



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA QUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA**



VERILÂNEA NEYONARA FAUSTINO LISBOA

DISSERTAÇÃO

**COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO
QUIABO (*Abelmoschus Esculentus (L) Moech*) EM PÓ OBTIDO EM
SECADOR DE LEITO FIXO**

Campina Grande

Novembro de 2017

VERILÂNEA NEYONARA FAUSTINO LISBOA

**COMPOSTOS FENÓLICOS E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DO
QUIABO (*Abelmoschus Esculentus (L) Moech*) EM PÓ OBTIDO EM
SECADOR DE LEITO FIXO**

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Mestre.

Orientadora: Dr^a. Líbia de Sousa Conrado Oliveira

Campina Grande

Novembro de 2017



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

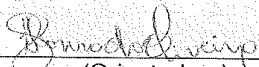
**PARECER FINAL DO JULGAMENTO DE DISSERTAÇÃO
DA ALUNA VERILÂNEA NEYONARA FAUSTINO LISBOA**

TÍTULO: Compostos Fenólicos e Atividade Antioxidante do Quiabo em Pó
Obtido em Secador de Leito Fixo.

COMISSÃO EXAMINADORA

CONCEITO


Prof.^a Líbia de Sousa Conrado Oliveira (Doutora)



(Orientadora)

: APROVADA

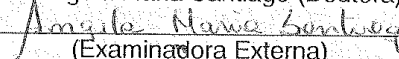
Prof. Severino Rodrigues de Farias Neto (Doutor)



(Examinador Interno)

Aprovado

Prof.^a Ângela Maria Santiago (Doutora)



(Examinadora Externa)

Aprovado

Prof. Vimário Simões Silva (Doutor)



(Examinador Externo)

Aprovada

Campina Grande, 28 de novembro de 2017

DEDICATÓRIA

A Deus!

A Minha Mãe e meus irmãos!

AGRADECIMENTOS

A DEUS, por ter permitido ter chegado até aqui e por nunca me desamparar.

À minha família, que sempre acreditou em mim.

A professora Dra. Líbia de Sousa Conrado Oliveira; pela orientação, oportunidade e todos os ensinamentos.

A professora Wanda Izabel Monteiro de Lima Marsiglia, por todos os ensinamentos e paciência.

A todos do Laboratório de Engenharia Bioquímica (LEB).

A Paloma Lima, Israel Nogueira, Jordane Gonçalves, pelas palavras de apoio.

Aos professores da banca avaliadora, por todas as contribuições para esse trabalho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da UFCG pela oportunidade concedida.

Ao CNPQ pelo apoio à pesquisa e incentivo financeiro.

A todos que, de alguma forma, colaboraram para a conclusão desse trabalho.

Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito.

Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”

(Marthin Luther King)

RESUMO

O quiabo é um vegetal presente o ano inteiro sendo bastante consumido em diversas partes do mundo. Contudo apresenta tempo de prateleira curto gerando perdas pós-colheita. Assim a secagem constitui uma alternativa para minimizar o desperdício. Dentro dessa linha o presente trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da secagem em temperaturas distintas sobre o teor de compostos fenólicos, atividade antioxidante e características físico-químicas do quiabo. Foi usado o secador de leito fixo com as temperaturas de 43°C e 65°C e uma velocidade do ar de 0,85 m/s. Todas as análises feitas no quiabo in natura foram realizadas no quiabo desidratado. Os resultados obtidos mostraram que houve uma concentração de todos os nutrientes avaliados após o processo de secagem. A aplicação de modelos empíricos resultou que o modelo de Page foi o mais adequado ($R^2=99,95\%$, $SSE= 0,002$ e $RMSE= 0,0007$) para a temperatura de 43°C e para a temperatura de 65°C o modelo Logarítmico forneceu melhor ajuste ($R^2=99,6\%$, $SSE=0,008$ e $RMSE=0,020$). A aplicação do modelo fenomenológico forneceu um valor de $D_{\text{eff}} = 9,16 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ($R^2=98,5\%$) para a temperatura de 43°C e um $D_{\text{eff}} = 2,16 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ($R^2=98,2\%$) para 65°C.

Palavras-chave: Secagem, Lei de Fick, Modelos empíricos, ABTS, Quiabo

ABSTRACT

The okra is a vegetable present the whole year being quite consumed in several parts of the world. However, it presents short shelf life generating post-harvest losses. Thus drying is an alternative to minimize waste. Within this line the objective of this work is to evaluate the effect of drying at different temperatures on the content of phenolic compounds, antioxidant activity and physical and chemical characteristics of okra. The fixed bed drier was used with temperatures of 43°C and 65°C and an air velocity of 0.85 m/s. All the analyzes made on okra in natura were carried out on dehydrated okra. The results showed that there was a concentration of all nutrients evaluated after the drying process. The application of empirical models showed that the Page model was the most adequate ($R^2 = 99.95\%$, $SSE = 0.002$ and $RMSE = 0.0007$) for the temperature of 43 ° C and for the temperature of 65 ° C the logarithmic model provided the best fit ($R^2 = 99.6\%$, $SSE = 0.008$ and $RMSE = 0.020$). The application of the phenomenological model yielded a $D_{\text{eff}} = 9.16 \times 10^{-8} \text{ m}^2 / \text{s}$ ($R^2 = 98.5\%$) for the temperature of 43°C and a $D_{\text{eff}} = 2,16 \times 10^{-7} \text{ m}^2 / \text{s}$ ($R^2 = 98.2 \%$) to 65 ° C.

Keywords: Drying, Fick's Law, Empirical Models, ABTS, Okra

LISTA DE FIGURA

| | |
|--|----|
| Figura 1-Flor do Quiabo | 16 |
| Figura 2--Vagem e Planta do Quiabo | 16 |
| Figura 3-Esquema da Caracterização das análises realizadas nesse trabalho: | 29 |
| Figura 4-Secador de Leito Fixo | 35 |
| Figura 5-Perda de Umidade com o tempo para a Secagem a T= 43°C e T=65°C..... | 40 |
| Figura 6-Comportamento da razão de umidade segundo o modelo de Page a T=43°C..... | 41 |
| Figura 7- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo de Page a T=65 ° C | 41 |
| Figura 8-Comportamento da razão de umidade versus tempo segundo o modelo logarítmico a T=43°C | 42 |
| Figura 9- Comportamento da razão de umidade versus tempo segundo o modelo logarítmico a T=43°C | 42 |
| Figura 10- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Henderson & Pabis a T=43°C | 42 |
| | |
| Figura 11- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Henderson & Pabis a T=43°C | 43 |
| | |
| Figura 12-Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Newton a T=43°C | 43 |
| Figura 13-Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Newton a T=65°C | 43 |

LISTA DE TABELA

| | |
|--|----|
| Tabela 1-Constituintes da Vagem e da Folha do Quiabo | 17 |
| Tabela 2-Constituintes da Folha do Quiabo liofilizada, fresca, branqueada e cozida | 17 |
| Tabela 3- Caracterização de cultivares do quiabo | 25 |
| Tabela 4-Compostos Fenólicos após a fermentação..... | 27 |
| Tabela 5-Caracterização do Quiabo In natura | 38 |
| Tabela 6- Estimativa dos Parâmetros dos Modelos Empíricos de Secagem..... | 44 |
| Tabela 7-Coeficiente de Difusividade Efetivo (D_{eff})..... | 46 |
| Tabela 8- Caracterização do Quiabo desidratado | 47 |

LISTA DE SIGLAS

AA-ABTS: Atividade Antioxidante pelo método ABTS

ABS- Absorbância

AR- Açúcar Redutor

ABTS – 2,2'-AZINO-BIS (3-ethylbenzo-thiazoline-6-sulfonic acid) diammoninum salt

a-Constante da Equação do Modelo Empírico usado na secagem

CFT- Compostos Fenólicos Totais

CCT- Centro de Ciências e Tecnologia

c- Constante da Equação do Modelo Empírico usado na secagem

D_{eff} - Coeficiente de Difusividade Efetivo

DNS- Ácido 3,5- Dinitrosalicílico

exp- Exponencial

EAG- Equivalente Ácido Gálico

F_c – Fator de Conversão

F_{cHCl} - Fator de correção do Ácido clorídrico

FB- Fibra Bruta

$F_{Nitrogênio}$ - Fator de correspondência do nitrogênio para análise de proteína pelo método Kjeldahl

K- Constante de Secagem dos modelos empíricos

M_{final} - Massa final

$M_{saquinho}$ - Massa saquinho

$M_{amostra}$ - Massa da amostra

m_A - Massa da amostra

pH – Potencial Hidrogeniônico

RU - Razão de Umidade

T- Temperatura

V_{HCL} – Volume de ácido clorídrico

V_{branco} – Volume do branco

V_L - Volume gasto na titulação

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO..... | 14 |
| 1.1 Objetivo Geral..... | 15 |
| 1.1.1 Objetivos específicos..... | 15 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 16 |
| 2.1 Quiabo..... | 16 |
| 2.2 Compostos Fenólicos..... | 18 |
| 2.3 Atividade Antioxidante..... | 20 |
| 2.4 Secagem..... | 20 |
| 2.5 Alterações Provocadas pela Secagem..... | 22 |
| 2.6 Modelos Matemáticos Usados na Secagem..... | 23 |
| 2.7 Trabalhos reportados na Literatura sobre o Quiabo..... | 25 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS..... | 28 |
| 3.1-Etapa 1: Caracterização do Quiabo..... | 29 |
| 3.1.1 Teor de água..... | 29 |
| 3.1.2 Cinzas..... | 30 |
| 3.1.3 Proteína..... | 30 |
| 3.1.4. pH..... | 31 |
| 3.1.5. Açúcar Redutor..... | 31 |
| 3.1.6 Fibra Bruta (FB)..... | 32 |
| 3.1.7 Compostos Fenólicos Totais..... | 33 |
| 3.1.7.1 Curva de Calibração..... | 33 |
| 3.1.7.2 Preparo do extrato da Amostra..... | 33 |
| 3.1.7.3 Determinação de Compostos Fenólicos..... | 33 |
| 3.1.8 Atividade Antioxidante pelo método ABTS..... | 34 |
| 3.1.8.1 Preparo do Radical ABTS..... | 34 |
| 3.1.8.2 Curva de Calibração do método ABTS..... | 34 |

| | |
|---|----|
| 3.1.8.3 Preparo do Extrato do método ABTS..... | 34 |
| 3.1.8.4 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS | 35 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 37 |
| 4.1 Dados de caracterização do quiabo in natura | 38 |
| 4.2 Curva da Cinética de secagem para as temperaturas de 43°C e 65°C | 39 |
| 4.3 Ajustes das Curvas de Cinética de secagem usando modelos empíricos | 41 |
| 4.4 Aplicação do modelo fenomenológico para as temperaturas de 43°C e 65°C..... | 45 |
| 4.5 Dados de caracterização do quiabo desidratado | 46 |
| 5. CONCLUSÕES e SUGESTÕES | 48 |
| 5.1 CONCLUSÕES | 48 |
| 5.2 SUGESTÕES | 49 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA | 49 |

1.INTRODUÇÃO

O quiabo é um vegetal presente o ano inteiro sendo bastante consumido em diversas partes do mundo (ROY et al; 2014). Apresenta uma grande importância na alimentação humana oferecendo minerais, proteínas, carboidratos bem como é tido com fonte de compostos fenólicos com potencial antioxidante (GEMEDE et al, 2014; GEMEDE et al, 2015; ADEKIYA et al, 2017; DUBEY e MISHRA, 2017; ESAN et al, 2017). Contudo apresenta um tempo de prateleira curto o que gera grandes perdas desse alimento.

Uma das formas de reduzir o desperdício de alimentos é por meio da secagem. A secagem é um processo de redução de água com conseqüente diminuição do crescimento microbiano fazendo com que o alimento tenha maior estabilidade, maior tempo de prateleira, redução do peso e também facilidade no transporte (GAVA, 1984; LUIZ, 2012; CRUZ, 2013; SABAREZ, 2016; KARAM et al, 2016). Todavia, por ser um processo que utiliza o calor para promover a secagem do alimento é necessário estudar as condições de temperatura que favoreça tanto a secagem quanto a conservação dos nutrientes dos alimentos, pois alguns nutrientes são sensíveis ao calor podendo sofrer oxidação, sobretudo os compostos fenólicos e atividade antioxidante (SCHISHIR e CHEN, 2017).

Os compostos fenólicos e atividade antioxidante presente em alimentos vêm despertando a atenção da comunidade pelo fato de que pesquisas revelam que esses compostos bioativos estão associados à proteção contra doenças cardiovasculares, câncer e diabetes (HELENO et al, 2015; OLIVEIRA et al, 2017; MÉNDEZ-LAGUNAS et al, 2017). Alimentos desidratados constitui uma alternativa para reduzir o desperdício bem como pode agregar valor econômico para a indústria de alimentos servindo como ingrediente de novas formulações de alimentos mais nutritivos (SCHISHIR e CHEN, 2017).

O presente trabalho objetiva estudar a secagem do quiabo (incluindo a parte de cinética de secagem bem como a parte de aplicação de modelos matemáticos) para obter uma farinha e avaliar o processo de secagem em relação aos parâmetros físico-químicos (teor de água, cinzas, proteína total, pH, açúcar redutor) e fitoquímicas (compostos fenólicos e atividade antioxidante) do quiabo.

