição físico-química e compostos bioativos de farinha de taro obtida em leite de jorro. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, n. 1, p. 1-5, 2017.

CAVALCANTE NETO, A. A. **Desidratação de cuxá em leito de espuma: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto em pó.** 2017. 116 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de alimentos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, São José do Rio Preto, 2017.

CEAGESP - **Centro de Qualidade em Horticultura. Programa Brasileiro para melhoria dos padrões comerciais e embalagens de hortigranjeiros.** Classificação do quiabo (*Abelmoschus esculentus* Moench). 2001.

CHISTÉ, R. C.; CARDOSO, J. M.; SILVA, D. A.; PENA, R. S. Hygroscopic behaviour of cassava flour from dry and water groups. **Ciência Rural**, v. 45, n. 8, p. 1515-1521, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. 2006. **Pós-colheita de frutas e hortaliças.** Lavras: UFLA, 2006. 256 p.

COMUNIAN, T. A.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PICCONE, P.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 6, p. 1259-1265, 2011.

CHOPDA, C. A.; BARRETT, D. M. Optimization of guava juice and powder production. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 25, n. 6, p. 411-430, 2001.

CHOUDHURY, D.; SAHU, J. K.; SHARMA, G. D. Moisture sorption isotherms, heat of sorption and properties of sorbed water of raw bamboo (*Dendrocalamus longispatus*) shoots. **Industrial Crops and Products**, v. 33, n. 1, p. 211–216, 2011.

CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BOTELHO, F. M.; GONELI, A. L. D.; CARVALHO, F. M. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas do café (*Coffea arabica* L.) durante o processo de secagem. **Revista Ceres**, v. 57, n. 5, p. 595-601, 2010.

CORRÊA FILHO, L. C.; ANDRADE, E. T.; MARTINAZZO, A. P.; ANDREA, E. M.; SOUSA, F. A.; FIGUEIRA, V. G. Cinética de secagem, contração volumétrica e análise da difusão líquida do figo (*Ficus carica* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 8, p.797–802, 2015.

CORRÊA, A. F. K. **Variáveis relacionadas ao processamento de minitomates inteiros desidratados em secador convectivo adiabático e liofilizados**. 2015. 150 f. Tese (Doutorado Ciências e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2015.

CORRÊA, I. M.; PERFEITO, D. G. A.; MORENO, V. J.; DUTRA, M. B. L. Farinha de cenoura em estágio de maturação avançada como alternativa à redução do desperdício de alimentos. **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 10, p. 61-68, 2018.

COSTA, J. N.; FIGUEIREDO R. W.; SOUSA, P. H. M.; GONZAGA, M. L. C.; CONSTANT, P. B. L.; SOARES, D. J. Study of the stability of passion fruit (*Passiflora edulis* f. flavicarpa) powder from organic farming. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 34, n. 2, p. 705-716, 2013.

COSTA, C. F.; CORRÊA, P. C.; VANEGAS, J. D. B.; BAPTESTINI, F. M.; CAMPOS, R. C.; FERNANDES, L. S. Modelagem matemática e determinação das propriedades termodinâmicas da casca de jabuticaba durante o processo de secagem. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e ambiente**, v. 20, n. 6, p. 556-580, 2016.

COSTA, A. B. **Compostos fenólicos, capacidade antioxidante e minerais em cascas de melancias ‘Manchester’ e ‘Smile’ provenientes de resíduos do processamento**. 2017. 45 f. Tese (Doutorado em Nutrição Humana) - Universidade de Brasília: Faculdade de Ciências da Saúde, Brasília, 2017.

COSTA, A. P. F.; PINTO, E. G.; SOARES, D. S. B. Obtenção de farinha do mesocarpo de pequi. **Revista Agrarian**, v. 10, n. 38, p. 349-354, 2017.

CROCETTI, A.; OGLEARI, C. H.; GOMES, G.; SARE, I.; CAMPOS, F. R.; BALBI, M. E. determinação da composição centesimal a partir de dois métodos de secagem para a produção da farinha de beterraba (*Beta Vulgaris*, l. - família amaranthaceae). **Visão Acadêmica**, v. 17, n. 4, p. 22-35, 2016.

- DANTAS, T. N. P.; SOUZA, J. S.; SOUZA JÚNIOR, F. E.; MEDEIROS, M. F. D. Propriedades físicas e físico-químicas de pós de misturas de polpas de frutas com diferentes fontes lipídicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA EM INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 8., 2009. **Anais...** Uberlândia: COBEQIC, 2009.
- DERLAN, J. M.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; LEITE, A. L. M. P.; PASTRO, D. C. Análise da cinética de secagem de pimenta Cambuci em diferentes temperaturas e formas de processamento. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 97-107, 2013.
- DIAS, L. G. **Estudo do processo de secagem em estufa e por microondas de compósitos cerâmicos de argila e resíduos de esteatito**. 2013. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Energia) - Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei, 2013.
- DIOSADY, L. L.; RIZVI, S. S. H.; CAI, W.; JAGDEO, D. J. Moisture sorption isotherms of canola meals, and applications to packaging. **Journal of Food Science**, v. 61, p. 204-208, 1996.
- DITCHFIELD, C. **Estudo dos métodos para a medida da atividade de água**. 2000. 195 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2000.
- DONADON, J. R.; BESSA, J. F. V.; RESENDE, O.; CASTRO, C. F. S.; ALVES, R. M. V.; SILVEIRA, E. V. Armazenamento do crambe em diferentes embalagens e ambientes: Parte II - qualidade química. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 231–237, 2015.
- DUARTE, E. L.; CARLOS, L. A.; RODRIGUES, C. G.; ANDRADE, R. M.; OLIVEIRA, K. G. Influência da liofilização sobre os carotenoides de frutos do Cerrado e comportamento higroscópico dos produtos Liofilizados. **Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 23, n. 7, p. 22-33, 2017.
- ENDRESS, H. U.; MATTES, F. “**Pectin.**” In **Fiber Ingredients: Food Applications and Health-Benefits**. 2. ed. Florida: CRC Press, 2009. 60-135 p.

FAN, S.; ZHANG, Y.; SUN, Q.; YU, L.; ZHENG, B.; WU, X.; YANG, B.; LI, Y.; HUANG, C. Extract of okra lowers blood glucose and serum lipids in high-fat diet-induced obese C57BL/6 mice. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 25, n. 7, p. 702–709, 2014.

FANTE, L. **Estudo da cinética de branqueamento e se secagem por ar quente e liofilização do alho (*allium sativum L.*)**. 2011. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FEITOSA, R. M.; OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; FIGUEIRÊDO R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Isotermas de adsorção de umidade da farinha da casca da manga. **Higiene Alimentar**, v. 27, n. (especial), p. 3780-3784, 2013.

FEITOSA, R. M.; SILVA, R. C.; AMADEU, L. T. S.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Modelos matemáticos na predição do comportamento higroscópico para pó do mix de batata yacon e suco de lima. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 319-324, 2017.

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

FERNANDES, R. V. B.; QUEIROZ, F.; BOTREL, D. A.; ROCHA, V. V.; SOUZA, V. R.; LIMA, C. F. Estudo da adição de albumina e da temperatura de secagem nas características de polpa de tomate em pó. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 3, p. 1267-1278, 2014a.

FERNANDES, R. V. B.; MENDES, F. Q.; BOTREL, D. A.; CUNHA, M. C. Otimização do processo de extração e caracterização química de pectina de cenoura. **Magistra**, v. 26, n. 2, p. 114-122, 2014b.

FINNEY, J.; BUFFO, R.; REINECCIUS, G. A. Effects of type of atomization and processing temperatures on the physical properties and stability of spray-dried flavors. **Journal of Food Science**, v. 67, n. 3, p. 1108-1114, 2002.

FRANCO, B. D. G.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182 p.

FRANCO, T. S.; PERUSSELLO, C. A.; ELLENDERSEN, L. N.; MASSON, M. L. Effects of foam mat drying on physicochemical and microstructural properties of yacon juice powder. **LWT - Food Science and Technology**, v. 66, n.1, p. 503-513, 2016.

FREITAS, E. R.; FUENTES, M. F. F.; SANTOS JÚNIOR, A.; GUERREIRO, M. E. F.; ESPÍNDOLA, G. B. Farelo de castanha de caju em rações para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 6, p. 1001-1006, 2006.

FURTADO, G. F.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; SANTOS, P. Secagem de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill), variedade pérola utilizando a técnica de camada de espuma. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 16, n. 4, p. 387-394, 2014.

GABAS, A. L.; TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. J. A.; TELIS-ROMERO, J. Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. **Journal of Food Engineering**, v. 82, n. 2, p. 246-252, 2007.

GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SILVA, R. N. G. Avaliação da estabilidade da polpa de umbu em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 1, p. 73-80, 2003.

GALDINO, P. O.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 2, p. 169-173, 2016.

GALVÃO, H. L.; FERREIRA, A. P. S.; FRANÇA, C. F.M.; FINGER F. L.; CORRÊA, P. C. Qualidade de quiabo pré-resfriado embalado com filme de PVC e armazenado em refrigeração. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 36, n. 2, p. 187- 194, 2011.

GARCIA-NOGUEIRA. J; OLIVEIRA, F. I. P; WELLER, C. L; RODRIGUES, S; FERNANDES, F. A. N. Effect of ultrasonic and osmotic dehydration pretreatments on the colour of freeze dried strawberries. **Journal Food Science Technology**, v. 51, n. 9, p. 2222-2227, 2012.

GASPARETO, O. C. P. **Secagem osmo-convectiva de banana nanica (*Musa Cavendishili*, L.), mamão formoso (*Cárica Papaya*, L.) e jaca (*Artocarpus Integrifólia*, L.)**. 2005. 119 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2005.

GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. 301 p.

GEA. Niro Research Laboratory. **Wettab Método Niro**, GEA Niro analytical methods. Soeborg, Dinamarca: GEA Niro, 2006.

GIOIELLI, L. A.; PITOMBO, R. N. M. Conservação de alimentos pelo controle da umidade. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 152 p.

GOMES, P. M. A.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, p. 3, p. 384-389, 2004.

GONÇALVES, J. Q.; SILVA, M. A. P.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M.; SILVA, R. M.; MOURA, L. C.; SOUZA, D. G. Secagem da casca e polpa da banana verde (*Musa acuminata*): Propriedades físicas e Funcionais da farinha. **Global Science and Technology**, v. 9, n. 3, p. 62-72, 2016.

GONÇAVES, S. A. S. **Efeito de hidrorresfriamento na conservação pós colheita de hortaliças folhosas**. 2013. 66 f. Tese (Pós graduação em Fitotecnia) –Universidade federal de Viçosa, Viçosa, 2013.

GONELI, A. L. D.; CORRÊA, P. C.; MAGALHÃES, F. E. A.; BAPTESTINI, F. M. Contração volumétrica e forma dos frutos de mamona durante a secagem. **Acta Scientiarum**, v. 33, n.1, p. 1-8, 2011.

GONDIM, J. A. M.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A. S.; MEDEIROS, R. L.; SANTOS, K. M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 825-827, 2005.

GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v. 85, n. 1, p. 73-83, 2008.

- GOYAL, A.; SHARMA, V.; SIHAG, M. K.; TOMAR, S. K.; ARORA, S.; SABIKHI, L.; SINGH, A. K. Development and physico-chemical characterization of microencapsulated flaxseed oil powder: a functional ingredient for omega-3 fortification. **Powder Technology**, v. 286, n. 1, p. 527-537, 2015.
- GUEDES, A. M. M.; FARIA, L. J. G. Determinação da constante de secagem de urucum (*Bixa orellana* L.) em secador convectivo de leito fixo. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 2, n. 1, p. 73-86, 2000.
- GUINÉ, R. P. F.; PINHO, S.; BARROCA, M. J. Study of the convective drying of pumpkin (*Cucurbita maxima*). **Food and Bioproducts Processing**, v. 89, n. 4, p. 422-428, 2011.
- GUINÉ, R. P. F.; GONÇALVES, J. C.; CALADO, A. R. P.; CORREIA, P. M. R. Evaluation of thermo-physical properties and drying kinetics of carrots in a convective hot air drying system. **CIGR Journal**, v. 18, n. 3, p. 245-257, 2016.
- HENRÍQUEZ, C.; CORDOVA, A.; LUTZ, M.; SAAVEDRA, J. Storage stability test of apple peel powder using two packaging materials: high-density polyethylene and metalized films of high barrier. **Industrial Crops and Products**, v. 45, n. 1, p. 121- 127, 2013.
- HOFFMANN, F. L. Fatores limitantes à proliferação de microrganismos em alimentos. **Brasil Alimentos**, v. 9, n. 1, p. 23-30, 2001.
- HOUGH, G.; GARITTA, L. Methodology for sensory shelf-life estimation: a review. **Journal of Sensory Studies**, v. 27, n. 3, p. 137-147, 2012.
- HYMAVATHI, T. V.; KHADER, V. Carotene, ascorbic acid and sugar content of vacuum dehydrated ripe mango powders stored in flexible packaging material. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 18, n. 2/3, p. 181-192, 2005.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: IAL, 2008. 1020 p.
- JAIN, N.; JAIN, V.; JAIN, S. A review on: *Abelmoschus esculentus*. **Pharmacia**, v. 1, n. 3, p. 84-89, 2012.

JAYA, S.; DAS, H. Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powders properties. **Journal of Food Engineering**, v. 63, n. 2, p. 125-134, 2004.

JARRET, R.L.; WANG, M.L.; LEVY, I.J. Seed oil and fatty acid content in okra (*Abelmoschus esculentus*) and related species. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 8, p. 4019–4024, 2011.

JESUS, M. M. S. de; CARNELOSSI, M. A. G.; SANTOS, S. F.; NARIAN, N.; CASTRO, A. A.; Inibição do escurecimento enzimático de quiabo minimamente processado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 524-530, 2008.

JESUS, E., CRUZ, P. V., PACÍFICO, J. A., SILVA, A. S. Removal of turbidity, suspended solids and ions of Fe from aqueous solution using okra powder by coagulation-flocculation process. **American Journal of Water Resources**, v. 1, n. 3, p. 20-24, 2014.

JULIANO, F. F.; SILVA, P. P. M.; CASEMIRO, R. C.; COSTA, M. H.; SPOTO, M. H. F. Polpa de camu-camu liofilizada e armazenada em diferentes embalagens. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 8, n. 2, p. 1374-1384, 2014.

KAJIYAMA, T.; PARK, K. J. Influência do tamanho das gotas e do teor de água final no tempo de secagem em secador atomizador. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 12, n. 1, p. 29-36, 2010.

KAULMANN, A.; JONVILLE, M. C.; SCHNEIDER, Y. J.; HOFFMANN, L.; BOHN, T. Carotenoids, polyphenols and micronutrient profiles of *Brassica oleraceae* and plum varieties and their contribution to measures of total antioxidant capacity. **Food Chemistry**, v. 155, n.1, p. 240–250, 2014.

KHANUM, H.; SULOCHANAMMA, G.; BORSE, B. B. Impact of drying coriander herb on antioxidant activity and mineral content. **Journal of Biological & Scientific Opinion**, v. 1, n. 2, p. 50-55, 2013.

KIRCHHOF, S. C.; CRIZEL, G. R.; MENDONÇA, C. R. B. A influência da água na conservação dos alimentos. In: II CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 2008, Pelotas, **Anais...** Pelotas: CIC, ENPOS. CD-ROM, 2008.

KPODO, F. M.; AGBENORHEVI, J. K.; ALBA, K.; BINGHAM, R. J.; ODURO, I. N.; MORRIS, G. A.; KONTOGIORGOS, V. Pectin isolation and characterization from six okra genotypes. **Food Hydrocolloids**, v. 72, n.1, p. 323-330, 2017.

KRUMREICH, F.; D'AVILA, R. F.; FREDA, S. A.; CHAVES, F. C.; CHIM, J. F. Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica. **Revista Thema**, v. 13, n. 2, p. 4-17, 2016.

KUCK, L. S.; NOREÑA, C. P. Z. Microencapsulation of grape (*Vitis labrusca* var. Bordo) skin phenolic extract using gum arabic, polydextrose, and partially hydrolyzed guar gum as encapsulating agents. **Food Chemistry**, v. 194, n. 1, p.569-576, 2016.

LANNES, S. C. S.; MEDEIROS, M. L. Processamento de achocolatado de cupuaçu por spray dryer. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 39, n. 1, p.115-123, 2003.

LARA JUNIOR, J. M. **Obtenção de polpa de manga (*Mangifera Indica* L.) em pó pelo processo em *spray-dryer***. 2017. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

LAVOYER, F. C. G.; GABAS, A. L.; OLIVEIRA, W. P.; TELIS-ROMERO, J. Study of adsorption isotherms of green coconut pulp. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 1, p. 68-74, 2013.

LEE, K. H.; WU, T. Y.; SIOW, L. F. Spray drying of red (*Hylocereus polyrhizus*) and white (*Hylocereus undatus*) dragon fruit juices: physicochemical and antioxidant properties of the powder. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 48, n.11, p. 2391-2399, 2013.

LEITE, A. L. M. P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G.; PIASSON, D.; SANTOS, P. Contração volumétrica e cinética de secagem de fatias de banana variedade Terra. **Pesquisa Agropecuaria Tropical**, v. 45, n. 2, p. 155-162, 2015.

LEITE, D. D. F.; SANTOS, F. S.; SANTOS, D. C.; LISBÔA, J. F.; FERREIRA, J. P. L.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do abacaxi. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 4, p. 1-6, 2017.

- LEÓN-MARTÍNEZ, F. M.; MÉNDEZ-LAGUNAS, L. L.; RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J. Spray drying of nopal mucilage (*Opuntia ficus-indica*): Effects on powder properties and characterization. **Carbohydrate Polymers**, v. 81, n. 4, p. 864-870, 2010.
- LENGSFELD, C.; TITGEMEYER, F.; FALLER, G.; HENSEL, A. Glycosylated compounds from okra inhibit adhesion of *Helicobacter pylori* to human gastric mucosa. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n. 6, p. 1495-1503, 2004.
- LICHTENTHALER, H. K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: PACKER, L., DOUCE, R. **Methods in enzymology**, 1987. v. 148, p. 350-382.
- LIMA, A. R. C.; SANTOS, F. S.; SILVA, R. M.; LEITE, D. D. F.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Modelagem matemática da cinética de secagem da casca do umbu-cajá. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 97-103, 2017.
- LINS, A. D. F.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; FEITOSA, R. M.; ARAUJO, G. T.; SANTOS, D. C. Adsorption isotherms of the red mombin powder produced in spouted bed dryer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 8, p. 562-567, 2017.
- LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 2, p. 216–221, 2012.
- LIU, F.; CAO, X.; WANG, H.; LIAO, X. Changes of tomato powder qualities during storage. **Powder Technology**, v. 204, n. 1, p. 159-166, 2010.
- LIU, J.; ZHAO, Y.; WU, Q.; JOHN, A.; JIANG, Y.; YANG, J.; LIU, H.; YANG, B. Structure characterisation of polysaccharides in vegetable “okra” and evaluation of hypoglycemic activity. **Food Chemistry**, v. 242, n.1, p. 211–216, 2018.
- LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture isotherm equations. 1: fruit, vegetable and meat products. **Lebensmittel–Wissenschaft und Technologie**, v. 18, n. 2, p. 111–117, 1985.

LOUREIRO, M. N.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de buriti em pó: Efeito da embalagem nas características físicas e químicas. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1092-1100, 2013.

MACAN, L. R.; DEWES, D. C.; PILETTI, R. Avaliação físico-química comparativa do morango (Albion), desidratado pelos métodos de secagem e liofilização. **Ciências Agroveterinárias e Alimentos**, v. 2, n. 2, p. 248-257, 2017.

MACHADO, A.D.; SOUZA, M.C.; JUNQUEIRA M.S.; SARAIVA S.H.; TEIXEIRA L.J.Q. Cinéticas de secagem do abacaxi cv. Pérola. **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 428-437, 2012.

MACHADO, L. M. M.; NASCIMENTO, R.; ROSA, G. S. Impacto do processo de secagem no conteúdo de Compostos bioativos presentes nas folhas de oliveira (*Olea europaea*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 20., 2014, **Anais...** Florianópolis, 2014. CD-Rom.

MALDONADO-ASTUDILLO, Y. I.; ALIA-TEJACAL, I.; NÚÑEZ-COLÍN, C. A.; JIMÉNEZ-HERNÁNDEZ, J.; PELAYO-ZALDÍVAR, C.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, V.; ANDRADE-RODRÍGUEZ, M.; BAUTISTA-BAÑOS, S.; VALLE-GUADARRAMA, S. Postharvest physiology and technology of *Spondias purpurea* L. and *S. mombin* L. **Scientia Horticulturae**, v. 174, n. 2, p. 193-206, 2014.

MARCUSSI, F. F. N.; GODOY, L. J. G.; VILLAS BÔAS, R. L. Fertirrigação nitrogenada e potássica na cultura do pimentão baseada no acúmulo de N e P pela planta. **Irriga**, v. 9, n. 1, p. 41-51, 2004.