1.1 Objetivo Geral

Obter o quiabo desidratado e avaliar o efeito da temperatura sobre suas características físico-químicas e compostos bioativos.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar o quiabo in natura e desidratado por meio das análises de teor de água, cinzas, pH, proteínas, fibras bruta, açúcares redutores, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante;
- Realizar a desidratação do quiabo utilizando um secador de leito fixo;
- Estudar a cinética da secagem do quiabo realizada em um secador de leito fixo;
- Ajustar os dados da cinética de secagem usando modelos empíricos e modelos fenomenológicos;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Quiabo

O quiabo apresenta relevância econômica em todo o subcontinente indiano. A Índia ocupa a posição de maior produtor de quiabo com uma produção de 72,9%, sendo cultivado numa área de 0,53 milhões de hectares com uma produção anual de 6,35 milhões de toneladas e produtividade de quase 12 toneladas de hectares (KONDADARAM et al, 2017).

Na América do Norte é cultivado no Texas, Geórgia, Flórida, Califórnia e Alabama. No Sul da Europa é produzido na Grécia e na Turquia. Na Alemanha é fonte de alimento. Enquanto que no Peru, as sementes maduras são assadas e usadas no lugar do café. Devido apresentar proteínas na composição das sementes podem ser usados como alimento para o gado (MOLFETTA et al, 2013).

Está presente em todas as épocas podendo ser consumido, refogado, cozido, assado ou em saladas. Tanto a folha quanto a vagem são utilizados (ROY et al; 2014) . Também recebem a as seguintes denominações: abelmosco, bâmia, benda, bendé, bend ó, calalu, gobo, gombô, quingombô, kin gombô, quiabeiro, quiabeiro-chifre-de veado, quiabeiro-comum, quimbombô, quingobó, okra, gumbo e lady finger (inglês), gombo (francês), okra (alemão e italiano), quimbobó e quingombó (espanhol), bendi, bhindi, ockro, okra, vendai (hindu), Huang-shu-k'uei (chinês) (TEMENOUGA et al, 2016).

A Figura 1 ilustra a flor do quiabo e a Figura 2 ilustra a vagem e a planta do quiabo:

Figura 1-Flor do Quiabo



Fonte: VERMA (2017)

Figura 2--Vagem e Planta do Quiabo



Fonte: VERMA (2017)

As vagens dessa planta contém em seu interior um líquido usado como espessante em diversos lugares (LOUSINIAN et al, 2016). O quiabo é relevante na alimentação devido ao teor de proteínas, carboidratos, minerais e vitaminas (GEMEDE et al, 2014; GEMEDE et al, 2015; ADEKIYA et al, 2017; DUBEY e MISHRA, 2017).

Relatos da existência de antioxidantes são divulgados na comunidade científica (ESAN et al, 2017).

HUSSAIN et al (2016) complementa que o mesmo contém proteínas e minerais como potássio (K), magnésio (Mg), sódio (Na), cálcio (Ca) e ferro (Fe).

A Tabela 1 apresenta a composição da vagem do quiabo por 100g de parte comestível:

Tabela 1-Constituíntes da Vagem e da Folha do Quiabo

| Composição | Vagem do Quiabo | Folha do Quiabo | |
|------------|-----------------|-----------------|--------|
| Água | 88,6 g | Água | 81,5 g |
| Proteína | 2,1 g | Proteína | 4,40g |
| Fibra | 1,7g | Fibra | 2,10 g |

Fonte: Adaptado de GEMEDE et al, 2014

A Tabela 2 apresenta uma caracterização das folhas do quiabo submetidas a diferentes processos:

Tabela 2-Constituíntes da Folha do Quiabo liofilizada, fresca, branqueada e cozida

| Parâmetros | Folha Liofilizada | Folha Fresca | Folha branqueada | Folha cozida |
|--------------|-------------------|--------------|------------------|--------------|
| Umidade (%) | 9,13 ± 0,19 | 74,83± 1,17 | 73,31 ± 0,38 | 81,53± 0,11 |
| Proteína (%) | 23,62 ± 0,23 | 6,10 ± 0,61 | 6,22 ± 0,23 | 6,06 ± 0,39 |
| Cinzas (%) | 15,39 ± 0,08 | 2,75 ± 0,44 | 2,84 ± 0,84 | 2,49 ± 0,40 |

Fonte: Adaptado de CALUËTE et al (2015)

No núcleo há maior teor de proteína e gordura enquanto que na casca se tem mais fibra. As sementes possuem uma magnitude de proteína de 20 a 30%, 14,01% de lipídeos, 30,81% de fibras totais além de minerais como cálcio, ferro, magnésio, manganês e zinco (SOARES et al 2012 apud NASCIMENTO, 2015).

GEMEDE et al (2014); GEMEDE et al (2015) relataram que o quiabo apresenta utilizações bastante diversificadas das folhas frescas, brotos, flores, vagens, caules e sementes. Como alimento podem ser usados em saladas, sopas e ensopados, frescos ou seco ou frito. Após o cozimento apresenta uma consistência mucilagínosa popularmente tida como uma baba que pode ser acrescentado a guisados e molhos para aumentar a consistência.

2.2 Compostos Fenólicos

Os compostos fenólicos apresentam estruturas químicas distintas produzidas durante o processo de crescimento das plantas quando submetidas a agressões externas (BELMIRO et al, 2017). Os compostos fenólicos são oriundos do metabolismo secundário de plantas quando expostas a condições de estresse, a exemplo de infecções, lesões mecânicas e radiação e são reconhecidos como defensor da planta contra praga e doenças. O potencial antioxidante conferido aos compostos fenólicos pode ajudar a minimizar o risco do desenvolvimento de doenças, como diabetes, obesidade, pressão arterial elevada, doenças coronárias e câncer. (HELENO et al, 2015; OLIVEIRA et al, 2017).

Frutas e vegetais são fontes de compostos bioativos, sobretudo compostos fenólicos (KALAYCIOĞLU et al, 2016). O quiabo possui compostos fenólicos, como derivados de flavonol, oligómeros de catequina e derivados hidroxicinâmicos (GEMEDE et al, 2014; GEMEDE et al, 2015). Todavia informações sobre o perfil antioxidante do quiabo são incipientes (AHIKPA et al, 2013; DIMOPOLOU et al, 2014).

A capacidade antioxidante dos compostos fenólicos surtem efeitos positivos para a saúde (KALAYCIOĞLU et al, 2016). Portanto, a avaliação e quantificação de compostos fenólicos totais em alimentos são essenciais para avaliar os alimentos detentores de componentes bioativos (SUCUPIRA et al, 2012).

Comer frutas e legumes está relacionada a redução dos riscos de doenças degenerativas crônicas, câncer e doenças coronárias. O efeito protetor para a saúde está ligado aos componentes antioxidantes que desempenham um papel importante na prevenção de doenças

causadas pelo estresse oxidativo provocado por radicais livres (MÉNDEZ-LAGUNAS et al, 2017).

Os radicais livres são produzidos com frequência no corpo humano. Contudo quando excedem seus limites provocam um desequilíbrio entre a formação e a neutralização dessas espécies reativas de oxigênio, causando um estresse oxidativo e, conseqüentemente originam um dano celular. Os antioxidantes nesse caso entram em ação protegendo a célula contra danos causados pelos radicais livres (AYUSCHI et al, 2016).

Os radicais livres podem provocar danos a várias moléculas do corpo humano como lipídeos, proteínas e ácidos nucléicos podendo afetar o quadro de saúde das pessoas. Portanto a ingestão de alimentos ricos em antioxidantes é fundamental, pois esses alimentos são detentores de um aporte de nutrientes que estão presentes na alimentação e estão atrelados à prevenção de doenças (KALINOWSKA et al, 2014).

Os compostos fenólicos constituem um grupo de diversas substâncias presentes no reino vegetal produzidos a partir da fenilalanina e tirosina e são classificados em ácidos fenólicos (ácidos hidrobenczoicos e ácidos hidroxinamicos), flavonoides, ligninas e taninos bem como conferem cor, amargura, sabor, odor e propriedades antioxidantes. (KNAM et al, 2012).

A identificação de compostos fenólicos tem sido bastante pesquisada. A presença de compostos fenólicos tem sido relatada por contribuir com propriedades anticancerígenas, antioxidante, hipoglicêmico, efeitos cardioprotetores e vasodilatadores, hipolipídico e anti-inflamatório. Variações de magnitude de compostos fenólicos têm sido conferidas a fatores como a forma de cultivo, tempo de colheita e tipo de solo (KALINOWSKA et al, 2014; ALU'DATT et al, 2017; BELMIRO et al, 2017; MAGALHÃES et al, 2017). Outros fatores que influenciam no teor de compostos fenólicos são: o tempo de maturação do fruto, colheita, forma de armazenamento e as infecções (KALINOWSKA et al, 2014).

Os compostos fenólicos estão presentes nas diversas partes constituintes das plantas e são dotados de várias funções, a exemplo de atividade antioxidante. Esses são classificados em dois grupos: os não flavonóides e flavonóides. O grupo dos flavonóides é constituído por antocianinas e antoxitaninas e o grupo não flavonóides é formado por ácidos fenólicos e estilbenos (SILVA, 2014).

Geralmente esses compostos não estão dispostos na natureza na forma livre, mas sob a forma de ésteres ou heterosídeos, sendo solúveis em água e em solventes orgânicos polares (SILVA, 2014; KALINOWSKA et al, 2014).

A determinação de compostos fenólicos totais é imperativa, em virtude de estudos terem sido comprovados que esses constituintes são responsáveis pela atividade antioxidantes de alimentos (TIVERON, 2010).

2.3 Atividade Antioxidante

Antioxidantes são compostos que neutralizam os radicais livres prevenindo efeitos deletérios à saúde. Existe uma relação entre nutrição e saúde porque muitos dos alimentos acarretam em efeitos benéficos para a saúde. O valor nutricional e as propriedades antioxidantes são considerados em todo o mundo como uma área importante para a pesquisa. Dentro dessa linha a população busca uma alimentação saudável devido os benefícios que a dieta pode proporcionar (ESAN et al, 2017).

Os antioxidantes têm sido bastante pesquisados devido a sua capacidade de inibição de espécies reativas e eficácia em diminuir ou retardar os danos oriundos de uma oxidação no metabolismo humano (TELES et al, 2014).

A importância da determinação da atividade antioxidante nos alimentos se dá principalmente pelo motivo de que o conhecimento do potencial antioxidante de cada alimento possibilita fazer uma estimativa da quantidade de cada alimento necessária para se adquirir uma boa resposta antioxidante (FERREIRA, 2015).

2.4 Secagem

A secagem existe desde a antiguidade, quando o homem usava o vento e o sol para desidratar alimentais. A utilização de alimentos desidratados teve grande destaque na Segunda Guerra Mundial, tendo a Universidade da Califórnia como principal instituição pesquisadora de alimentos desidratados (GAVA, 1984).

A desidratação de alimentos é bastante utilizada para melhorar a estabilidade dos alimentos pela diminuição da atividade de água do produto. A minimização da atividade microbiana e redução de algumas alterações físicas e químicas, durante o armazenamento, evitando assim a deterioração do alimento. Além disso, a massa e o volume de alimento desidratados são menores, o que facilita e diminui os custos de transporte e armazenamento (GAVA, 1984; CRUZ, 2013; SABAREZ, 2016; KARAM et al, 2016).

A secagem é uma das operações unitárias na área de alimentos. Caracteriza-se pela remoção de água de uma matéria-prima úmida provocando mudança de fase de água contida nos sólidos ou líquidos para uma fase vapor por adição de calor (SABAREZ, 2016). É considerada uma operação complexa que envolve mecanismos de transferência simultânea de calor e de massa acompanhada de alterações físicas e químicas (SABAREZ, 2016).

O controle da secagem é imperativo, pois durante esse processo, podem acontecer alterações nas características físicas e químicas nos produtos, causando perda do sabor, de cor, de nutrientes e de textura.

A temperatura utilizada na secagem de alimentos geralmente não ultrapassa o valor de 75°C, em virtude de que temperaturas mais elevadas provocam alteração no produto, causando perdas nutricionais (JORGE, 2014). Temperaturas em torno de 55 a 60° C podem ser consideradas ideais para manter a qualidade dos produtos preservando a cor e a retenção de nutrientes com um tempo de secagem relativamente curto e danos limitados. As baixas temperaturas geralmente têm uma influência positiva na qualidade dos materiais. No entanto, longos tempos de processamento, podem ter efeitos negativos sobre a qualidade do produto e acarretam em custos elevados (KARAM et al, 2016).

A taxa de secagem ou velocidade de secagem pode ser determinada a partir da derivada da razão de umidade em função do tempo do processo de secagem (PARK et al. 2014). Essa taxa de secagem pode ser aumentada com a elevação da temperatura do ar de secagem e ou com fluxo de ar que passa através por unidade de tempo. O fluxo de ar usado depende da umidade inicial e espessura da camada do produto (VERAS, 2010).

A velocidade do ar na operação da secagem e a espessura do material são parâmetros influentes na secagem. Velocidades do ar em torno de 1 a 2 m/s permitem reduzir o tempo de secagem e o encolhimento. Com relação à espessura do material quanto menor a espessura do material menor o tempo de secagem e menor consumo de energia, sendo considerada uma espessura ótima de 2 a 6 mm (ZHANG et al apud KARAM et al, 2016).

Um dos principais fatores que influencia na secagem é a temperatura, altas temperaturas na secagem causam danos aos compostos sensíveis a exemplo dos compostos bioativos bem como também afeta a qualidade físico-química e a microestrutura do produto (SCHISHIR e CHEN, 2017).