MARTIN, L. G. P. **Estudo da secagem de polpa de cupuaçu por atomização**. 2013. 110 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2013.

MARTINS, J. J. A.; MARQUES, J. I.; SANTOS, D. C.; ROCHA, A. P. T. Modelagem matemática da secagem de cascas de mulungu. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 6, p. 1652-1660, 2014.

MARQUES, L. G.; PRADO, M. M.; FREIRE, J. T. Rehydration characteristics of freeze dried tropical fruits. **Food Science and Technology**, v. 42, n. 7, p. 1232-1237, 2009.

MATOS, E. N. V.; SAMPAIO, R. M.; PAULA, M. L. Determinação das isotermas de adsorção e do calor de sorção de farinha de babaçu comercial. **Caderno de Pesquisa**, v. 21, n. especial, 2014.

MATTA, V. M.; CABRAL, L. M. C.; SILVA, L. F. M. Suco de acerola microfiltrado: avaliação da vida-de-prateleira. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n. 2, p. 293-297, 2004.

MAURO, A. K.; SILVA, V.; FREITAS, M. C. J. Caracterização física, química e sensorial de cookies confeccionados com farinha de talo de couve (FTC) e farinha de talo de espinafre (FTE) ricas em fibra alimentar. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 30, n. 3, p. 719-20, 2010.

MELO, K. S.; ALVES, N. M. C.; PÊ. P. R.; DUARTE, M. E. M. Drying kinetics of grapes. In: INTERNATIONAL CONFERENCE OF AGRICULTURAL ENGINEERING, I., 2008, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: SBEA, 2008. CD-Rom.

MELO, C. M. T.; FARIA, J. V. Composição centesimal, compostos fenólicos e atividade antioxidante em partes comestíveis não convencionais de seis olerícolas. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 1, p. 93-100, 2014.

MELO, J. C. S.; PEREIRA, E. D.; OLIVEIRA, K. P.; COSTA, C. H. C.; FEITOSA, R. M. Estudo da cinética de secagem da pimenta de cheiro em diferentes temperaturas. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 9-14, 2015.

MENDONÇA, K.; JACOMINO, A. P.; MELHEM, T. X.; KLUGE R. A. Concentração de etileno e tempo de exposição para desverdecimento de limão “Siciliano”. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 6, n. 2, p. 179-183, 2003.

MENDONÇA, K. S.; FIGUEIRA, F. V.; CIRILLO, M. A.; JUNQUEIRA, J. R. J.; BORGIO, C.A.; CORRÊA, J. L. G. Influência das condições do processo de secagem na qualidade de fatias de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMA PARTICULADOS, 37., 2015, **Anais...** Universidade Federal de São Carlos, 2015. CD-Rom.

MENEZES, A. R. V.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAUJO, D. R.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malphigia emarginata* D.C.) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2009.

MENEZES, C. C.; BORGES, S. V.; FERRUA, F. Q.; VILELA, C. P.; CARNEIRO, J. D. S. Influence of packaging and potassium sorbate on the physical, physicochemical and microbiological alterations of guava preserves. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 3, p. 674-680, 2011.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 1, p. 426-428, 1959.

MOLINA FILHO, L.; GONÇALVES, A. K. R.; MAURO, M. A.; FRASCARELI, E. C. Moisture sorption isotherms of fresh and blanched pumpkin (*Cucurbita moschata*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 31, n. 3, p. 714-722, 2011.

MORAIS, D. L. **Impacto da salinidade na qualidade e conservação pós-colheita do maxixe (*Cucumis Anguria* L.)**. 2017. 56 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

MORAES, F. P. **Polpa desidratada de caju amarelo (*Anacardium occidentale* L) por atomização em spray dryer: caracterização físico-química, bioativa e estudo da vida de prateleira do produto**. 2014. 122 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MOSCON, E. S.; MARTIN, S.; SPEHAR, C. R.; DEVILLA, I. A.; RODOLFO JUNIOR, F. Cinética de secagem de grãos de quinoa (*Chenopodium quinoa* W.). **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 25, n. 4, p. 318-328, 2017.

MOSQUERA, L. H.; MORAGA, G.; NAVARRETE, N. M. Critical water activity and critical water content of freeze-dried strawberry powder as affected by maltodextrin and arabic gum. **Food Research International**, v. 47, n. 2, p. 201-206, 2012.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; NEVES, L. L. M. Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 3, p. 722-725, 2005.

MOTA, W. F.; FINGER, F. L.; CECON, P. R.; SILVA, D. J. H.; CORRÊA, P. C.; FIRME, L. P.; NEVES, L. L. M. Armazenamento de frutos de quiabo embalados com filme de PVC em condição ambiente. **Horticultura Brasileira**, v. 24, n. 2, p. 255-258, 2006.

MOTA, W.F. Composição mineral de frutos de quatro cultivares de quiabeiro. **Ciência Agrotecnologia**, v. 32, n. 3, p. 762-767, 2008.

MOURA, A. S.; SOUSA, A. L. G.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M.; LIRA, M. L.; SILVA, G. L. Caracterização físico-química da folha, flor e vagem da moringa (*Moringa oleifera* Lamarck). In: ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA, 1, 2009, **Anais...** Aracaju: ENAM, 2009.

MUZAFFAR, K.; KUMAR, P. Moisture sorption isotherms and storage study of spray dried tamarindo pulp poder. **Powder Technology**, v. 291, n. 1, p. 322-327, 2016.

NASCIMENTO, I. B.; FERREIRA, L. E.; MEDEIROS, J. F.; AROUCHA, E. M. M.; SOUSA, C. M. G.; SILVA, N. K. C.; IZIDIO, N. S. C. Qualidade pós-colheita de quiabo submetido a diferentes lâminas de água salina. **Agropecuária Científica no Semi-Árido**, v. 9, n. 2, p. 88-93, 2013.

NASCIMENTO, V. R. G.; BIAGI, J. D.; OLIVEIRA, R. A. Modelagem matemática da secagem convectiva com radiação infravermelha de grãos de *Moringa oleifera*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 7, p. 686–692, 2015a.

NASCIMENTO, A. P. S.; LIMA, A. K. S.; CAVALCANTI, C. F.; GUSMÃO, R. P. Cinética de secagem de vagens de algaroba (*Prosopis juliflora* SW). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 5 (especial), p. 115-119, 2015b.

NASCIMENTO, E. S. **Obtenção de hidrolisado proteico de sementes de quiabo *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench e sua capacidade antioxidante**. 2015. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

NASCIMENTO, A. M.; COSTA, F. B.; SILVA, J. L.; ARAÚJO, C. R.; FORMIGA, A. S. Compostos bioativos do pimentão verde *in natura* e desidratado. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 3, p. 552-555, 2017.

NÓBREGA, E. M.; OLIVEIRA, E. L.; GENOVESE, M. I.; CORREIA, R. T. P. The impact of hot air drying on the physical–chemical characteristics, bioactive compounds and antioxidant activity of acerola (*Malpighia emarginata*) residue. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 2, p. 131-141, 2014.

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

OHSE, S.; CARVALHO, S. M.; REZENDE, B. L. A.; OLIVEIRA, J. B.; MANFRON, P. A.; DOURADO NETO, D. Produção e composição química de hortaliças folhosas em hidroponia. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 2, p. 155-163, 2012.

OLIVEIRA, E. C. M.; OLIVEIRA, E. R.; LIMA, L. C. O.; VILLAS BOAS, E. V. B. Composição centesimal do cogumelo do sol (*Agaricus blazei*). **Revista da Universidade de Alfenas**, v. 5, n. 1, p.169-172, 1999.

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

OLIVEIRA, L. C.; GUTKOSKI, L. C.; ELIAS, M. C.; MAZZUTTI, S.; AOSANI, E.; ROCHA, J. C. Efeito da temperatura de secagem na qualidade de grãos de aveia branca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n.2, p. 313-319, 2010.

OLIVEIRA, G. R.; SANTOS, J. T. S.; CAMPOS, A. F. P.; NUNES, T. P.; RUSSO, S. L.; OLIVEIRA JUNIOR, A. M. Prospecção tecnológica: Processo de liofilização na indústria de alimentos. **Revista Geintec**, v. 3, n. 1, p. 92-102, 2012.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior of lyophilized powder of grugru palm (*Acrocomia aculeata*). **American Journal of Analytical Chemistry**, v. 4, n. 1, p. 1-7, 2013.

OLIVEIRA, D. M.; CLEMENTE, E.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior and degree of caking of grugru palm (*Acrocomia aculeata*) poder. **Journal of Food Science and Technology**, v. 51, n. 10, p. 2783–2789, 2014.

- OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 147-153, 2015a.
- OLIVEIRA, E. N. A.; SANTOS, D. C.; GOMES, J. P.; ROCHA, A. P. T.; SILVA, W. P. Physicochemical stability of diet umbu-caja jams stored under ambient conditions. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 1, p. 70-79, 2015b.
- OLIVEIRA, R. M.; OLIVEIRA, F. M.; ZÜGE, D. P. P.; MANERA, A. P.; JACQUES, A. C. Liofilização: efeito sob os carotenóides do morango. **Revista do Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos**, v. 2, n. 1, p. 1-6, 2016a.
- OLIVEIRA, M. I. V.; PEREIRA, E. M.; PORTO, R. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V. R. L.; MAGALHAES, W. B. Avaliação da qualidade pós-colheita de hortaliças tipo fruto, comercializadas em feira livre no município de Solânea-PB, Brejo Paraibano. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 13-18, 2016b.
- OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Efeitos da secagem na coloração dos frutos de baru (*Dipteryx alata* Vogel). **Revista Agroambiente On-line**, v. 10, n. 4, p. 364-370, 2016c.
- PÁDUA, H. C.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, D. G.; MOURA, L. C.; PLÁCIDO, G. R.; COUTO, G. V. L.; CALIARI, M. Iogurte sabor banana (*Musa* AAB, subgrupo prata) enriquecido com farinha da casca de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba* (Vell.) Berg.). **Global Science and Technology**, v. 10, n. 1, p. 89–104, 2017.
- 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.
- PARK, K. J.; TUBONI, C. T.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. B. Estudo da secagem de caqui giombo com encolhimento e sem encolhimento. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 6, n. 1, p. 71-86, 2004.
- PARK, K. J. B.; PARK, K. J.; CORNEJO, F. E. P.; FABBRO, I. M. D. Considerações termodinâmicas das isotermas. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 10, n. 1, p.83-94, 2008.

- PEARSON, D. **The chemical analysis of foods**. 6. ed. London: J. & A. Churchill, 1970. 370 p.
- PENA, R.; RIBEIRO, C.; GRANDI, J. G. Calor de adsorção de umidade do pó de guaraná (*Paullinia cupana*) obtido em “spray dryer”. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 16, n. 2, p. 111-115, 1996.
- PEREDA, J. A.; RODRÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MINGUILLÓN, G. D. G. F.; OERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnologia dos alimentos**. Artmed, 2005. v. 1, 294 p.
- PEREIRA, E. M.; LEITE, D. D. F.; FIDELIS, V. R. L.; PORTO, R. M.; OLIVEIRA, M. I. V.; MAGALHAES, W. B. Caracterização físico-química de hortaliças tipo folha comercializadas no Brejo Paraibano. **Agropecuária Técnica**, v. 37, n. 1, p. 9-22, 2016.
- PEREZ, L. G.; OLIVEIRA, F. M. N. DE; ANDRADE, J. S.; MOREIRA FILHO, M. Cinética de secagem da polpa cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) pré desidratada por imersão-impregnação. **Revista Ciência Agronômica**, v. 44, n. 1, p. 102-106, 2013.
- PIRES, V. C. F.; SILVA, F. L.H.; SOUZA, R. M. S. Parâmetros da secagem da banana pacovan e caracterização físico-química da farinha de banana verde. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 1, p. 197-209, 2014.
- POLITI, F. A. S. **Estudo farmacognósticos e avaliação de atividades biológicas de extratos obtidos das cascas pulverizadas de *Endopleura uchi* (HUBER) Cuatrec (*Humiriaceae*)**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2009.
- PRAKASH, S; JHA, S. K; DATTA, N. Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. **Journal of Food Engineering**, v. 62, n. 3 p. 305-313, 2004.
- PROVESI, J. G.; DIAS, C. O.; AMANTE, E. R. Changes in carotenoids during processing and storage of pumpkin puree. **Food Chemistry**, v. 128, n. 1, p. 195-202, 2011.

PUMACAHUA-RAMOS, A.; LIMAYLLA-GUERRERO, K. M.; TELIS-ROMERO, J.; LOPES FILHO, J. F. Isotermas e calor isostérico de adsorção da água do amido de Quinoa. **Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial**, v. 15, n. 1, p. 95-104, 2017.

REIF, C.; ARRIGONI, E.; SHARER, H.; NYSTROM, L.; HURRELL, R. F. Carotenoid database of commonly eaten Swiss vegetables and their estimated contribution to carotenoid intake. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 29, n. 1, p. 64–72, 2013.

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

REIS, D. R.; SANTOS, P.; SILVA, F. S.; PORTO, A. G. Influência das características do ar na cinética de secagem de pimenta variedade bico. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 18, n. 2, p. 146-154, 2015.

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

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. **Química de alimentos**. 2004. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

RODRÍGUEZ-BERNAL, J. M.; FLORES-ANDRADE, E.; LIZARAZO-MORALES, C.; BONILLAB, E.; PASCUAL-PINEDA, L. A.; GUTIERRÉZ-LÓPEZ, G.; QUINTANILLA-CARVAJALA, M. X. Moisture adsorption isotherms of the borjófóruit (*Borojoa patinoi* Cuatrecasas) and gumarabic powders. **Food and Bioproducts Processing**, v. 94, n. 1, p. 187-198, 2015.

SABITHA, V.; PANNEERSELVAM, K.; RAMACHANDRAN, S. In vitro α glucosidase and α amylase enzyme inhibitory effects in aqueous extracts of *Abelmoscus esculentus* (L.) Moench. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 8, p. 162-164, 2012.

SABLANI, S. S.; KASAPIS, S.; RAHMAN, M. S. Avaliando a atividade da água e os conceitos de transição em vidro para a estabilidade alimentar. **Journal of Food Engineering**, v. 78, p.266-271, 2007.

SALVINO, É. M. **Avaliação química e nutricional de couve (*Brassica oleracea* var, acephala) desidratação e aplicações de pão de forma**. 2014. 68 f. Tese (Doutorado Ciências e Tecnologia dos Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2014.

SANCHES, J.; ANTONIALI, S.; PASSOS, F. A. Uso de atmosfera modificada na conservação pós-colheita de quiabos. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 7065-7072, 2012.

SANTANA, A. A. **Obtenção da polpa de pequi e do leite de coco babaçu microencapsulados através da secagem por aspersão**. 2013. 344 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.

SANTHALAKSHMY, S.; BOSCO, S. J. D.; FRANCIS, S.; SABEENA, M. Effect of inlet temperature on physicochemical properties of spray-dried jamun fruit juice powder. **Powder Technology**, v. 274, n. 1, p. 37-43, 2015.

SANTOS, M. B.; CARDOSO, R. L.; FONSECA, A. A. O.; CONCEIÇÃO, M. N. Caracterização e qualidade de frutos de umbu-cajá (*Spondias tuberosa* X *S. mombin*) provenientes do recôncavo sul da Bahia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1089-1097, 2010a.

SANTOS, A. P.; REBOUÇAS, T. N. H.; SOUZA, J. C. C.; BONOMO, R. C. F.; SILVA, L. M. Caracterização e avaliação da qualidade de sopas desidratadas elaboradas com farinha de batata durante o tempo de armazenamento. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 57-68, 2010b.

SANTOS, G.; OLIVEIRA, M. C.; MORAES, M. H.; PAGANI, A. A. C. Estudo comparativo do coentro (*Coriandum sativum* L.) seco obtido em diferentes métodos de secagem. **Revista GEINTEC**, v. 2, n. 3, p. 236-244, 2012.

SANTOS, D. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; OLIVEIRA, E. N. A. Cinética de secagem de farinha de grãos residuais de urucum. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 2, p. 223-231, 2013.

SANTOS, U. V.; SANTOS, B. S.; SILVA, G. F.; CONSTANT, P. B. L.; SANTOS, J. A. B. Avaliação de potencial de ervas medicinais: capim-limão (*Cymbopogon citratus D.C.*), chá verde (*Camellia sinensis L.*) e hibisco (*Hibiscus sabdariffa L.*) para obtenção de chás solúveis. **Revista GEINTEC**, v. 4, n. 4, p. 1399-1408, 2014.

SANTOS, F. L. A. **Desenvolvimento de forma farmacêutica sólida associação em dose fixa à base do extrato liofilizado de *Baccharis trimera* (LESS.) DC. e do sulfato de hidroxicloroquina como alternativa terapêutica para o tratamento da artrite reumatoide.** 2015. 148 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2015.

SANTOS, A. E.; MARTINS, G. M. V.; CANUTO, M. F. C. S.; VIEIRA SEGUNDO, J. E. D.; ALMEIDA, R. D. Modelagem matemática para a descrição da cinética de secagem do fruto da palma (*Opuntia ficus indica*). **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 1-6, 2016.

SANTOS, E. F.; ARAÚJO, R. R.; LEMOS, E. E. P.; ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de mangaba (*Hancornia speciosa* Gomes) nativos de Alagoas. **Ciência Agrícola**, v. 15, n. 1, p. 17-22, 2017.

SANTOS-CIVIDANES, T. M.; FERRAZ, R. B.; SUGUINO, E.; BLAT, S.F.; HORA, R. C.; ORTO, L.T. C. D. Atributos agrônômicos de cultivares de quiabeiro em diferentes sistemas de fertilização. **Ciência & Tecnologia**, v. 2, n. 1, p. 1-13, 2011.

SCHUBERT, H. Food particle technology. Part I: properties of particles and particles food systems. **Journal of Food Engineering**, v. 6, n. 1, p. 1-30, 1993.

SCHOCH, T. J. Fatty substances in starch. In: WHISTLER R. L. **Methods in carbohydrates.** New York: Academic Press, 1964. v. 4, p. 56-61

SEDIYAMA, M. A. N.; SANTOS, M. R.; VIDIGAL, S. M.; SALGADO, L. T.; PEDROSA, M. W.; JACOB, L. L. Produtividade e estado nutricional do quiabeiro em função da densidade populacional e do biofertilizante suíno. **Bragantia**, v. 68, n. 4, p. 913-920, 2009.

SHARMA, A.; JANA, A. H.; CHAVAN, R. S. Functionality of milk powders and milk-based powders for end use applications: A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 11, n. 5, p. 518-528, 2012.

SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, v. 35, n. 5, p. 1179-1184, 2005.

SILVA, V. S. N. **Estudo dos efeitos nutricionais da farinha de polpa e mucilagem extraída do quiabo (*Hibiscus esculentus* L.)**. 2006. 135 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

SILVA, A. E.; SILVA, L. H. M.; PENA, R. S. Comportamento higroscópico do açaí e cupuaçu em pó. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 4, p. 895-901, 2008.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2009.

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

SILVA FILHO, E. D. **Obtenção e avaliação da polpa de manga CV Haden em pó, pelo o método de secagem em camada de espuma**. 2012. 190 f. Doutorado (Tese de Doutorado em Engenharia Agrícola – Universidade Federal de Campina Grande- PB, Campina Grande, 2012.

SILVA, F. C. **Crescimento e alterações fisiológicas pós colheita em frutos de maxixe (*Cucumis anguria*)**. 2016. 78 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2016.

SILVA, A. B.; WIEST, J. M.; CARVALHO, H. H. C. Compostos químicos e atividade antioxidante analisados em *Hibiscus rosa-sinensis* L. (mimo-de-vênus) e *Hibiscus syriacus* L. (hibisco-da-síria). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, n. 1, p. 1-5, 2016a.

SILVA, R. S.; PEREIRA, E. M.; COSTA, J. C.; OLIVEIRA, F. L. N.; AZERÊDO, G. A. Qualidade físico-química de farinhas de genótipos de berinjela (*Solanum melongena* L.) submetidas ao cultivo orgânico. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 59-64, 2016b.

SILVA, H. R. P.; CUCO, R. P.; PORCIUNCULA, B. D. A.; SILVA, C. Avaliação dos parâmetros termodinâmicos e cinéticos se cenouras submetidos a secagem convectiva. **Exacta**, v. 10, n. 2, p. 73-80, 2017a.

SILVA, R. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; FEITOSA, R. M.; AMADEU, L. T. S.; ARAÚJO, K. T. A. Cinética de secagem, difusividade efetiva e caracterização de beterraba e cebola orgânicas. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 126-131, 2017b.

SILVA, R. M.; ARAÚJO, K. T. A.; MELO, A. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. Processamento e caracterização físico-química da farinha do resíduo de sementes de Carolina. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v. 7, n. 2, p. 22–26, 2017c.