Frutas e vegetais quando inseridos na dieta com consumo regular fornecem benefícios para a saúde. Todavia, a característica de serem perecível é um problema. A deterioração pós-colheita causa rápida degradação da qualidade dos mesmos resultando em grande desperdício. Dentro dessa linha a produção de alimentos desidratados é promissora para reduzir as despesas

de embalagem, armazenamento e transporte, bem como reduzir as perdas devido a uma maior estabilidade na obtenção do pó. A nova forma adquirida pelo produto desidratado ou na forma de farinha facilita obter formulações de alimentos abrindo novos mercados (SCHISHIR e CHEN, 2017).

A demanda por farinhas de fontes saudáveis aumentou consideravelmente devido aos múltiplos efeitos positivos à saúde e a possibilidade da aplicação desses produtos em diversas formulações de alimentos. Por isso é fundamental saber como a secagem e seus parâmetros de operação influenciam na qualidade do produto final bem como entender as condições ótimas para tipos específicos de cada amostra (SHISHIR e CHEN, 2017).

Frutas e vegetais receberam atenção considerável na alimentação, já que esses alimentos foram comprovados cientificamente por conter uma grande variedade de fitoquímicos que são responsáveis por exercer muitos benefícios para a saúde, incluindo atividade antioxidante contribuindo para uma melhor qualidade de vida. Em alguns casos a extração de compostos bioativos não pode ser realizada em produtos in natura e a secagem aparece como uma forma que necessita ser feita anteriormente a extração (KARAM et al, 2016).

2.5 Alterações Provocadas pela Secagem

Todos os produtos durante a desidratação e armazenamento sofrem alterações que podem modificar suas qualidades nutricionais e sensoriais. As características mais influenciadas são a cor, aroma, textura e sabor (OETTERER et al, 2006).

O calor vaporiza a água durante a desidratação promovendo perdas de componentes voláteis, responsáveis por exalar aroma. O grau de perda de voláteis depende da temperatura e do teor de umidade do alimento, da pressão de vapor e solubilidade no vapor de água dos voláteis, sendo que componentes voláteis com volatilidade e difusividade altas são perdidas no início da secagem. Para o caso de ervas e temperos estes são secos em temperaturas baixas (FELLOWS, 2006). Pode ocorrer também oxidação das vitaminas e dos lipídeos durante o armazenamento, pois a matriz porosa dos alimentos concede a entrada de oxigênio (FELLOWS, 2006; OETTERER et al, 2006).

A secagem altera as características da superfície de um alimento e, portanto modifica sua cor. Existem diversas causas que provocam mudança de cor em alimentos desidratados. Em frutas e hortaliças as modificações químicas dos pigmentos carotenoides e da clorofila são causadas pela cor e pela oxidação durante a desidratação e a atividade residual da enzima

polifenoxidase causa o escurecimento durante a estocagem. Isso pode ser evitado pelo branqueamento ou adição de ácido ascórbico ou dióxido de enxofre (FELLOWS, 2006).

O escurecimento não enzimático, em virtude da combinação de certos açúcares e proteínas, que levam a formação de compostos de coloração marrom ou preta, também é outra causa de deterioração de alimentos desidratados (OETTERER et al, 2006).

Com relação aos nutrientes há perda de vitamina C e tiamina a quais são sensíveis ao calor, assim como outras vitaminas hidrossolúveis. Contudo um tempo curto de secagem, baixa umidade e baixo nível de oxigênio podem reduzir sua perda. A tiamina é sensível ao calor, mas outras vitaminas hidrossolúveis são mais estáveis ao calor e as perdas durante a secagem excedem de 5 a 10% (OETTERER et al, 2006).

A remoção de umidade minimiza o crescimento microbiano, uma vez que a água é um componente fundamental para o desenvolvimento dos mesmos. Todavia, existem fungos capazes de desenvolverem em substratos com baixo percentual de umidade (12%), enquanto que bactérias e leveduras necessitam de níveis de umidade superior a 30% (OETTERER et al, 2006).

2.6 Modelos Matemáticos Usados na Secagem

Os modelos matemáticos são ferramentas importantes usadas para mensurar o tempo necessário para diminuição de umidade do material e outros fenômenos sob diferentes condições de secagem, auxiliando nas tomadas de decisões bem como agregando melhorias no processo (SILVA, 2015).

Os modelos empíricos são expressões em que suas constantes são determinadas com base em dados experimentais. Normalmente os modelos empíricos descrevem bem a cinética de secagem, entretanto não possibilitam interpretar fisicamente os fenômenos físicos de forma generalizada. Existem vários modelos empíricos, alguns deles são descritas pelas equações 1, 2, 3,4 (SILVA, 2013; FAMUWERA e OLUMOFIN, 2015):

Newton:

$$RU = \exp(-kt) \quad (1)$$

Page:

$$RU = \exp(-kt^n) \quad (2)$$

Henderson & Pabis:

$$RU = a \exp(-kt) \quad (3)$$

Modelo Logarítmico:

$$RU = a \exp(-kt) + c \quad (4)$$

Onde:

RU = Razão de Umidade

t = tempo (s)

n, a, b= constantes dos modelos empíricos

k= constante de secagem

DOYMAZ (2005), SOBUKOLA (2009), DOYMAZ (2011), AFOLABI (2014), HONORÉ et al (2014) reportam o uso do modelo fenomenológico expresso pela segunda lei de Fick em pesquisas usando o quiabo. A solução da segunda lei de Fick para forma esférica é dado por CRANK, (1975) conforme descrita pela Equação 5:

$$RU = \frac{M - M_e}{M_0 - M_e} = \frac{6}{n^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp\left(-\frac{n^2 \pi^2 D_{eff} t}{r^2}\right) \quad (5)$$

Onde:

RU = Razão de Umidade

M= umidade num determinado instante de tempo

M_e = umidade de equilíbrio

M₀= umidade inicial

t = tempo (s)

n= 1 (1º termo da série)

D_{eff}= Coeficiente de efetividade (m²/s)

π = 3,14

r= raio do material na forma esférica (m)

Ao considerar que a difusividade efetiva é constante e o encolhimento do material é desprezível e truncar a série no primeiro termo, ou seja, n=1, é possível obter uma equação simplificada, como apresentada na Equação 6, usada partículas esféricas do material a ser avaliado (CRANK, 1975; DOYMAZ, 2005; AFOLABI, 2014):

$$\ln(RU) = \ln\left(\frac{6}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2 \times D_{eff}}{r^2}\right) \times t \quad (6)$$

Onde :

RU = Razão de Umidade

t = tempo (s)

D_{eff} = Coeficiente de efetividade (m^2/s)

$\pi = 3,14$

r = raio do material na forma esférica (m)

2.7 Trabalhos reportados na Literatura sobre o Quiabo

Doymaz (2005) em sua pesquisa estudou a secagem do quiabo nas temperaturas de 50, 60 e 70°C com uma velocidade do ar a 1m/s num secador de bandejas. A umidade inicial do quiabo foi de $89,53 \pm 0,3$ e o diâmetro médio das amostras foi de $1,69 \pm 0,2$ cm. A secagem foi realizada com umidade relativa de 25, 15 e 8% até atingir uma umidade final de $15 \pm 0,3\%$ para uma amostra de 100g de quiabo. Durante a secagem foi monitorada a perda de peso da amostra em intervalos de 30 minutos. As curvas de secagem foram ajustadas pelo modelo exponencial simples e pelo modelo de Page. Esse autor obteve valores de coeficientes de determinação (R^2) superior a 99%, sendo o modelo de Page o mais adequado para representar a modelagem da cinética do quiabo. Os valores do coeficiente de difusividade foram de $4,27 \times 10^{-10}$ a $1,30 \times 10^{-9}$ m^2/s .

Mota et al (2005) realizaram uma caracterização que compreende atributos físicos e químicos de quatro cultivares de quiabo (amarelinho, red velvet, star of david, mammoth spinless). Os resultados obtidos por esses autores estão expressos na Tabela 3:

Tabela 3- Caracterização de cultivares do quiabo

| Características | Amarelinho | Red Velvet | Star of David | Mammoth |
|--------------------|------------|------------|---------------|---------|
| Umidade (%) | 91,01 | 91,28 | 89,77 | 89,97 |
| Açúcar Redutor (%) | 1,86 | 1,37 | 1,5 | 1,81 |
| Fibra (%) | 1,12 | 0,87 | 1,02 | 0,85 |

Fonte: Adaptado de MOTA et al (2005)

Araptisas (2008) identificou os compostos fenólicos presentes na semente e na casca do quiabo utilizando um sistema de HPLC acoplado a um espectro de massa e uma matriz de diodo.

No preparo das amostras foram analisados separadamente a casca e as sementes que foram submetidas submetidos à liofilização, homogeneizadas e extraídas com 100 mL de etanol a 70% com pH ajustado para 3,2 com adição de ácido fórmico a temperatura ambiente sob agitação durante 3 horas. As sementes e as cascas foram desengorduradas com n-hexano concentrados e dissolvidas com o extrato e depois filtradas e analisadas. Os resultados mostraram que as sementes do quiabo possuem quercetina e catequina enquanto as cascas são dotadas de quercetina e derivados de ácido de hidroxicinamico.

Pendre et al. (2012) estudaram o efeito de diversas temperaturas (50,60,70 e 80 °C) e diferentes espessuras (1, 2, 3 e 4cm) de fatias do quiabo e verificaram a influência dessas variações sobre o teor de proteína, fibra, ácido ascórbico após a secagem. Os resultados mostraram que a temperatura de 60°C e a espessura de 2 cm forneceram os melhores resultados. Para proteína foi obtido o valor de 18 g/100g a T= 60° C e de 17,6 g/100g a uma espessura de 2 cm, para o ácido ascórbico foi obtido o valor de 8,2 mg/100g a T = 60°C e 8,5 mg/100g a uma espessura de 2 cm e fibra em torno de 22,3 g/100g a temperatura de 60 ° C e espessura da fatia de 2 cm.

Wankhade et al. (2013) estudaram a secagem do quiabo nas temperaturas de 40, 60 e 90° C com uma velocidade de 1m/s. Foi aplicado modelos matemáticos de secagem. Os quiabos foram cortados com espessura de 5mm e dispostos em camadas na bandeja. A perda de umidade foi verificada a cada 10 minutos no início da secagem e logo após a cada 20 minutos para obtenção das curvas de secagem. A secagem foi finalizada quando atingiu a umidade de 15 ±0,5 %. Os autores verificaram que o parâmetro temperatura é fundamental na secagem bem como a taxa de umidade a qual reduziu exponencialmente ao longo do tempo, mas que não ocorreu linearmente. O fato da razão de umidade diminuir continuamente é explicado, teoricamente, que a difusão é governada pela taxa de transferência de massa interna. Os autores também constataram ainda que a perda de umidade é mais rápida no início da secagem (WANKHADE et al, 2013).

Santos (2013) em sua dissertação quantificou os minerais presentes no quiabo como cálcio (Ca), cobre (Cu), ferro (Fe), potássio (K), magnésio (Mg), manganês (Mn), sódio (Na), fósforo (P) e zinco Zn. Os resultados mostraram uma composição para o quiabo de 160 para Ca, 237 K, 47 Mg, 21 Na, 46 P, 0,12 Cu, 1,1 Fe, 0,44 Mn e de 1,9 Zn.

Ahiakpa et al. (2013) determinaram a quantidade de compostos fenólicos, flavonoides totais e atividade antioxidante em 25 amostras de quiabo distribuídos em oito regiões do Gana. As amostras foram colhidas no ponto de maturação entre 5 a 8 dias após a floração e submetidas a liofilização e trituração para obter o pó. Os resultados para compostos fenólicos teve variações

de $8,01 \pm 0,37$ até o máximo de $25,83 \pm 5,30$ miligramas equivalente de ácido gálico por grama de amostra (EAG mg/g) (média de $12,99 \pm 1,75$) para o extrato aquoso e de $6,82 \pm 0,09$ até $63,22 \pm 3,95$ (média de $21,09 \pm 0,99$) EAG mg/g de amostra para o extrato etanólico. Os autores concluíram que as amostras de quiabo tiveram uma grande variabilidade de compostos bioativos motivadas tanto pela diferença do solvente extrator usado nas análises como também as diferenças nas variedades de quiabo.

Adetuy e Ibrahim (2014) avaliaram a influência da fermentação sobre o teor de fenólicos, vitamina C e flavanoides totais e as propriedades antioxidantes da semente do quiabo. A semente foi removida da vagem do quiabo maduro, deixada em repouso com água durante 2 minutos, foi drenada, envolta em sacos e submetidas a fermentação por 120 horas. Para a análise de fenólicos foi preparado um extrato aquoso usando 1 grama da amostra em 100 ml de água destilada durante 5 minutos, centrifugadas a uma rotação de 2000 durante 10 minutos. A Tabela 4 apresenta os resultados obtidos por estes autores dos compostos bioativos após a fermentação:

Tabela 4-Compostos Fenólicos após a fermentação

| Sementes de quiabo | Fenólicos |
|--------------------------|-----------------|
| Tempo de Fermentação (h) | (mgGAE/100g) |
| 0 | $185 \pm 0,10$ |
| 24 | $1460 \pm 1,53$ |
| 72 | $615 \pm 0,31$ |
| 120 | $385 \pm 0,20$ |

Fonte: Adaptado de Adetuy e Ibrahim (2014)

Brito e Araújo (2015) determinaram o teor de fenólicos totais, e atividade antioxidante no fruto e na farinha do quiabo. Os quiabos foram obtidos no comércio de São Luís. Para obter a farinha os pesquisadores realizaram a operação de secagem a temperatura de 50°C durante 6 horas em estufa, trituram o mesmo em liquidificador e, posteriormente, o material foi moído para obtenção do pó. Os resultados obtidos para os fenólicos totais variaram entre $43,04 \pm 3,98$ a $103,04 \pm 3,99$ mgEAG.100g⁻¹ para o quiabo in natura enquanto que na farinha foi obtido valores mais elevados na faixa entre $3370,55 \pm 68,58$ a $7315,48 \pm 66,99$ mgEAG.100g⁻¹. Para atividade antioxidante pelo método ABTS no quiabo in natura houve uma variação de $438,71 \pm 8$ μmol TEAC a $359,52 \pm 7,99$ μmol TEAC enquanto que na farinha foi de $1718,03 \pm 72,03$ μmol TEAC até $1386,42 \pm 0$ μmol TEAC.

Nascimento (2015) obteve um hidrolisado proteico a partir das proteínas das sementes do quiabo com o uso da enzima alcalase em diferentes condições hidrolíticas e avaliou a

capacidade antioxidante dos hidrolisados produzidos. Para o concentrado proteico da semente do quiabo foi obtido 7,86 $\mu\text{mol TEAC/mg}$ de amostra com uma porcentagem de eliminação de ABTS DE $12,70 \pm 0,16\%$ e para o hidrolisado proteico foi obtido um valor de 42,34 $\mu\text{mol TEAC/mg}$ de amostra com uma porcentagem de $77,38 \pm 0,22 \%$ de eliminação de ABTS. Os autores concluíram que o hidrolisado proteico é uma fonte que apresenta capacidade antioxidante boa.

Ayushi et al. (2016) analisaram as folhas do quiabo (*Abelmoschus Esculentus*) e determinaram o teor de fenólicos totais. Foi preparado um extrato a partir das folhas secas a qual foram submetidas a extração até obter um material concentrado que foi liofilizado originando um pó castanho. Os resultados para fenólicos totais foi de $9,65 \pm 0,08 \text{ mgEAG/g}$.

Jiang et al. (2017) estudaram métodos de processamento de alimentos distintos como a liofilização seguida por secagem no micro-ondas a vácuo, métodos de secagem a uma temperatura de 70°C e velocidade do ar de 1,5 m/s, micro-ondas a vácuo, secagem seguida de micro-ondas a vácuo e liofilização para obter lanches (snacs) de quiabo e o efeito dessas técnicas no teor da atividade antioxidante e fenólicos. O quiabo apresentou umidade de $90,78 \pm 0,09\text{g}/100\text{g}$ em base úmida. Antes da secagem as amostras foram armazenadas durante 2 horas, foram postas em água fervente durante 150 segundos e imediatamente resfriada em água gelada. O topo e as pontas do quiabo foram removidos. O extrato para determinação da atividade antioxidante foi feito com metanol a 95% e os polifenólicos foram determinados e quantificados usando um sistema de cromatografia líquida acoplado a um espectro de massa e um sistema de aquisição de dados, sendo os compostos identificados com base na comparação dos padrões de fragmentação com os padrões da literatura. Os resultados mostraram que os principais componentes de polifenóis no quiabo foram catequina seguida de quercetina.

Assim o presente trabalho ira aplicar a técnica de secagem como alternativa para minimizar o desperdício do quiabo e preservação de suas características nutricionais no material desidratado fornecendo possibilidades para a indústria de alimentos.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Engenharia Bioquímica (LEB), situado no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia

Química (UAEQ), Campus I, Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Paraíba, Brasil.

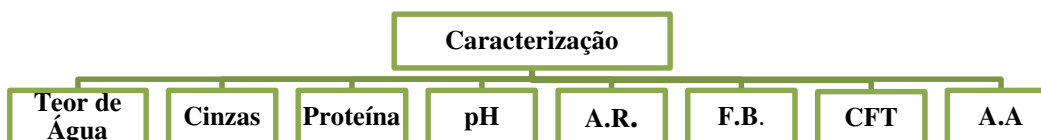
A pesquisa foi realizada seguindo as etapas:

- Etapa 1: Caracterização do Quiabo in natura
- Etapa 2: Secagem do Quiabo
- Etapa 3: Caracterização do Quiabo após a secagem
- Etapa 4: Análise dos Dados Experimentais

3.1-Etapa 1: Caracterização do Quiabo

O quiabo in natura foi adquirido na Ceasa de Campina Grande, Paraíba e foi caracterizado quanto aos parâmetros físico-químicos: teor de água, cinzas, proteína, pH, açúcar redutor, fibra bruta, compostos fenólicos totais e atividade antioxidante pelo método ABTS. A Figura 3 apresenta o esquema das análises realizadas no presente trabalho:

Figura 3-Esquema da Caracterização das análises realizadas nesse trabalho:



Legenda: pH= Potencial Hidrogênionico, A.R= Açúcar Redutor, F.B= Fibra Bruta, CFT= Compostos Fenólicos Totais, A.A= Atividade Antioxidante

Todas as análises foram realizadas em triplicata. As metodologias utilizadas são descritas a seguir:

3.1.1 Teor de água

A amostra foi triturada para determinação do teor de água pelo método de secagem estufa a 105°C até obter peso constante (IAL, 2008). Foram pesadas 1 g da amostra em um cadinho previamente tarado. Os cadinhos foram colocados na estufa a 105°C até peso constante. Em seguida resfriados em dessecador e pesados. O teor de umidade foi obtido pela diferença entre massa inicial e final, segundo a Equação 7:

$$Umidade \% = \frac{(m_{inicial} - m_{seca}) \times 100}{m_{inicial\ da\ amostra}} \quad (7)$$

3.1.2 Cinzas

A determinação de cinzas foi realizada em uma mufla a temperatura de 600°C por 6 horas, esse procedimento foi necessário para que houvesse a destruição total da matéria orgânica presente na amostra (IAL, 2008). Os cadinhos foram previamente aquecidos e resfriados em dessecador para serem pesados. Em seguida colocou-se uma quantidade de 1,5 g da amostra nos cadinhos os quais foram submetidos a incineração na mufla. A quantificação de cinzas foi feita pela Equação 8:

$$\% \text{ Cinzas} = \left(\frac{m_{recipiente+amostra\ calcinada} - m_{recipiente}}{m_{amostra}} \right) \times 100 \quad (8)$$

3.1.3 Proteína

A proteína bruta foi determinada pelo método Kjeldahl. Esse método foi realizado em 4 etapas: Pré-digestão ou digestão a frio, digestão a quente, destilação e titulação. Na etapa de digestão a frio pesou-se 0,2 g da amostra em papel, transferiu-se para os tubos digestores. Em cada tubo digestor adicionou 0,5g da mistura catalítica digestora (composta de sulfato de sódio, sulfato de cobre e dióxido de selênio) sendo adicionado 5 mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄). A digestão a frio ocorreu quando as amostras permaneceram em repouso por 12 h.

A etapa de digestão a quente consistiu em colocar os tubos digestores no bloco digestor o qual foi submetido a aquecimentos com um aumento gradual da temperatura de 50°C até 400°C em intervalos regulares de 30 min (sendo que a cada temperatura selecionada esperou-se estabilizar para contar 30 min). O final da digestão é sinalizado pelo aparecimento da coloração azul-esverdeada da amostra.

Terminada a digestão, as amostras foram encaminhadas para a etapa de destilação onde o tubo contendo a amostra digerida foi adicionado gotas do indicador fenolftaleína a 1%. A destilação foi realizada no destilador com a liberação da solução de hidróxido de sódio a 40% até que ocorresse a neutralização da amostra que é evidenciada pela mudança da cor até ficar marrom. Ao final da destilação a amostra destilada foi recolhida em um erlenmeyer de 250mL

contendo ácido bórico a 4% como agente capturador de nitrogênio e também acrescida de gotas do indicador misto. Após a destilação a amostra foi encaminhada para a titulação na presença de ácido clorídrico previamente padronizado. O cálculo do teor de proteína é feito usando a equação 9:

$$P\% = \left(\frac{V_L \times F_{CHCl} \times N_{HCl} \times F_{nitrogênio} \times f_c \times 100}{m_{amostra}} \right) \quad (9)$$

Onde:

V_L = Volume gasto na titulação ($V_{HCl} - V_{branco}$) (L)

F_{CHCl} = Fator de correção do Ácido clorídrico 0,1 mol/L ou 0,01 mol/L

N_{HCl} = Normalidade do Ácido clorídrico

$F_{nitrogênio}$ = Fator de correspondência do nitrogênio (14) (adimensional)

f_c = Fator de conversão para percentual de proteína (valor genérico= 6,25)

$m_{amostra}$ = massa da amostra (g)

3.1.4. pH

Pesou-se 5 g do material in natura o qual foi diluído em 50 mL de água, agitou por 30 min e em seguida foi feito o filtrou. A leitura do pH foi feita em phmetro devidamente calibrado de acordo com as instruções do fabricante (IAL, 2008).

3.1.5. Açúcar Redutor

A determinação de açúcares redutores foi feita conforme metodologia de Miller (1959). O método é baseado na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico (DNS) a 3-amino-5-nitrosalicílico, simultaneamente com a oxidação do grupo aldeído do açúcar ao grupo carboxílico.

Foi pesado 1 grama da amostra (m_A) in natura em balança analítica com precisão de 4 casas decimais, adicionou-se 50 mL de água destilada (V_A) e deixou-se em agitação por 30 minutos, filtrou-se a amostra. Do filtrado transferiu-se 1 mL para tubos de ensaios, adicionou 1 mL da solução de DNS. Em seguida os tubos de ensaios foram colocados em água em ebulição por 5 minutos, esperou-se esfriar e adicionou-se 8 mL de água destilada. Após isso foram feitas as leituras das amostras em absorvâncias em um espectrofotômetro a um comprimento de onda

de 540 nm. O mesmo procedimento foi feito para a prova em branco, sendo que ao invés de usar 1mL do filtrado foi utilizado 1mL de água destilada. A curva padrão foi usada para transformar a leitura de absorvância (ABS) em miligramas de açúcares redutores por mililitro de solução. Os cálculos foram feitos, conforme a Equação 10:

$$AR (g_{AR}/g_A) = \frac{ABS \times F_C \times V_A}{m_A \times 1000} \quad (10)$$

Onde:

AR - Açúcares redutores

ABS - Absorvância

F_C - Fator de conversão

V_A - Volume de água (mL)

m_A - Massa da amostra (g)

3.1.6 Fibra Bruta (FB)

O procedimento analítico para determinação de fibra foi feito, conforme preconiza o manual TECNAL do equipamento analisador de fibra.

Inicialmente foram pesados os saquinhos de tecido. Foram pesados 1 grama da amostra nos saquinhos. Colocou-se os saquinhos em um bécker contendo água destilada por 15 min para não formar grumos. Colocou-se os saquinhos no suporte e foi introduzido o conjunto no equipamento juntamente com a solução ácida de ácido sulfúrico 1,25%. O aparelho foi ligado e quando atingiu uma temperatura de 96°C foi feita a contagem de 30 min. Finalizada a extração, desligou-se o aquecimento e escoou-se a solução. Colocou-se 2 litros de água destilada no equipamento, aguardou-se a fervura e após 5 minutos escoou-se a água. Esse procedimento foi repetido quatro vezes. Em seguida adicionou-se a solução básica de hidróxido de sódio a 1,25% no suporte contendo as amostras quando atingiu uma temperatura de 96°C foi feita a contagem de 30 min. Finalizada a extração, desligou-se o aquecimento e escoou-se a solução. Foi posto 2 litros de água destilada no equipamento, aguardou-se a fervura e após 5 min escoou-se a água, esse procedimento foi repetido quatro vezes, retirou-se os saquinhos do equipamento e os mesmos foram lavados com álcool por duas vezes por 3 minutos. Em seguida os saquinhos foram lavados com acetona duas vezes por 3 minutos. Finalizada as lavagens, os saquinhos foram transferidos para uma estufa de 105° C por 4 h, depois foi feita a pesagem. O cálculo para a fibra bruta foi feita pela Equação 11:

$$FB = \frac{M_{final} - M_{Saquinho}}{M_{amostra}} \quad (11)$$

3.1.7 Compostos Fenólicos Totais

A metodologia para análise de compostos fenólicos totais foi feita pelo método de Folin & Ciocalteu, conforme preconizado por Watterhouse (2006) descrita seguir:

3.1.7.1 Curva de Calibração

A curva padrão foi feita a partir das concentrações distintas do padrão ácido gálico. Foi adicionado ácido gálico, água e o reagente Folin-Ciocalteu em diferentes alíquotas em μL em tubos de ensaios o qual foram submetidos a agitação em agitador de tubos e repouso por 5 minutos. Transcorrido o tempo de 5 min, adicionou-se 250 μL da solução de carbonato de sódio o qual foi novamente agitado em agitador de tubos e deixado em repouso em banho-maria por 30 min a uma temperatura de 40°C. Após o resfriamento das amostras foram feitas as leituras em absorbâncias em um espectrofotômetro a um comprimento de onda de 765 nm.

3.1.7.2 Preparo do extrato da Amostra

O extrato foi preparado usando 1 g do material in natura triturado e 0,2g para o material desidratado, sendo adicionada uma solução de etanol a 20% aos poucos e macerando o material. Em seguida essa mistura foi submetida a agitação em um shaker da marca solab por um período de 2 h a temperatura ambiente. Após esse tempo foi realizada a filtração obtendo assim um extrato líquido. Sempre tomando os devidos cuidados para manter o material sem a incidência da luz.