SILVEIRA, N. H.; SILVA, G. V. A.; PEREIRA, F. K.; SANT'ANA, A. Secagem solar de coentro: efeito de pré-tratamentos e do processo sobre, os aspectos físico-químicos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 34-38, 2015.

SINIJA, V. R.; MISHRA, H. N. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of instant (soluble) green tea powder and green tea granules. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p.494–500, 2008.

SIQUEIRA, B. S.; ALVES, L. D., VASCONCELOS, P. N., DAMIANI, C.; SOARES JÚNIOR, M. S. Pectina extraída de casca de pequi e aplicação em geleia light de manga. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 2, p. 560-567, 2012.

SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. **LWT - Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 564-568, 2015.

- 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, A. P. B.; LIMA, F. G. S.; LIMA, A. Propriedades nutricionais do maxixe e do quiabo. **Saúde em foco**, v. 2, n. 1, p. 113-129, 2015.
- SOUSA, S. L.; MORAIS, B. A.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C. Stability of cashew apple juice in powder dehydrated in spouted bed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, v. 7, p. 678-682, 2016.
- SOUSA, E. P.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GOMES, J. P.; QUEIROZ, A. J. M. Modelagem matemática da secagem da polpa de pequi e determinação efetiva da difusividade. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n. 7, p. 493-498, 2017.
- SOUZA, C. O.; MENEZES, J. D. S.; NETO, D. C. R.; ASSIS, J. G. A.; SILVA, S. R.; DRUZIAN, J. I. Carotenoides totais e vitamina A de cucurbitáceas do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Semiárido. **Ciência Rural**, v. 42, n. 5, p. 926-933, 2011.
- SOUZA, D. S.; SOUZA, J. D. R. P.; COUTINHO, J. P.; FERRÃO, S. P. B.; SOUZA, T. S.; SILVA, A. A. L. Elaboração de farinha instantânea a partir da polpa de fruta-pão (*Artocarpus altilis*). **Ciência Rural**, v. 42, n. 6, p. 1123-1129, 2012.
- SOUZA, J. M.; SANTOS, E. C. G.; BRITO, N. J. N.; SILVA, G. A. Análise microbiológica dos sorvetes *self-service* sabor chocolate da cidade de Sinop-MT. **DEMETRA: Alimentação, Nutrição & Saúde**, v. 10, n. 4, p. 857-866, 2015.
- STAUDT, P. B.; KECHINSKI, C. P. TESSARO, C.; MARCZAK, L. D. F.; SOARES, R.P.; CARDOZO, N. S. M. A new method for predicting sorption isotherms at different temperatures using the BET model. **Journal of Food Engineering**, v. 114, n. 1, p. 139–145, 2013.
- STOKLOSA, A. M.; LIPASEK, R. A.; TAYLOR, L. S.; MAUER, L. J. Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flowability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. **Food Research International**, v. 49, n. 2, p. 783-791, 2012.

SYAMALADEVI, R. M.; SABLANI, S. S.; TANG, J.; POWERS, J.; SWANSON, B. G. State diagram and water adsorption isotherm of raspberry (*Rubusidaeus*). **Journal of Food Engineering**, v. 91, n. 3, p. 460-467, 2009.

TACO- **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. rev. e ampliada. Campinas: NEPA - UNICAMP, 2011, p.161.

TELIS, V. R. N.; SOBRAL, P. K. A. Glass transitions and state diagram for freeze-dried pineapple. **LWT – Food Science and Technology**, v. 34, n. 4, p.199-205, 2001.

TERRONI, H. C.; JESUS, J. M.; ARTUZO, L. T.; VENTURA, L. V.; SANTOS, R. F. Liofilização. **Revista Científica UNILAGO**, v. 1, n. 1, p. 271-284, 2013.

TIMMERMANN, E. O. Multilayer sorption parameters: BET or GAB values? Colloids and Surfaces A. **Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 220, n. 1-3, p. 235-260, 2003.

THYS, R. C. S.; NORENA, C. P. Z.; MARCZAK, L. D. F.; AIRES, A. G.; OLIVERA, F. C. 2010. Adsorption isotherms of pinhão (*Araucaria angustifolia* seeds) starch and thermodynamic analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 100, n. 3, p. 468-473, 2010.

TODISCO, K. M. **Polpa de siriguela (*Spondias purpurea* L.) em pó atomizada: caracterizações físicas, físico-químicas, compostos bioativos e avaliação do comportamento higroscópico**. 2012. 74 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

TONELI, J. T. C. L. **Processos de separação física e secagem de inulina obtida a partir de raízes de chicória (*Cichorium intybus* L.)**. 2006. 177 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.

TONON, R. V.; BRABET, C.; PALLET, D.; BRAT, P.; HUBINGER, M. D. Physicochemical and morphological characterisation of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced with different carrier agents. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 44, n. 10, p. 1950-1958, 2009.

TORALLES, R. P.; VENDRUSCOLO, J. L.; VENDRUSCOLO, C. T.; DEL PINO, F. A. B.; ANTUNES, P. L. Determinação das constantes cinéticas de degradação do ácido ascórbico em purê de pêssego: efeito da temperatura e concentração. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, p. 18-23, 2008.

TRAVÁLIA, B. M.; SANTOS, B. S.; RESENDE, L. G. M.; TELES, A. R. S.; SANTANA, L. C. L. A.; SANTOS, J. A. B. Cinética de secagem de hortaliças em estufa de secagem com luz. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMA PARTICULADOS, 37., 2015. **Anais...** São Carlos, 2015. CD-Rom.

VASCONCELOS, M. A. S.; MELO FILHO, A. B. **Conservação de alimentos**. Recife: EDUFRPE, 2010. 130 p.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 50-58, 2012.

VIEIRA, P. M. **Avaliação da composição química, dos compostos bioativos e da atividade antioxidante em seis espécies de flores comestíveis**. 2013. 102 f. Tese (Doutorado em Ciências Farmacêuticas) - Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Araraquara, 2013.

VILLAMIEL, M.; GAMBOA-SANTOS, J.; SORIA, A. N.; MONTILLA, A. Quality parameters in convective dehydrated carrots blanched by ultrasound and convetional treatment. **Food Chemistry**, v. 141, n. 1, p. 616-624, 2013.

VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de *beads* acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, v. 57, n.3, p. 508-515, 1954.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida-deprateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 2, p. 408-412, 2008.

WANG, M.; HUANG, B.; FAN, C.; ZHAO, K.; HU, H.; XU, X.; PAN, S.; LIU, F. Characterization and functional properties of mango peel pectin extracted by ultrasound assisted citric acid. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 9, n.1, p. 794-803, 2016.

WELLS, J. I. **Pharmaceutical preformulation: the physicochemical properties of drug substances**. New York: Ellis Horwood Limited, 1988. 553 p.

WELLS, J. Pré-formulação farmacêutica. In: AULTON, M. E. **Delineamento de formas farmacêuticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 143-145

WHUAGHON, T. S.; PENA, R. S. Modelagem da secagem em camada delgada da fibra residual do abacaxi. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 26, n. 2, p. 297-306, 2008.

ZEYMER, J. S.; CORRÊA, P. C.; OLIVEIRA, G. H. H.; BAPTESTINI, F. M.; FREITAS, R. C. P. Isotermas de desorção de sementes *Lactuca sativa*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21 n. 8, p. 1-9, 2017.

ZHENG, W.; ZHAO, T.; FENG, W.; WANG, W.; ZOU, Y.; ZHENG, D.; TAKASE, M.; LI, M.; WU, H.; YANG, L.; WU, X. Purification, characterization and immunomodulation activity of a polysaccharide from flowers of *Abelmoschus esculentus*. **Carbohydrate Polymers**, v. 106, n.1, p. 335–342, 2014.

APÊNDICE A

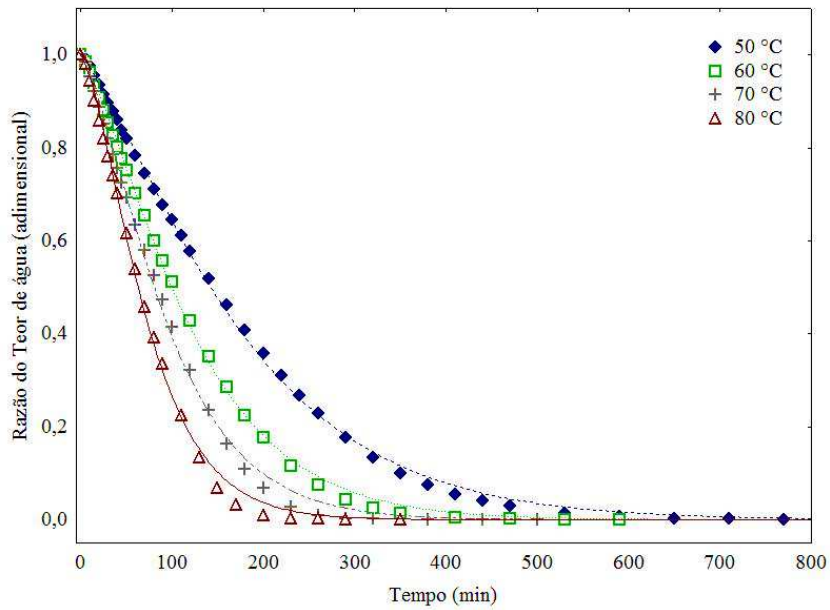


Figura A.1 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Aproximação da Difusão

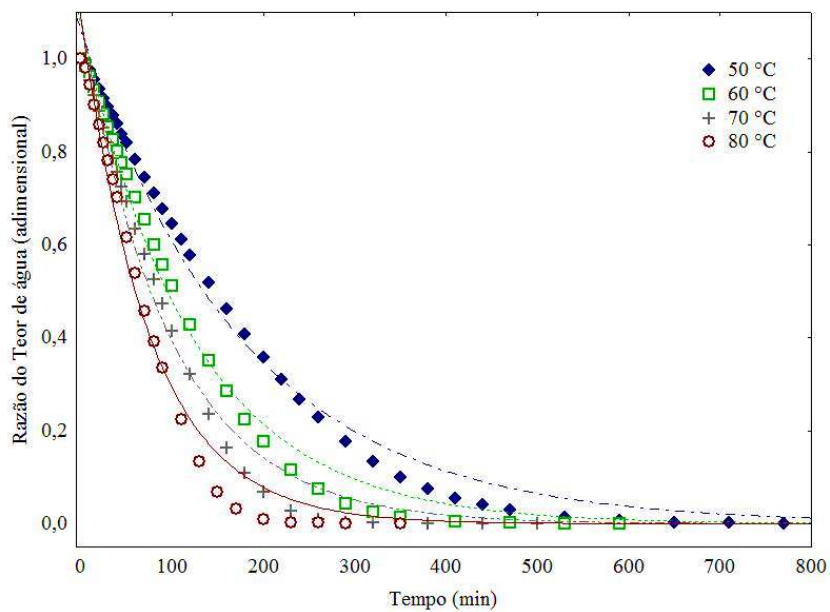


Figura A.2 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Henderson e Pabis