3.1.7.3 Determinação de Compostos Fenólicos

Uma alíquota de 125 μL do extrato foi transferida para um tubo de ensaio o qual foi adicionado 2000 μL de água destilada e 125 μL do reagente Folin-Ciocalteu seguido de agitação

em um agitador vortex e deixou-se em repouso por 5 minutos. Após o tempo de reação, foram adicionados 250 μL de carbonato de sódio a 20% (m/v), seguida de uma nova agitação e novamente em repouso em banho Maria a 40°C por 30 min. Deixou-se esfriar as amostras e foi feita a leitura em um espectrofotômetro a 765 nm. A quantificação de fenólicos totais foram expressos em mg EAG /100g de amostra.

3.1.8 Atividade Antioxidante pelo método ABTS

A metodologia para análise da atividade antioxidante pelo método do radical ABTS foi realizada, conforme metodologia descrita por RUFINO et al (2007):

3.1.8.1 Preparo do Radical ABTS

O radical ABTS foi obtido por meio de uma reação entre 88 μL de persulfato de potássio com 5 mL da solução estoque de ABTS, mantidos no escuro por 16 h. Foi retirado 1 mL dessa mistura e diluiu-se em álcool etílico até obter uma absorbância de $0,70 \pm 0,05\text{nm}$ a um comprimento de onda de 734 nm.

3.1.8.2 Curva de Calibração do método ABTS

A curva de calibração foi feita a partir das alíquotas de 30 μL de solução padrão trolox dissolvido em álcool etílico nas concentrações 100 $\mu\text{mol/L}$, 500 $\mu\text{mol/L}$, 1000 $\mu\text{mol/L}$, 1500 $\mu\text{mol/L}$ e 2000 $\mu\text{mol/L}$ com 3 mL do radical ABTS, homogeneizou-se em agitador e fez-se a leitura no comprimento de onda de 734 nm. O branco foi feito com álcool etílico. A curva padrão foi obtida a partir da plotagem de um gráfico, onde no eixo x se tem a concentração da solução de trolox e no eixo y os valores de absorbâncias.

3.1.8.3 Preparo do Extrato do método ABTS

O extrato foi preparado usando 5 g do material in natura e 1,5g do material desidratado, conforme descrito no item 3.1.7.2.

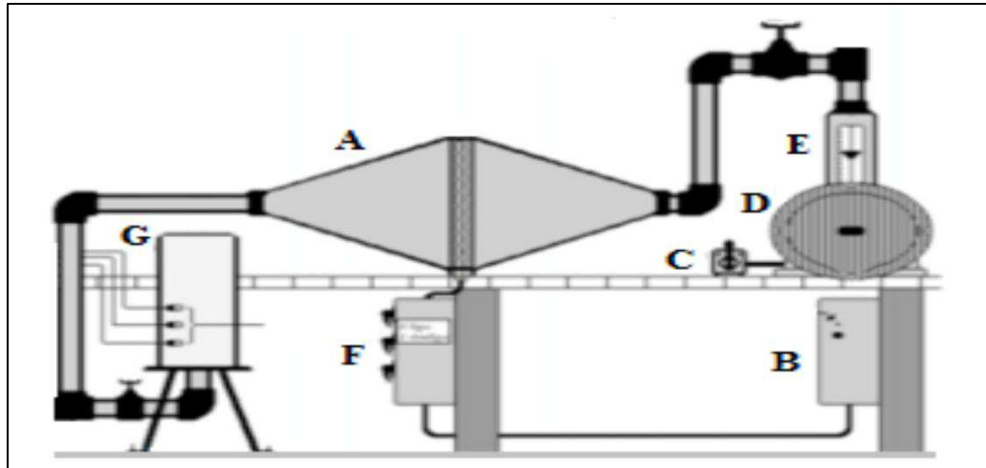
3.1.8.4 Determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS

Foram feitas três diluições distintas do extrato com o solvente etanol a 20%, sem a incidência de luz. Transferiu-se uma alíquota de 30 μ L de cada diluição contida em tubos de ensaios adicionando-se em seguida 3 mL do radical ABTS e homogeneizou-se em agitador vortex. Após a mistura foi esperado um tempo de 6 minutos e foi feita a leitura em absorvância em um espectrofotômetro a um comprimento de onda de 734 nm.

3.2 Etapa 2: Secagem do Quiabo

Os quiabos foram lavados, sanitizados com água clorada na proporção de 1 colher de sopa de água sanitária para cada 1 L de água e fatiados em rodela com faca de aço inox na espessura de 0,5 cm. As rodela foram dispostas em um cesto metálico de alumínio fino e encaminhadas para o secador de leito fixo. A Figura 4 exibe o secador usado:

Figura 4-Secador de Leito Fixo



Legenda: A= Aquecedor, B= Chave do sistema de controle, C= Chave do compressor, D= Compressor radial, E= Medidor de vazão, F= Chave das resistências, G= Câmara de secagem.

Fonte: Adaptado de ARAGÃO (2007).

A câmara de secagem, da Figura 4, é cilíndrica (G) que tem a função de distribuição do ar e possui em seu interior esferas de vidro de mesma dimensão para promover uma distribuição mais uniforme de ar por todo o leito. A câmara de secagem é isolada nas laterais e recoberta com chapa de alumínio e o aquecimento do ar de secagem é feito pelos dispositivos da resistência elétrica (ARAGÃO, 2007). A velocidade do ar foi medida usando um anemômetro digital.

A secagem foi realizada nas temperaturas de 43°C e 65 ° C com uma velocidade do ar de 0,85 m/s. O secador era ligado e se esperava a temperatura estabilizar até atingir o valor desejado. As rodela do quiabo eram distribuídas em uma única camada na bandeja e posta no secador com fluxo de ar passando perpendicularmente pela matéria-prima.

Em intervalos regulares de tempo de 5, 10, 20, 30 e 60 minutos a cada instante a bandeja era retirada para pesagem e retornava rapidamente para o secador para dar continuidade ao processo de secagem. O acompanhamento da redução da umidade do material foi monitorado através de sucessivas pesagens em uma balança analítica com precisão de duas casas decimais até se obter o teor de umidade de equilíbrio. Como forma de acompanhar a temperatura durante a etapa de secagem foi usado um termômetro com intervalos de graduação de 1°C. Os dados da cinética de secagem obtidos nessa etapa foram plotados em gráficos como razão de umidade versus tempo e ajustados os dados usando modelos matemáticos empíricos e fenomenológicos.

3.3 Etapa 3 Caracterização do Quiabo Desidratado

Após a secagem o material foi submetido à moagem em um moinho do tipo MA 048 da marca MARCONI. Feito isso o material foi armazenado em embalagens de polietileno laminado e mantidos dentro de uma caixa de isopor coberta com papel alumínio para proteger as amostras da interferência da luz. Todas as análises supracitadas no item 3.1 da etapa 1 foram realizadas igualmente para o quiabo desidratado.

3.3 Etapa 4: Análise dos Dados Experimentais

Após todos os procedimentos experimentais os dados experimentais foram analisados e dispostos em Tabelas e Gráficos para a realização da discussão dos mesmos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados e discutidos os resultados da pesquisa.

4.1 Dados de caracterização do quiabo in natura

Os resultados da caracterização físico-química, compostos fenólicos e atividade antioxidante para o quiabo in natura estão exibidos na Tabela 5:

Tabela 5-Caracterização do Quiabo In natura

| | Teor de água | Cinzas | pH | Proteína | A.R. | F.B. | CFT | AA-ABTS |
|----------------------------|------------------|-----------------|--------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|---------------------------------------|
| Unidade | (%) | (%) | - | (%) | (gAR/100gamostra) | (%) | (mgEAG/100g) | (μ Mol Trolox /100g amostra) |
| Presente Trabalho | 92,84 \pm 0,1 | 0,62 \pm 0,01 | 5 | 2 \pm 0,3 | 0,94 \pm 0,03 | 2,41 \pm 0,02 | 587 \pm 0,03 | 626,57 |
| Mota et al (2005) | 89,77 a 91,28 | - - | - - | - - | 1,37 a 1,86 | 0,85 a 1,12 | - - | - - |
| Doymaz (2005) | 89,53 \pm 0,5 | - | - | - | - | - | - | - |
| Kumar et al (2014) | 89 | - | - | - | - | - | - | - |
| Sobukola (2009) | 88,24 | - | - | - | - | - | - | - |
| Doymaz (2011) | 88,7 | - | - | - | - | - | - | - |
| Taco (2011) | 90,6 | 0,8 | - | 1,9 | - | - | - | - |
| Coulibaly (2014) | 88,71 \pm 1,57 | - | - | - | - | - | - | - |
| Brito e Araújo (2015) | - | - | - | - | - | - | - | 359,52 \pm 7,99 a 438,71 \pm 8 |
| Famuwera e Olumofin (2015) | 90 \pm 0,01 | - | - | - | - | - | - | - |
| Mir et al (2017) | 84,01 \pm 0,94 | 1,17 \pm 0,10 | - | 2,29 \pm 0,34 | - | - | - | - |
| Jiang et al (2017) | 90,78 \pm 0,09 | - | - | - | - | - | - | - |
| Aamir e Boonsupthip (2017) | 89,90 \pm 0,05 | - | - | - | - | - | - | - |

Legenda: CFT: Compostos Fenólicos Totais; AR: Açúcar Redutor, F.B. Fibra Bruta, pH : potencial hidrogeniônico, AA-ABTS : Atividade Antioxidante pelo método ABTS

O valor do teor de água contido no quiabo in natura foi de 92,84%, próximo ao maior valor encontrado por Mota et al (2005) e Jiang et al (2017).

O valor de cinzas obtido nessa pesquisa foi de 0,62 \pm 0,01%. Esse valor está abaixo do valor encontrado por Taco (2011) e Mir *et al* (2017), indicando assim que o quiabo estudado

na presente pesquisa possui menor teor de sais minerais tais como potássio, sódio, cálcio e magnésio. O parâmetro pH foi 5, não podendo confrontar com os dados de outros autores por não ter até o momento.

Avaliando o teor de proteína presente no quiabo in natura encontrado (2%), pode-se dizer que o mesmo está dentro da faixa encontrada na literatura. Resultados semelhantes foram obtidos por Taco (2011) e Mir *et al* (2017).

Para o teor de açúcar redutor foi encontrado um valor de $0,94 \pm 0,03$ g_{AR}/100g. Entretanto Mota et al (2005) relataram valores superiores de 1,37 a 1,86%.

O teor de fibra bruta obtido foi de $2,41 \pm 0,02\%$ no presente trabalho. Já MOTA et al (2005) relataram valores para fibra bruta de 0,85 a 1,12%.

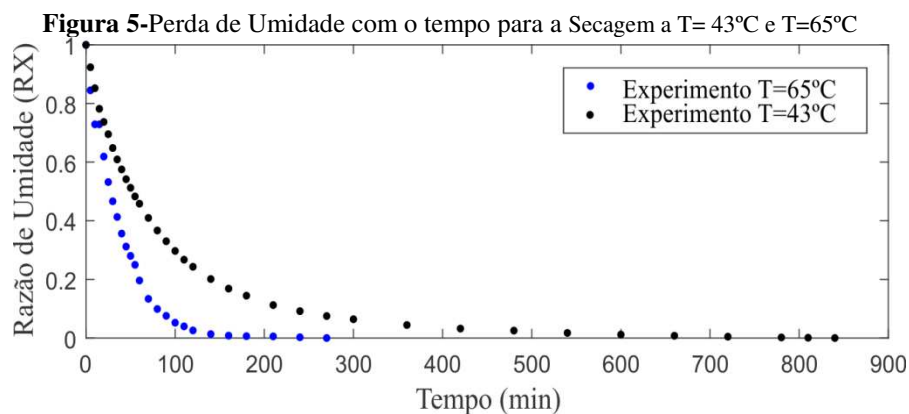
Para o teor de compostos fenólicos totais foi obtido um valor de $587,03 \pm 0,03$ mg EAG/100g. Comparando o teor de compostos fenólicos totais obtido nesse trabalho com outros alimentos, infere-se que o quiabo tem potencial bioativo. Tiveron (2010) obteve valores de $5,2 \pm 0,10$ mgEAG/g (equivalente a 520 mg EAG/100g) para o aspargo; $7,9 \pm 0,25$ mg EAG/g (equivalente a 790 mgEAG/100g) para o brócolis; de $3,9 \pm 0,02$ mg EAG/g (equivalente a 390 mgEAG/100g) para o pepino e de $2,2 \pm 0,31$ mg EAG/g (equivalente a 220 mgEAG/100g) para a vagem.

A atividade antioxidante pelo método ABTS no quiabo in natura nesse trabalho foi de 626,57 μ mol Trolox/100g usando um extrato feito com uma solução hidroalcoólica a 20%. Brito e Araújo (2015) analisaram o quiabo in natura e obtiveram uma atividade antioxidante pelo método ABTS de $438,71 \pm 8$ até $359,52 \pm 7,99$ μ mol TEAC/100g. Contudo esses autores não citaram qual foi o solvente usado na preparação do extrato.

A etapa principal na análise de antioxidante é o processo de extração. Todavia os processos de extração de compostos antioxidantes dependem da estrutura do alimento, que pode ser complexa, da seletividade e do composto a ser identificado e quantificado. As maiores dificuldades dessa análise recai na complexidade da matriz do material, preparo da amostra e a técnica de extração (FERREIRA, 2015).