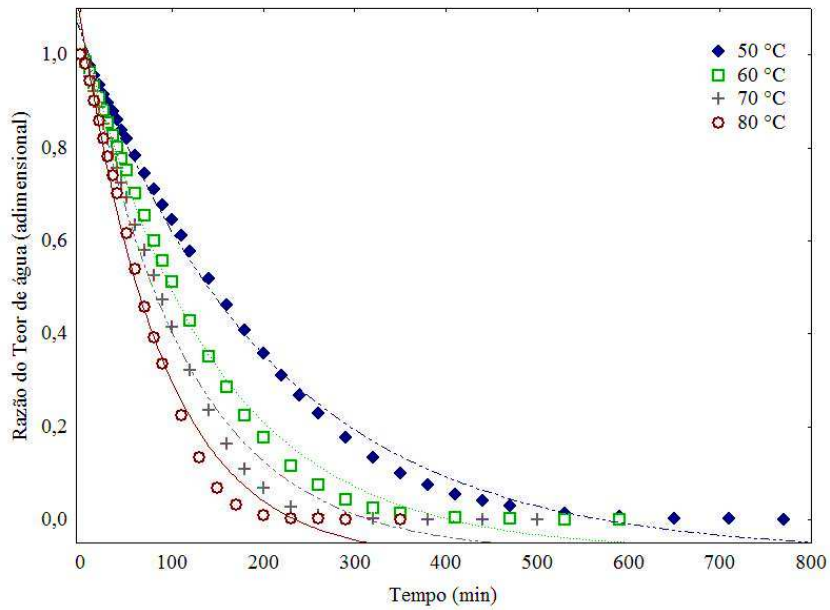


Figura A.3 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Logarítmico

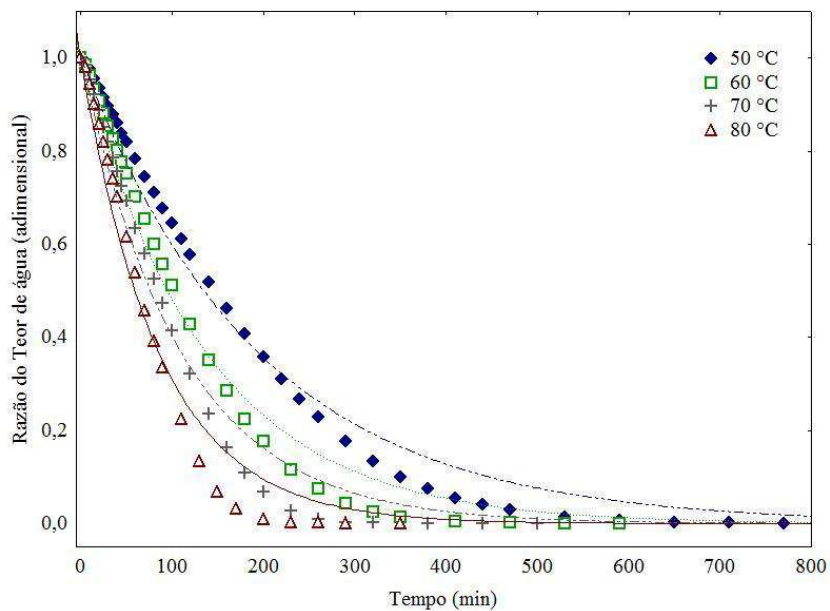


Figura A.4 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Newton

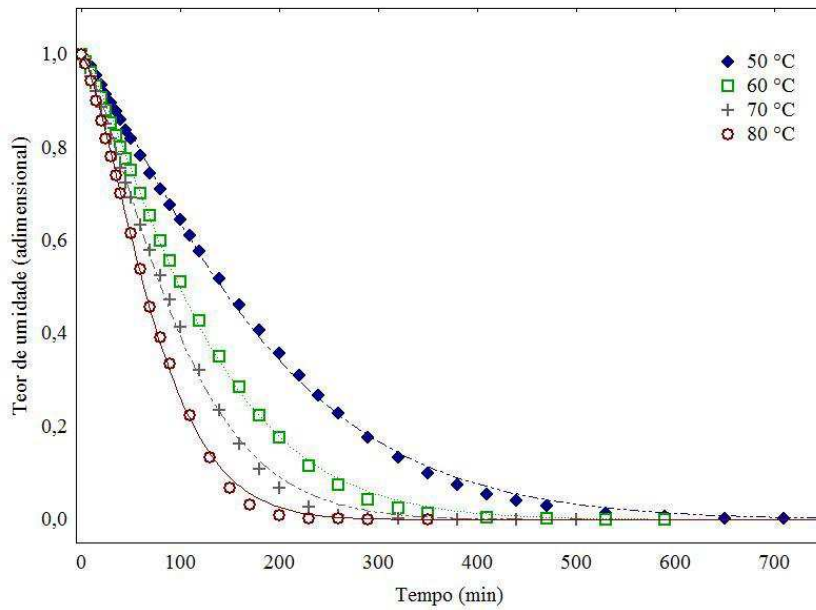


Figura A.5– Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Page

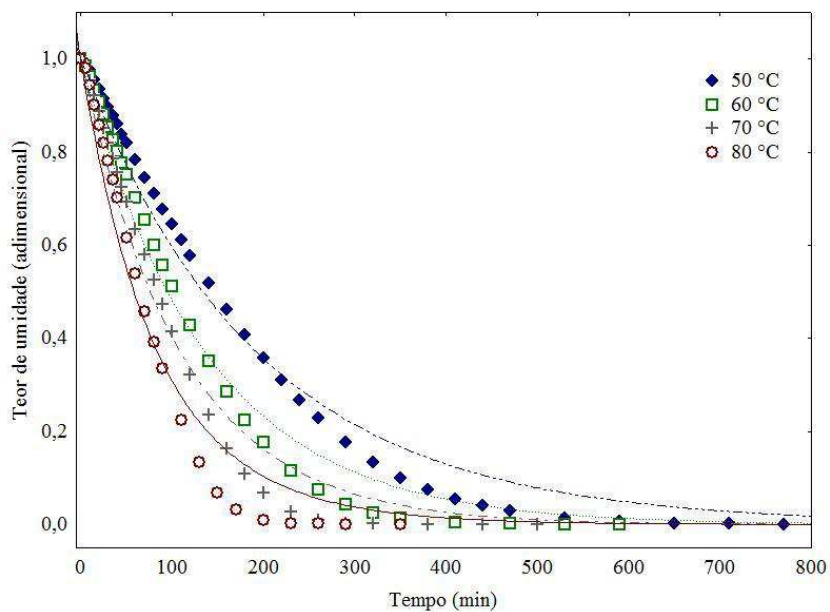


Figura A.6– Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo com casca com ajustes pelo modelo de Thompson

APÊNDICE B

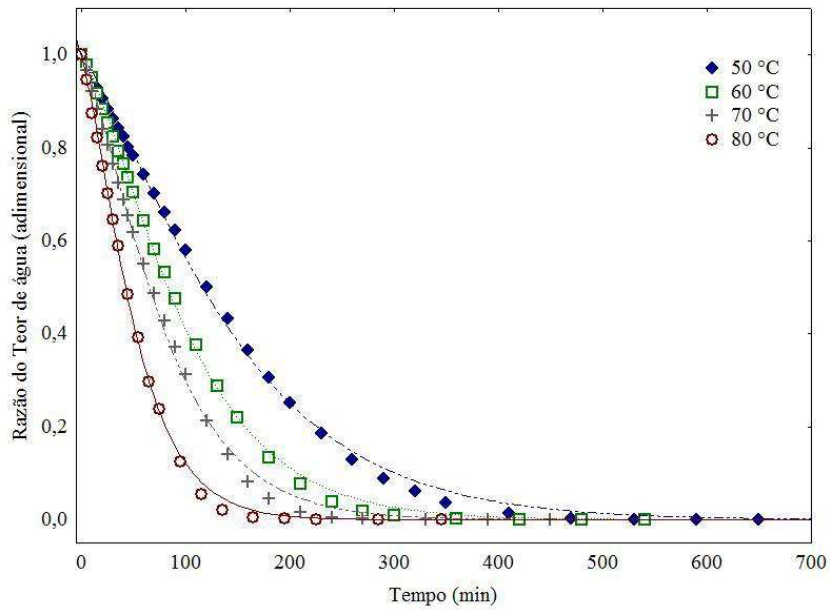


Figura B.1 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Aproximação da Difusão

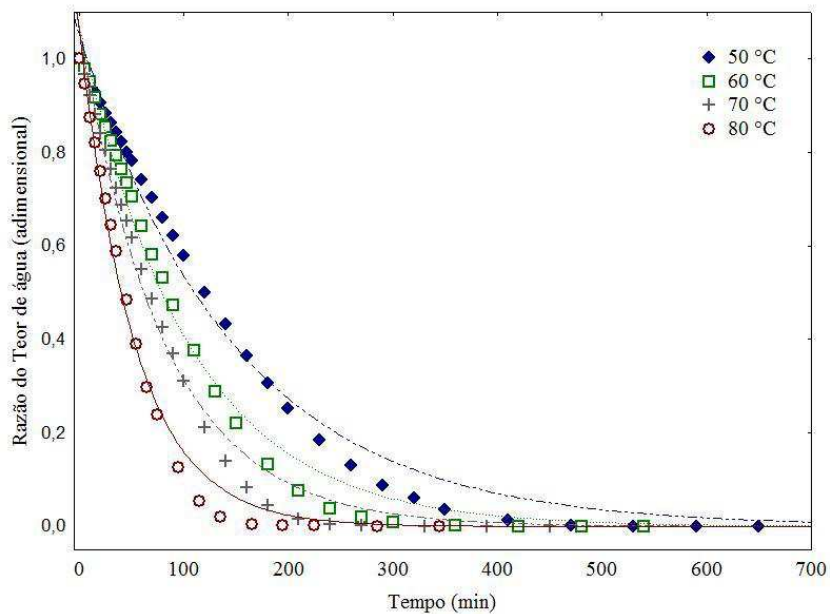


Figura B.2 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Henderson e Pabis