4.2 Curva da Cinética de secagem para as temperaturas de 43°C e 65°C

A Figura 5 apresenta o gráfico da perda de umidade com o tempo referente aos experimentos de secagem realizados a $T=43^{\circ}\text{C}$ e $T=65^{\circ}\text{C}$. Os ensaios foram realizados com repetição para dar mais confiabilidade aos resultados experimentais. A velocidade do ar foi mantida constante em torno de 0,85 m/s.



De acordo com a Figura 5 percebe-se que a secagem conduzida a uma temperatura mais alta é mais rápida quando comparada a secagem realizada a uma temperatura menor. Esses resultados retificam que a temperatura é um parâmetro de significativa influência durante o processo de secagem.

Observando a Figura 5 é perceptível que a secagem é mais rápida no período inicial, isso ocorre devido a maior quantidade de água disponível na superfície do material proveniente do transporte de água do interior do material para a superfície. À medida que o processo de secagem evolui a perda de umidade torna-se mais lenta. Este fato pode ser explicado pela resistência do meio poroso, devido à redução da permeabilidade dificultando a remoção de água e a difusão passa a ser o fenômeno físico que governa o transporte de umidade no material (DOYMAZ, 2005; DOYMAZ, 2011).

Nesse momento há uma grande dificuldade em remover o teor de água presente no material e também ocorre uma tendência ao equilíbrio. Esse período é responsável pelo maior tempo de secagem. Afolabi (2014) relata que o encolhimento no material provocado pela secagem vai dificultando a perda de água ao longo do processo.

Pode-se ver que a secagem independente da temperatura utilizada ocorre com uma perda de umidade decrescente. Comportamento semelhante foi obtido por Doymaz (2005), Sobukola (2009), Doymaz (2011), Wankhade (2013) e Afolabi (2014) ao realizarem a secagem do quiabo.

4.3 Ajustes das Curvas de Cinética de secagem usando modelos empíricos

Os modelos empíricos que foram aplicados foram o Modelo de Page, o Logarítmico, o de Henderson & Pabis e o de Newton. Os coeficientes das equações dos modelos empíricos foram estimados empregando regressão não-linear.

Nas Figuras 6 e 7 estão representados o comportamento da razão de umidade com o tempo para o processo de secagem a 43°C e 65°C usando o modelos empírico de Page.

Figura 6-Comportamento da Razão de Umidade com o tempo segundo o modelo de Page a T=43°C

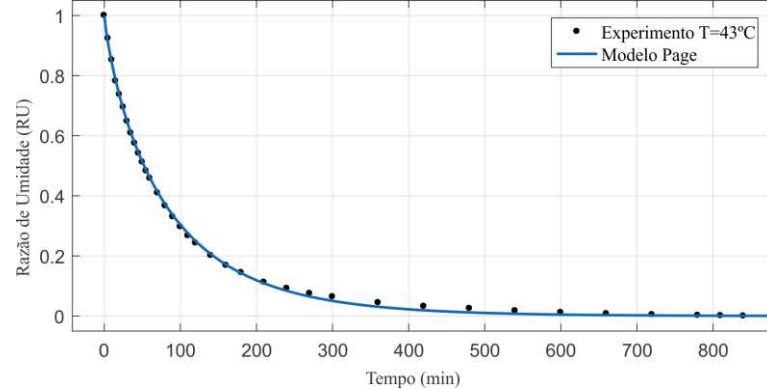
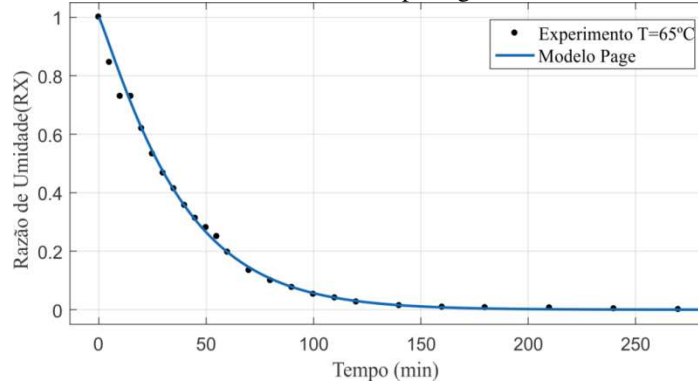


Figura 7- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo de Page a T=65 ° C



Pelas Figuras 6 e 7 percebe-se que o modelo de Page fornece um bom ajuste para os dados experimentais da secagem realizada a temperatura de 43°C e 65°C. Todavia, é por meio dos menores valores da soma dos quadrados dos desvios (SSE) e da raiz quadrada da média dos desvios (RMSE) e coeficiente de correlação (R^2), exibidos na Tabela 6, que se comprova qual modelo proporciona um melhor ajuste para os dados experimentais.

As Figuras 8 e 9 apresentam o comportamento da razão de umidade usando o modelo logarítmico para os experimentos de $T=43^{\circ}\text{C}$ e $T=65^{\circ}\text{C}$, respectivamente:

Figura 8-Comportamento da razão de umidade versus tempo segundo o modelo logarítmico a $T=43^{\circ}\text{C}$

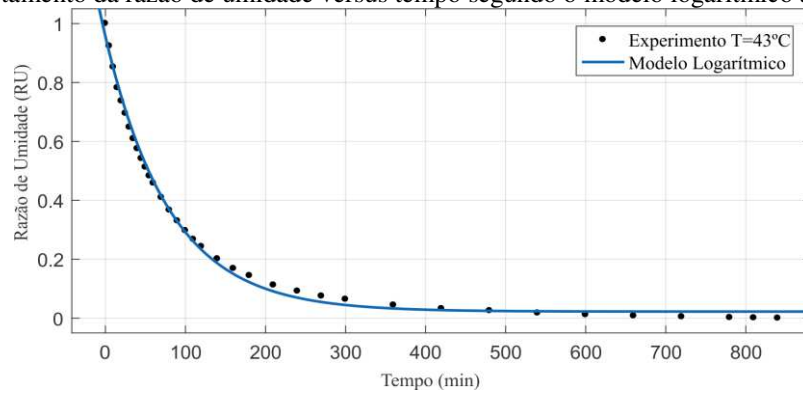
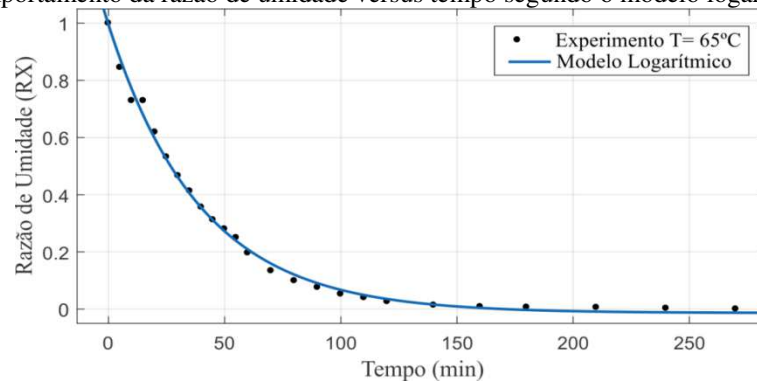


Figura 9- Comportamento da razão de umidade versus tempo segundo o modelo logarítmico a $T=65^{\circ}\text{C}$



Observando as Figuras 8 e 9, se tem que o modelo logarítmico fornece um bom ajuste aos dados experimentais. Todavia quando se compara o modelo Logarítmico com o modelo de Page se tem que para a temperatura de 43°C alguns pontos ficam fora da curva.

As Figuras 10 e 11 exibem o comportamento da razão de umidade com o tempo para as temperaturas de 43°C e 65°C para o modelo de Henderson & Pabis:

Figura 10- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Henderson & Pabis a $T=43^{\circ}\text{C}$

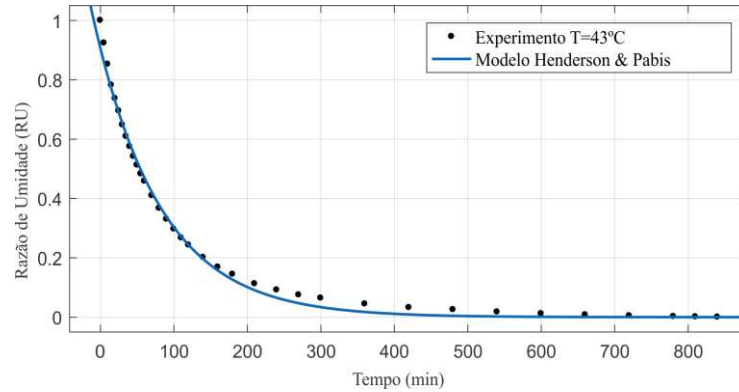
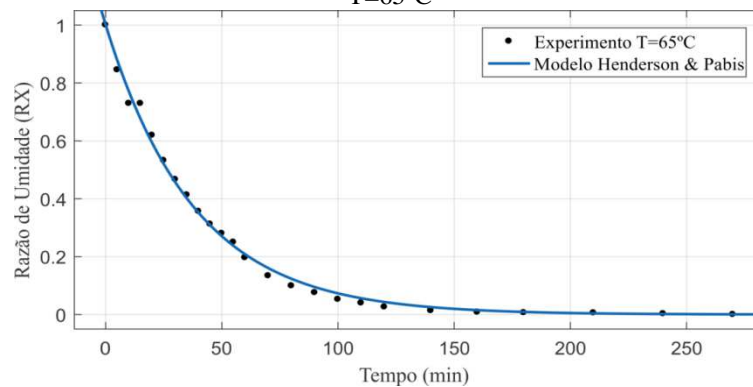


Figura 11- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Henderson & Pabis a $T=65^{\circ}\text{C}$



Observa-se o mesmo comportamento exibido nas figuras 8 e 9 para as Figuras 10 e 11 referentes ao modelo de Henderson & Pabis.

As Figuras 12 e 13 mostram o comportamento das curvas cinéticas usando o modelo de Newton:

Figura 12- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Newton a $T=43^{\circ}$

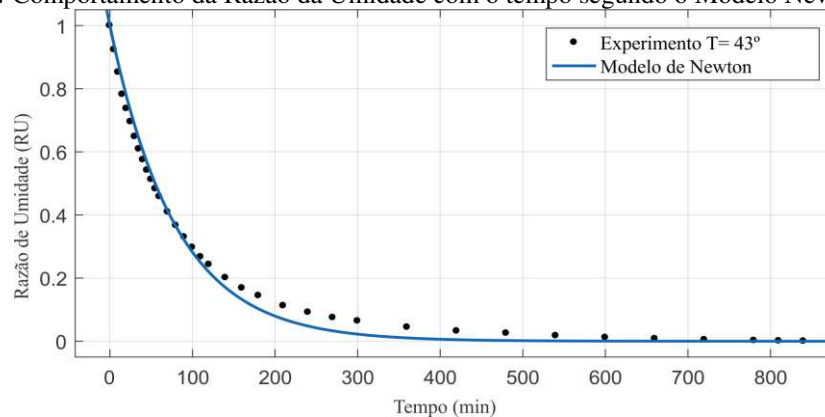
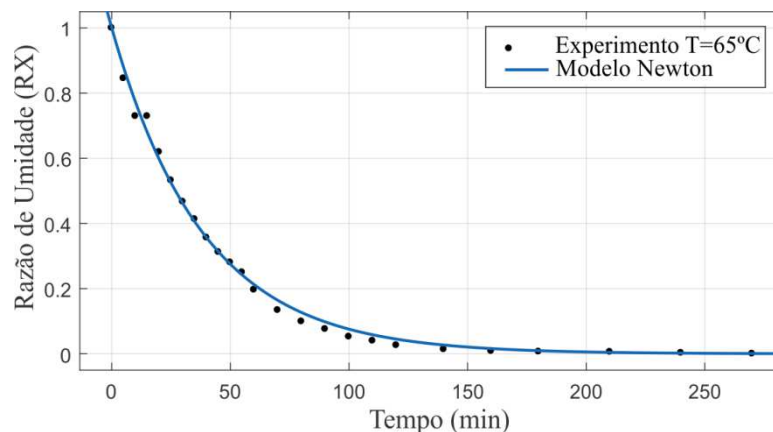


Figura 13- Comportamento da Razão da Umidade com o tempo segundo o Modelo Newton a $T=65^{\circ}\text{C}$



Comparando os gráficos das Figuras 12 e 13 para o modelo de Newton em relação os outros modelos percebe-se uma maior quantidade de pontos fora da curva, isso é um indicativo de que esse modelo não fornece um ajuste tão bom quanto os outros, principalmente para a temperatura de 43°C. Vale salientar que apenas observando visualmente os gráficos exibidos anteriormente não são suficientes para mostrar qual o modelo empírico de melhor ajuste, sendo necessário avaliar os valores dos coeficientes de correlação (R^2), raiz quadrada da média dos desvios (RMSE) e soma dos quadrados dos desvios (SSE).

A Tabela 6 mostra os parâmetros estimados dos modelos empíricos bem como os valores dos coeficientes de correlação (R^2) e os valores dos quadrados dos desvios (SSE) e da raiz quadrada da média dos desvios (RMSE):

Tabela 6- Estimativa dos Parâmetros dos Modelos Empíricos de Secagem

| Modelo | T | A | c | k | N | R^2 | SSE | RMSE |
|-------------------|------|-----------------|------------------|-------------------|-------------------|--------|-------|-------|
| Page | 43°C | - | - | $0,03 \pm 0,03$ | $0,84 \pm 0,020$ | 0,9995 | 0,002 | 0,007 |
| | 65°C | - | - | $0,088 \pm 0,097$ | $1,101 \pm 0,017$ | 0,9995 | 0,012 | 0,007 |
| Logarítmico | 43°C | $0,94 \pm 0,03$ | $-0,02 \pm 0,02$ | $0,012 \pm 0,002$ | - | 0,9971 | 0,010 | 0,017 |
| | 65°C | $1,01 \pm 0,04$ | $-0,01 \pm 0,02$ | $0,025 \pm 0,002$ | - | 0,996 | 0,008 | 0,020 |
| Henderson & Pabis | 43°C | $0,91 \pm 0,03$ | - | $0,011 \pm 0,025$ | - | 0,9965 | 0,011 | 0,018 |
| | 65°C | $1 \pm 0,041$ | - | $0,026 \pm 0,002$ | - | 0,9955 | 0,010 | 0,021 |
| Newton | 43°C | - | - | $0,013 \pm 0,001$ | - | 0,9922 | 0,026 | 0,027 |
| | 65°C | - | - | $0,026 \pm 0,001$ | - | 0,9953 | 0,010 | 0,021 |

Legenda: T = temperatura; a, c, n = constantes dos modelos; k = constante de secagem, R^2 = Coeficiente de correlação, SSE = Soma dos quadrados dos desvios; RMSE = Raiz Quadrada da média dos desvios.

Pela Tabela 6, percebe-se que para a temperatura de 43°C o modelo que forneceu melhor ajuste para a cinética de secagem conduzida a temperatura de 43°C foi o modelo de Page, isso fica claro ao se observar o R^2 e os menores valores de SSE e RMSE. Já para a temperatura de 65°C embora o R^2 para o modelo de Page seja levemente maior que o R^2 para o modelo

logarítmico. Este último tem menores valores de SSE e RMSE, logo o modelo Logaritmico foi o mais adequado para descrever a cinética de secagem do quiabo na $T=65^{\circ}\text{C}$ na presente pesquisa.

Doymaz (2005) também obteve que o modelo de Page proporcionou o melhor ajuste quando realizou a secagem do quiabo a 50°C , 60°C e 70°C e uma velocidade do ar de 1m/s . Todavia o autor constatou que tanto o modelo de Page quanto o modelo exponencial se ajustaram aos dados experimentais. Dadali et al (2007) aplicou a técnica de secagem por micro-ondas no quiabo e obteve que o modelo de melhor ajuste para a cinética de secagem foi o modelo de Page.

Sobukola (2009) obteve que os modelos de Page, Page modificado e Wang e Singh são adequados para descrever a cinética de secagem do quiabo nas temperaturas de $50,60$ e 70°C usando secador convencional com uma velocidade do ar de $1,5\text{m/s}$. Outros autores obtiveram modelos divergentes na cinética de secagem do quiabo, a exemplo: Doymaz (2011) obteve que o modelo de melhor ajuste foi o modelo de Midilli; Afolabi (2014) obteve que o modelo de melhor ajuste para a cinética de secagem foi o modelo logarítmico; Famuwera e Olumofin (2015) realizaram a secagem do quiabo a temperatura de $40, 50$ e 60°C com velocidade do ar a $1,68\text{m/s}$ obtiveram que o modelo de melhor ajuste foi o de Page Modificado.

Observando a constante k de secagem para os modelos observa-se que para todos os modelos essa constante aumenta com o acréscimo da temperatura. Conforme MADAMBA (1996) a partir constante k pode-se inferir o efeito da temperatura e também a relação entre coeficiente de difusividade efetivo e ao processo de difusão.

4.4 Aplicação do modelo fenomenológico para as temperaturas de 43°C e 65°C

O modelo fenomenológico mais usado é dado pela Segunda Lei de Fick. Nesse caso foi considerado que a difusividade efetiva é constante e que o encolhimento é desprezível. A partir dos dados experimentais de secagem da razão de umidade versus tempo e fazendo uso da Equação 5 foi aplicado logaritmo natural (ln) para a razão de umidade (RU) e plotou-se um gráfico ln versus tempo, o gráfico fornece uma reta cuja inclinação se pode calcular o coeficiente de difusividade efetivo, mostrado na Tabela 7:

Tabela 7-Coeficiente de Difusividade Efetivo (D_{eff})

| | T (°C) | D_{eff} (m ² /s) | R ² | Dias de Maturação |
|---------------------|--------|-------------------------------|----------------|-------------------|
| Presente Trabalho | 43 | $9,16 \times 10^{-8}$ | 98,5% | - |
| | 65 | $2,16 \times 10^{-7}$ | 98,2% | - |
| Madamba (1996) | - | 1×10^{-11} | 97% a | - |
| | - | 1×10^{-9} | 99% | - |
| Doymaz (2005) | 50 | $4,27 \times 10^{-10}$ | - | - |
| | 60 | $7,76 \times 10^{-10}$ | - | - |
| | 70 | $1,30 \times 10^{-9}$ | - | - |
| Sobukola (2009) | 50 | $7,13 \times 10^{-9}$ | - | - |
| | 60 | $7,36 \times 10^{-9}$ | - | - |
| | 70 | $0,117 \times 10^{-9}$ | - | - |
| Doymaz (2011) | - | $1,52 \times 10^{-11}$ | - | - |
| | 60 | $1,38 \times 10^{-10}$ | - | 2 |
| Honoré et al (2014) | 60 | $6,09 \times 10^{-11}$ | - | 3 |
| | 60 | $1,23 \times 10^{-11}$ | - | 4 |
| | 60 | $8,98 \times 10^{-11}$ | - | 5 |
| | 60 | $8,98 \times 10^{-11}$ | - | 5 |
| | 60 | $1,05 \times 10^{-11}$ | - | 7 |
| Afolabi (2014) | - | $3,29 \times 10^{-10}$ | 99,6% | - |
| | - | $3,86 \times 10^{-10}$ | 98,7% | - |
| | - | $4,76 \times 10^{-10}$ | 99,5% | - |

Legenda: D_{eff} = coeficiente de difusividade efetivo, T=temperatura, R²= Coeficiente de correlação.

Comparando os coeficientes de difusividade efetivos obtidos no presente trabalho apresentados na Tabela 7, percebe-se que houve um aumento desse parâmetro para a temperatura mais alta. Esse comportamento também foi observado por Doymaz (2005), Sobukola (2009) e Afolabi (2014). Isso ocorre porque o coeficiente de difusividade efetivo representa a velocidade com que a água migra do interior do material para a superfície.

4.5 Dados de caracterização do quiabo desidratado

A Tabela 8 exibe a caracterização do quiabo desidratado:

Tabela 8- Caracterização do Quiabo desidratado

| | T | Teor de água | Cinzas | pH | Proteína | A.R. | F. B. | CFT | AA-ABTS |
|----------------------------|------|---|------------|------|-----------|--------------------|---------------|-------------------------|------------------------------|
| Unidade | (°C) | (%) | (%) | - | (%) | (gAR/100g amostra) | (%) | (mg EAG/100g) | (µ Mol Trolox /100g amostra) |
| Presente Trabalho | 43 | 15,99±0,01 | 7,11± 0,01 | 6,42 | 15,17±0,1 | 11,02±0,1 | 16,62±0,2 | 2013,33±0,02 | 3404,83 ± 0 |
| | 65 | 14,10± 0,1 | 6,57± 0,05 | 6,32 | 16,91±0,6 | 16,91± 0,6 | 15,44± 0,7 | 2206,43±0,02 | 3121,32±207,57 |
| Pendre et al (2012) | 60 | - | - | | 18 | - | - | - | - |
| Ahiakpa et al (2013) | - | - | - | | - | - | - | 801 a 2580 ^a | - |
| | - | - | - | | - | - | - | 682 a 6322 ^b | - |
| Coulibaly (2014) | - | 14 a 16,4 ^c | - | | - | - | - | - | - |
| | - | 14 a 18,6 ^d 9,6 a 11,4 ^e | - | | - | - | - | - | - |
| Brito e Araújo (2015) | 50 | - | - | | - | - | - | 3370,55±68,58 | 1718,03±72 a |
| | | - | - | - | - | - | 7315,48±66,99 | 2495±24,02 | |
| Famuwera e Olumofin (2015) | 40 | 13±0,01 | 13,47±0,59 | | 24,54±0,1 | - | 15,17±0,21 | - | - |
| | 50 | 12,50±0,01 | 11,42±0,01 | | 21,2 ±0,1 | - | 12,86±0,1 | - | - |
| | 60 | 10±0,01 | 11,11±0,01 | | 17,28±0,1 | - | 11,72±0,1 | - | - |
| Mir et al (2017) | 60 | 7,34±0,47 | 9,61± 0,36 | | 14,49 | - | - | - | - |
| | 70 | - | - | | - | - | - | 851 ^f | - |
| Jiang et al (2017) | - | - | - | | - | - | - | 1033 ^g | - |
| | - | - | - | | - | - | - | 1099 ^h | - |
| | - | - | - | | - | - | - | 1159 ⁱ | - |

Legenda: CFT: Compostos Fenólicos Totais; AR: Açúcar Redutor, F.B.: Fibra Bruta, pH :potencial hidrogeniônico, AA-ABTS: Atividade Antioxidante pelo método ABTS, T :Temperatura, ^a valor determinado usando extrato alcoólico em amostra liofilizada, ^bvalor determinado usando extrato aquoso em amostra liofilizada, ^c amostra comercial seca na forma de pó, ^d amostra comercial seca na forma inteira, ^e amostra comercial seca a 45°C por 3dias, ^f amostra desidratada a 70°C, ^g amostra desidratado a vácuo por microondas, ^h amostra liofilizado e desidratado a vácuo por microondas, ⁱ amostra liofilizada.

O teor de água obtido no quiabo desidratado apresentou uma redução de 82,78 % para a temperatura de 43°C e uma diminuição de 80,66% para a temperatura de 65°C em relação ao teor de água no quiabo in natura. O valor do teor de água do quiabo encontra-se próximo aos valores da literatura, com exceção do valor obtido por Mir et al (2017).

O valor de cinzas obtido no quiabo desidratado à temperatura de 43°C e de 65°C apresentou um valor muito superior quando comparado ao valor de cinzas presente no quiabo in natura. Essa concentração de cinzas no material desidratado deve-se ao fato de que ao realizar a secagem ocorre a diminuição do teor de água e conseqüentemente concentração dos nutrientes. O teor de cinzas presente no quiabo desidratado encontrado nesse trabalho está mais próximo ao valor de Mir et al (2017).

Comparando o teor de proteína do quiabo desidratado obtido nesse trabalho esses valores estão próximos aos resultados de autores como Mir et al (2017), Famuwera e Olumofin (2015) ;Pendre et al (2012) que realizaram secagem a 60°C.

Na Literatura não foi encontrado autores que tivesse determinado o teor de açúcar redutor no quiabo desidratado. Para fibra bruta foi encontrado no presente trabalho um valor de $16,62 \pm 0,2\%$ a temperatura de 43°C e de $15,44 \pm 0,7\%$ para a temperatura de 65°C. Esses valores estão próximos aos valores obtidos por Famuwera e Olumofin (2015) que obtiveram valores de fibra bruta de $15,17 \pm 0,21\%$ para amostra de quiabo seco a 40°C.

O teor de compostos fenólicos totais no quiabo desidratado foram superiores em relação ao quiabo in natura. No presente trabalho o valor de CFT para as temperaturas estudadas estão próximos do resultado de Ahiakpa et al (2013) que obtiveram um resultado de 25,83 mgEAG/g (equivalente a 2583mgEAG/100g). Variações no teor de compostos fenólicos no quiabo desidratado podem ser atribuídas ao método de secagem e a temperatura.

Comparando a atividade antioxidante no quiabo in natura e no quiabo desidratado a secagem promoveu um aumento no potencial antioxidante. Segundo FERREIRA (2015) dependendo da temperatura usada durante a secagem pode ocorrer mudanças nas características organolépticas e atividade antioxidante de frutos e vegetais, por causa da volatilização de compostos aromáticos, oxidação de vitaminas e geração de compostos químicos com potencial antioxidante reduzido, inalterado ou superior como é o caso dos produtos oriundo das reações de Maillard que podem resultar em aumento da atividade antioxidante (FERREIRA, 2015).

Na literatura Brito e Araújo (2015) quantificaram a atividade antioxidante pelo método ABTS encontrando um valor inferior ao obtido na presente pesquisa. Contudo o autor não especifica o tipo de solvente usado na preparação do extrato usado na análise. Divergências desses resultados podem ser atribuídas ao tipo de solvente e diferenças nas metodologias de análise e as variações de cultivo e maturação do quiabo.