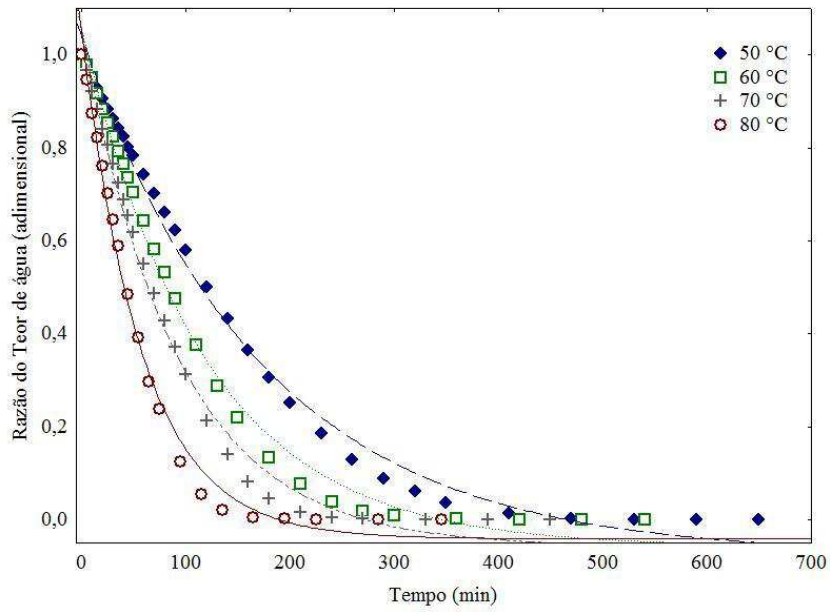


Figura B.3 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Logarítmico

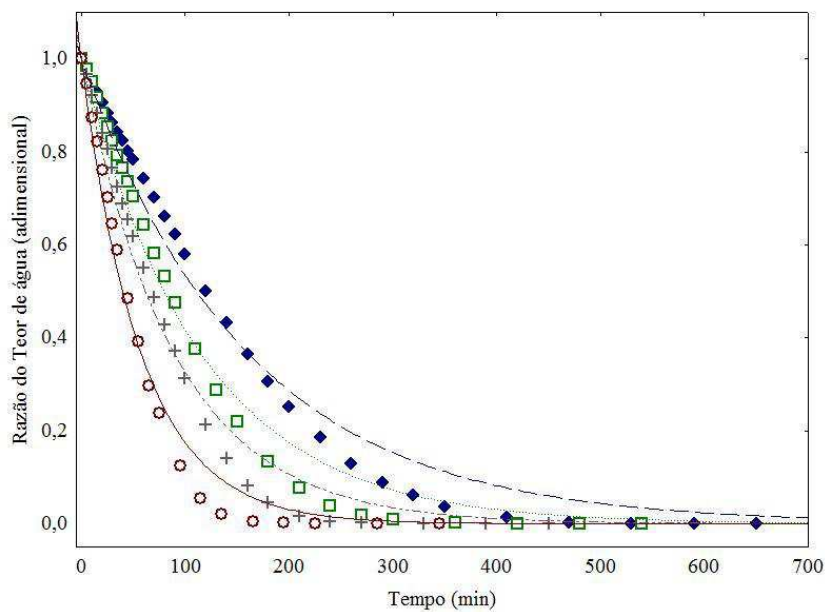


Figura B.4 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Newton

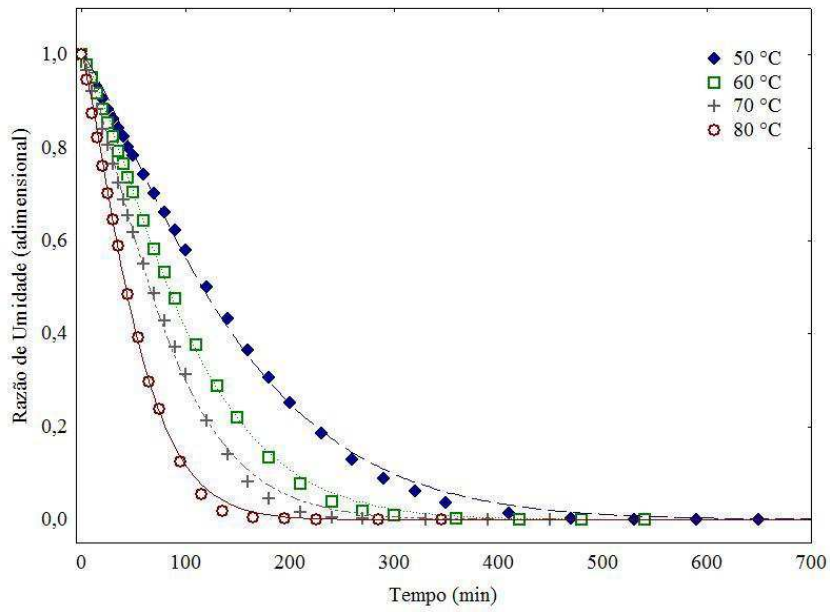


Figura B.5 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Page

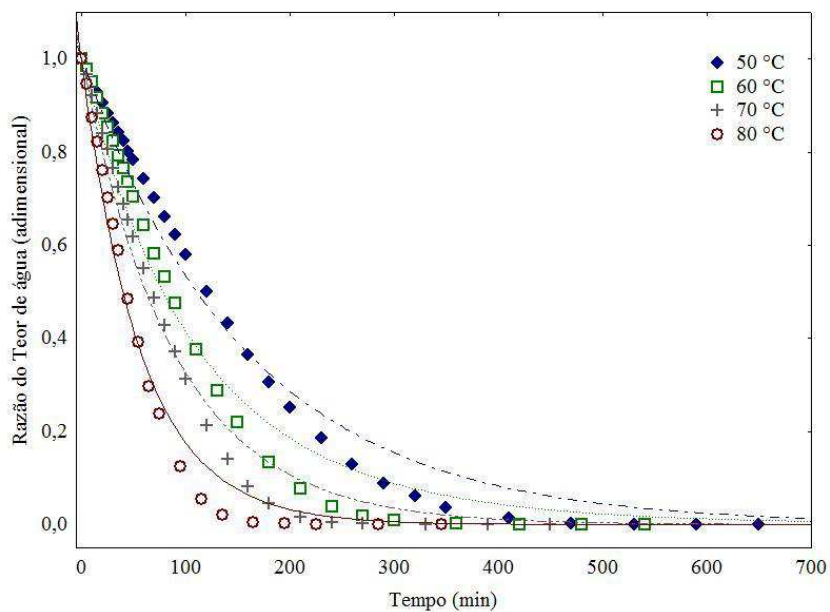


Figura B.6 – Curvas de cinética de secagem, nas temperaturas de 50, 60, 70 e 80 °C, do quiabo sem casca com ajustes pelo modelo de Thompson

APÊNDICE C

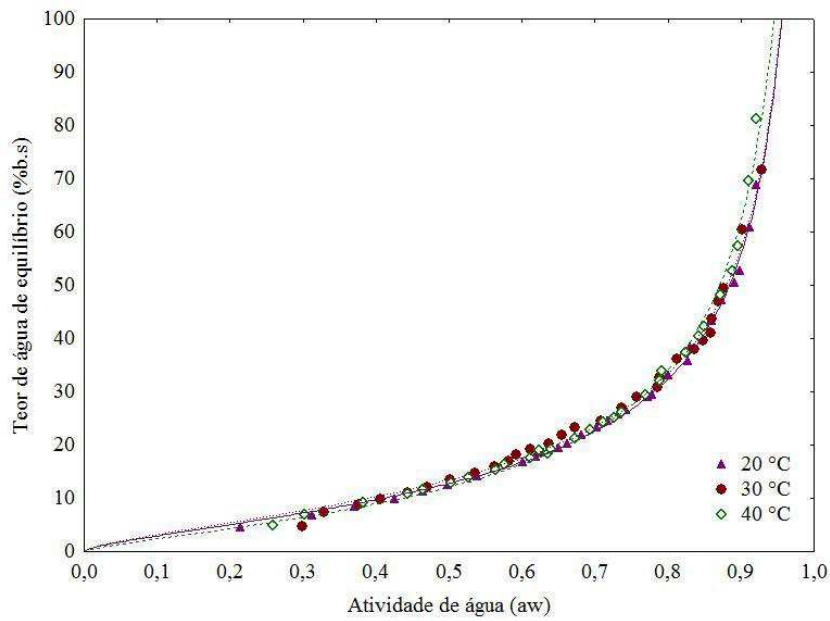


Figura C.1 – Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C do pó do quiabo com casca liofilizado com ajustes pelo modelo de Oswin

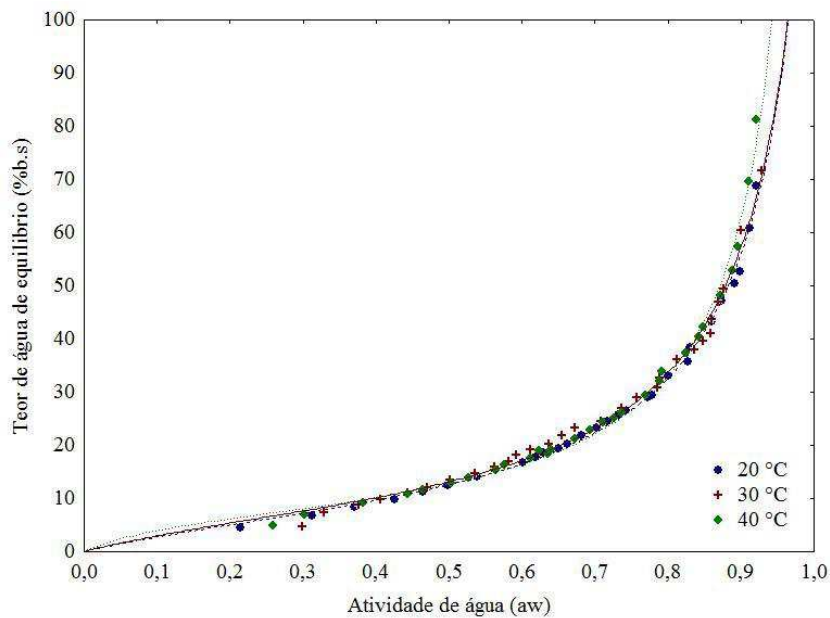


Figura C.2 – Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C do pó do quiabo com casca liofilizado com ajustes pelo modelo de GAB

APÊNDICE D

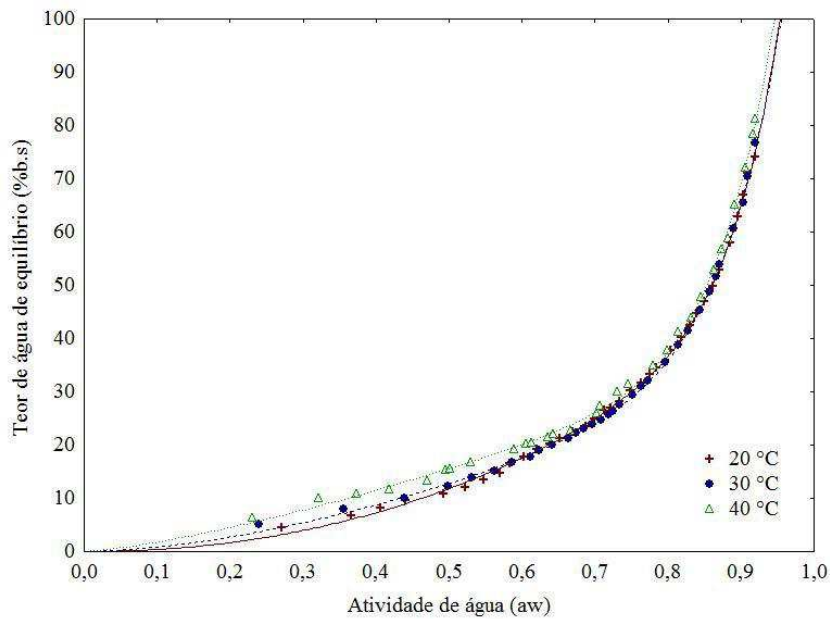


Figura D.1 – Isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó do quiabo sem casca liofilizado com ajustes pelo modelo de Peleg

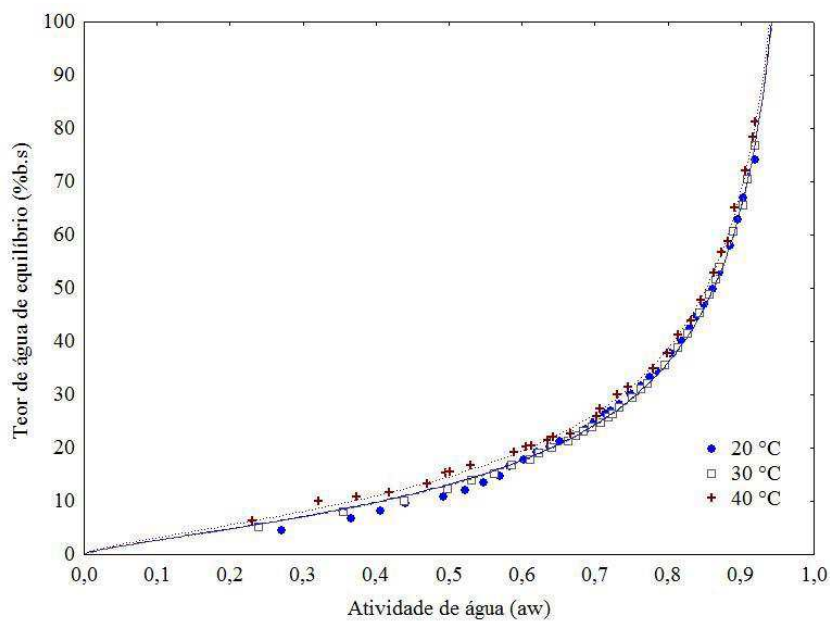


Figura D.2 – Isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, do pó do quiabo sem casca liofilizado com ajustes pelo modelo de Oswin

APÊNDICE E

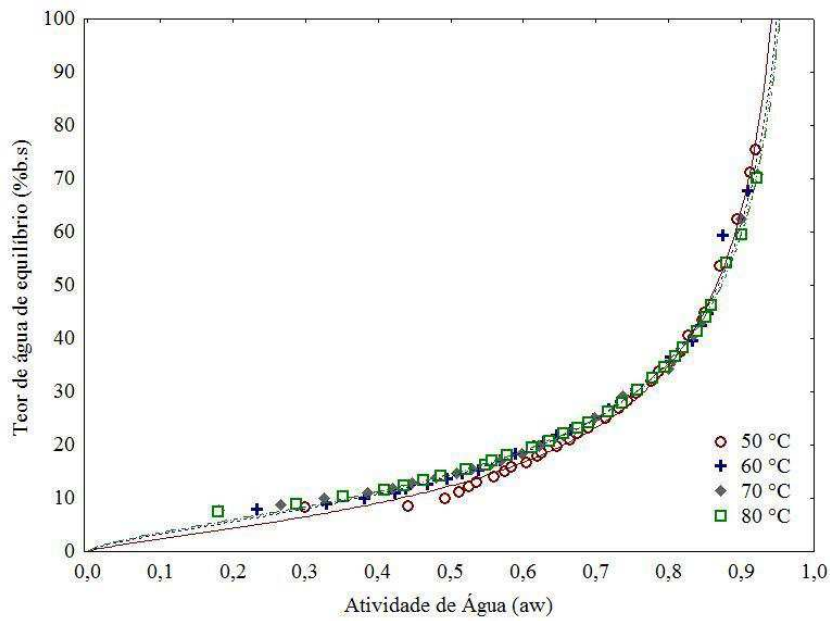


Figura E.1 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Oswin

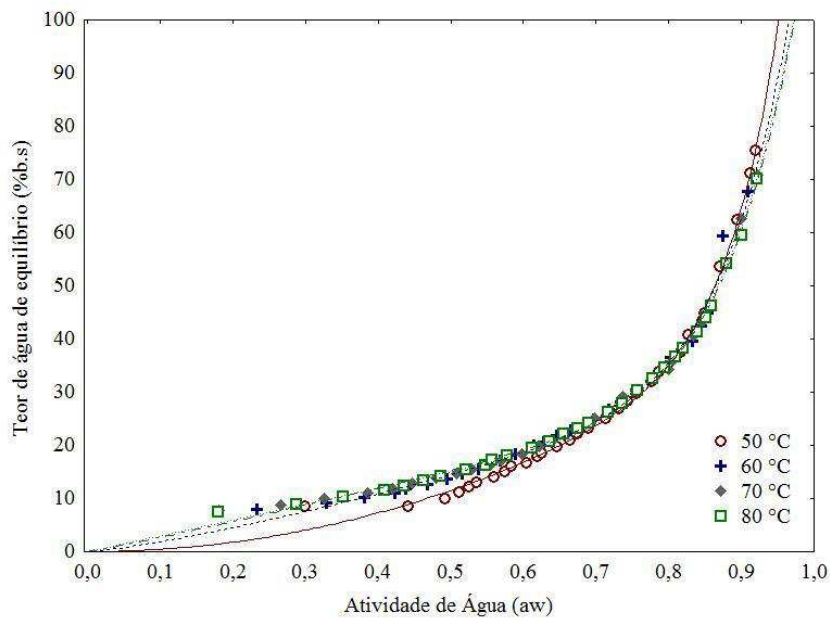


Figura E.2 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo com casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Peleg

APÊNDICE F

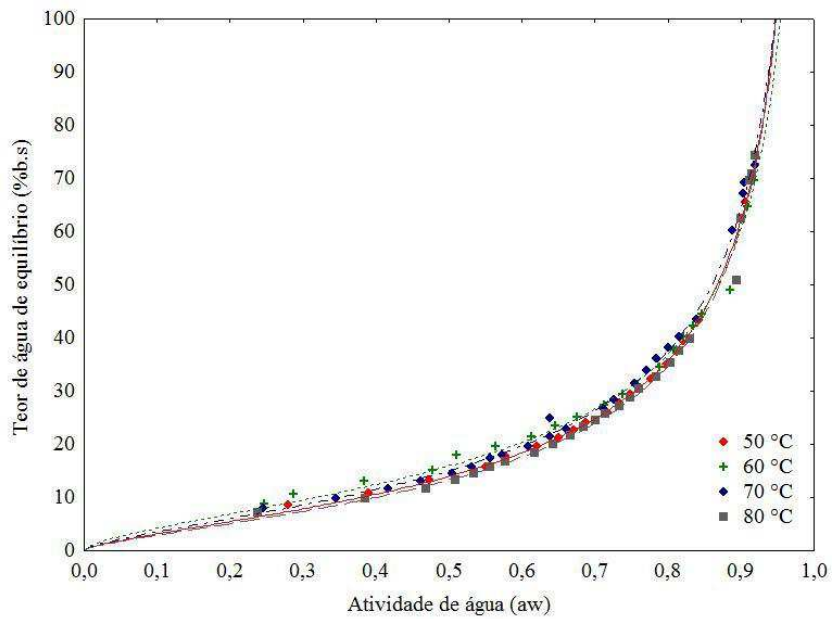


Figura F.1 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Oswin

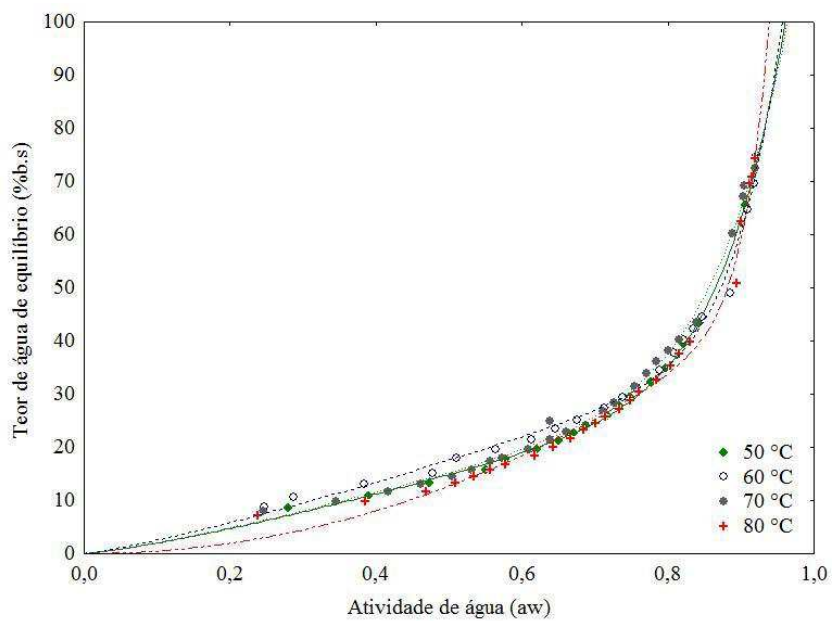


Figura F.2 – Isotermas de adsorção de água a 25 °C dos pós do quiabo sem casca obtidos por secagem convectiva em diferentes temperaturas com ajustes pelo modelo de Peleg