5. CONCLUSÕES e SUGESTÕES

5.1 CONCLUSÕES

- A caracterização do quiabo in natura permitiu conhecer o perfil físico-químico do material
- Houve uma concentração de todos os nutrientes no quiabo desidratado; o que evidencia que a secagem é uma técnica viável para processar o quiabo;

- Ocorreu uma redução de 82,78 % para o teor de água a secagem de $T= 43^{\circ}\text{C}$ e uma diminuição de 80,66% no teor de água para a $T= 65^{\circ}\text{C}$ em relação ao teor de água no quiabo in natura
- Para as duas temperaturas de secagem estudadas nesse trabalho, os resultados das características avaliadas não diferem tanto.
- Para a temperatura de 43°C o modelo de Page foi o mais adequado ($R^2=99,95\%$, $\text{SSE}= 0,002$ e $\text{RMSE}= 0,0007$) e para a temperatura de 65°C o modelo Logarítmico forneceu melhor ajuste ($R^2=99,6\%$, $\text{SSE}=0,008$ e $\text{RMSE}=0,020$)
- A aplicação do modelo fenomenológico forneceu um valor de $D_{\text{eff}} = 9,16 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ ($R^2=98,5\%$) para a temperatura de 43°C e um $D_{\text{eff}} = 2,16 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ ($R^2=98,2\%$) para 65°C

5.2 SUGESTÕES

- Realizar o mesmo trabalho usando outras técnicas de processamento de alimentos, como a secagem em estufa, liofilização, entre outras;
- Obter uma formulação alimentícia a partir do quiabo desidratado e realizar uma análise sensorial;
- Estimar atividade antioxidante usando solventes e métodos diferentes;
- Identificar os compostos fenólicos totais presente no quiabo usando um sistema de cromatografia líquida de alta eficiência acoplada ao espectro de massa e uma matriz de diodo;
- Estimar o teor de flavonoides presentes no quiabo antes e após o processamento;
- Quantificar o teor de clorofila contido no quiabo antes e após o processamento

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

AAMIR, M; BOONSUPTHIP, W. **Effect of microwave drying on quality kinetics of okra.** J Food Sci Technol, 2017.

ADEKIYA, A. O.; AGBEDE, T. M.; ABOYEJI, C.M. **Response of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) and soil properties to different mulch materials in different cropping seasons.** *Scientia Horticulturae*, n° 217, pg. 209–216, 2017.

ADETUY, F.O.; IBRAHIM, T.A. **Effect of Fermentation Time on the Phenolic, Flavonoid and Vitamin C Contents and Antioxidant Activities of Okra (*Abelmoschus esculentus*) Seeds.** *Nigerian Food Journal Official Journal of Nigerian Institute of Food Science and Technology* www.nifst.org NIFOJ v. 32, n°. 2, pg.128–137, 2014.

AFOLABI, T. J. **Thin Layer Drying Kinetics and Modelling of Okra (*Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench) Slices under Natural and Forced Convective Air Drying.** *Food Science and Quality*, v.28, 2014.

AHIAKPA, J.K.; QUARTEY, E.K.; AMOATEY, H.M.; KLU, G.Y.P.; ACHEL, D.G.; ACHORIBO, E.; AGBENYEGAH, S. **Total Flavonoid, phenolic contents and antioxidant scavenging activity in 25 accessions of okra (*Abelmoschus spp L.*).** *African Journal of Food Science and Technology* (ISSN: 2141-5455) v. 4, pg. 129-135, May, 2013.

ALU'DATT, M.; RABABAH, T.; ALHAMAD, M. N.; ALMAHASNEH, M.; ALMAJWAL, A.; GAMMOH, S.; EREIFEJ, K.; JOHARGY, A.; ALLI, I. **A review of phenolic compounds in oil-bearing plants: Distribution, identification and occurrence of phenolic compounds.** *Food Chemistry*, n° 218, pg 99–106, 2017.

ARAGÃO, R.F. **Secagem de fatias de caju (*anacardium occidentale l.*) em secador de bandejas.** Doutorado (Engenharia de Processos). Universidade Federal de Campina Grande. Campina Grande, PB, 2007.

ARANHA, S. de A. **Mosaico do Quiabeiro: Etiologia, Caracterização Molecular e Biológica e diversidade Genética do Patógeno.** Dissertação (Mestrado em Fitopatologia). Universidade de Brasília. Brasília. 2008.

ARAPITSAS, p. **Identification and quantification of polyphenolic compounds from okra seeds and skins.** Food Chemistry, v. 110, pg.1041–1045, 2008.

AYUSHI, T.; DUBEY, P.; GUPTA S K, GEETA, W. **Screened Phytochemicals of *A. esculentus* Leaves and their Therapeutic Role as an Antioxidant.** International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research ; v. 8; pg.1509-1515, 2016.

BELMIRO, T. M. C.; PEREIRA, C. F.; PAIM, A. P. S. **Red wines from South America: Content of phenolic compounds and chemometric distinction by origin.** Microc (2017), doi: 10.1016/j.microc. 2017.03.018. 2017.

BRITO, M. M. de; ARAÚJO, R. S. M.; **Determinação do Conteúdo de Fibras Alimentares, Fenólicos Totais, Vitamina C e Atividade Antioxidante no Fruto e na Farinha do Quiabo (*Hibiscus Esculentos L.*).** Universidade Federal do Piauí (2015), 2015.

CALUÊTE, M.E.E.; SOUZA, L.M.P. de S.; FERREIRA, E. dos S.; FRANÇA, A.P. de F.; GADELHA, C. A. de A.; AQUINO, J. de S.; SANTI-GADELHA, T. **Nutritional, antinutritional and phytochemical status of okra leaves (*Abelmoschus esculentus*) subjected to diferente processes.** African Journal of Biotechnology, v. 14, pg.683-687, 2015.

COULIBALY, K.J. 2014. **Microbiological and nutritional quality of dried okra sold in abidjan markets.** Intenational Journal of Scienc and Technology. AGBO AE et al, The Experiment, Vol.23, (2),1585-1600, 2014.

CRANK, J. **The Mathematics of diffusion.** 2ª Edição, 1975.

CRUZ, W.F. da. **Estudo Da Secagem Do Bagaço De Uva Visando À Sua Utilização Como Ingrediente Na Formulação De Barras De Cereais.** Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Minas Gerais, 2013.

DADALI, G; APAR; D. K; ÖZBEK; B. **Microwave Drying Kinetics of Okra.** Drying Technology: An International Journal, v. 25, pg. 917-924, 2007.

DEFRAEYE, T., VERBOVEN, P., **Convective drying of fruit: Role and impact of moisture transport properties in modelling.** *Journal of Food Engineering*, 2016.

DIMOPOULOU, M.; RITZOULIS, C.; PANAYIOTOU, C. **Surface characterization of okra hydrocolloid extract by inverse gas chromatography (IGC).** *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, 2014.

DOYMAZ, I. **Drying characteristics and kinetics of okra.** *Journal of Food Engineering* n° 69, pg. 275–279, 2005.

DOYMAZ, I. **Drying of Green Bean and Okra Under Solar Energy.** *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, v. 17, pg.199–205, 2011.

DUBEY, P.; MISHRA, S. **A review on: Diabetes and okra (*Abelmoschus esculentus*).** *Journal of Medicinal Plants Studies*; 5(3): pg 23-26, 2017.

ESAN, A.M.; MASIBI, K., DADA, F. A., OLAIYA, C. O. **Comparative effects of indole acetic acid and salicylic acid on oxidative stress marker and antioxidant potential of okra (*Abelmoschus esculentus*) fruit under salinity stress.** *Scientia Horticulturae*, v. 216, pg. 278–283, 2017.

FAMUREWA J. A. V.; OLUMOFIN, K. M. **Drying kinetics and influence on the chemical characteristics of dehydrated okra (*Abelmoschus esculentus*) using cabinet dryer.** *European Journal of Engineering and Technology*, v.3, n. 2, 2015.

FELLOWS, P.J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: Princípios e Prática.** 2ª edição, Porto Alegre. Artmed, 2006.

FERREIRA, R.L. **Avaliação dos Processos de Secagem e de Extração de compostos Antioxidantes em Farinha de Resíduos de Frutas e Hortaliças.** Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição). Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

GAVA, A. J. **Princípios da Tecnologia de Alimentos**. Nobel. São Paulo, 1984.

GEMEDE, H.G., RATTA, N.; HAKI, G.D.; WOLDEGIORGIS, A.Z.; BEYENE, F. **Nutritional quality and health benefits of okra (*Abelmoschus esculentus*): A review**. American Journal of Food Science and Nutrition; v.30, 2015.

GEMEDE, H.G., RATTA, N; HAKI, G.D.; WOLDEGIORGIS, A.Z.; BEYENE, F. **Nutritional Quality and Health Benefits of Okra (*Abelmoschus esculentus*): A Review**. Food Science and Quality Management, v.33, 2014.

HELENO, S.A.; MARTINS, A.; QUEIROZ, M.J. R.P.; FERREIRA, I.C.F.R. **Bioactivity of phenolic acids: Metabolites versus parent compounds: A review**. Food Chemistry v.173, pg 501–513. 2015.

HONORÉ, O.K., FRANÇOIS,Z; RAGUILIGNABA,S; ABOUBCAR,T; HÉLENE; D.**Characterization of Okra Convective Drying, Influence of Maturity**. *Food and Nutrition Sciences*, v. 5, pg. 590-597.

HUSSAIN,M.; KAMRAN,M.; SINGH,K.; ZOUHAR,M.; RYSANEK,P.; ANWAR,S.A. **Response of selected okra cultivars to *Meloidogyne incognita***. Crop Protection, n° 82, pg. 1-6, 2016.

IAL. Instituto Adolfo Lutz (São Paulo). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4º edição, 1º edição digital, 2008.

JIANG, N., ZHANG, Z., LI, D., LIU, C., ZHANG, M., LIU, C., WANG, D., NIU, L., **Evaluation of freeze drying combined with microwave vacuum drying for functional okra snacks: Antioxidant properties, sensory quality, and energy consumption**,*LWT - Food Science and Technology*,2017.

JORGE, A. **Avaliação Comparativa Entre Processos De Secagem Na Produção De Tomate Em Pó**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Ponta Grossa, 2014.

KALINOWSKA, M.; BIELAWSKA, A.; LEWANDOWSKA-SIWKIEWICZ, H.; PRIEBE, W.; LEWANDOWSKI, W. **Apples: Content of phenolic compounds vs. variety, part of apple and cultivation model, extraction of phenolic compounds, biological properties**. *Plant Physiology and Biochemistry*, nº 84, pg. 169-188, 2014.

KARAM, M.C., PETIT, J., ZIMMER, D., BAUDELAIRE DJANTOU, E., SCHER, J., **Effects of drying and grinding in production of fruit and vegetable powders: A review**, *Journal of Food Engineering*, 2016.

KODANDARAM, M.H. , KUMAR,Y.B.,BANERJEE,K.; HINGMIRE,S.; RAI,A.B.; SINGH,B. **Field bioefficacy, phytotoxicity and residue dynamics of the insecticide flonicamid (50 WG) in okra [*Abelmoschus esculenta (L)Moench*]**.*CropProtection* , v.94, pg 13 -19, 2017.

KUMAR, D; PRASAD,S; MURTHY;G.S. **Optimization of microwave-assisted hot air drying conditions of okra using response surface methodology**. *J Food Sci Technol* February, 51(2), 221–232 . 2014 . DOI 10.1007/s13197-011-0487-9

LOUSINIAN, S; DIMOPOULOU, M; PANAYIOTOU, C. RITZOULIS. **Self-assembly of a food hydrocolloid: The case of okra mucilage**. *Food Hydrocolloids*, 2016.

LUIZ, M.R. **Estudo Teórico e Experimental de Secagem de Tomate (*Lycopersicon esculentus*)**. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa, Paraíba, 2012.

- MADAMBA, P. S ; DRISCOLL, R.H; BUCKLE, K. A. **Thin-layer drying characteristics of garlic slices**. Journal of Food Engineering, v.29, pg.75-97, 1996.
- MAGALHÃES,S. C. Q.; TAVEIRA, M.T.; CABRITA,A. R. J.; FONSECA,A. J. M.; VALENTÃO,P.; ANDRADE,P. B. **European marketable grain legume seeds: Further insight into phenolic compounds profiles**. Food Chemistry, n° 215, pg.177–184, 2017.
- MÉNDEZ-LAGUNAS, L., RODRÍGUEZ-RAMÍREZ, J., CRUZ-GRACIDA, M., SANDOVAL-TORRES, S., BARRIADA-BERNAL, G., **Convective drying kinetics of strawberry (*Fragariaananassa*): effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content**,*Food Chemistry*, 2017.
- MILLER, G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar**. Analytical Chemistry, v.31, pg. 426-428, 1959.
- MIR, T.A; BOKED, R. H; WANE, N. A; LONE, M. A; B, P .A. **Investigating Fresh and Dried Okra (*Hibiscus Esculentus*) for their Physico-Chemical and Antioxidant Properties: A Comparative Study**. International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), v. 5, n°5, 2017.
- MOLFETTA, I; CECCARINI, L.; MACCHIA,M.; FLAMINI,G.; CIONI, P.L. ***Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.and *Abelmoschus moschatus* Medik: Seeds production and analysis of the volatile compounds**. Food Chemistry, v.141, pg 34–40, 2013.
- MOTA, W.F. de; FINGER, F. L.; SILVA, D.J.H. da S.; CORRÊA, P.C.; FIRME, L. P.; NEVES, L.L. de M. **Caracterização físico-química de frutos de quatro cultivares de quiabo**. Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.3, p.722-725, 2005.
- NASCIMENTO, E.S. do. **Obtenção do Hidrolisado proteico de sementes de quiabo *Abelmoschus esculentus* (L) Moench e sua capacidade antioxidante**. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia). Universidade Federal de João Pessoa (UFPB). João Pessoa, Paraíba. 2015

OETTERER, M.; REGITANO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M.H.F. **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Barueri, São Paulo. Manole, 2006.

OLIVEIRA, K. N.; QUEIROZ, V. A. V.; CARLOS, L DE A.; CARDOSO, L. DE M.; PINHEIRO- SANT'ANA; ANUNCIAÇÃO, P. C.; MENEZES, C.B. de ; SILVA, E.C. DA; BARROS, F. **Effect of the storage time and temperature on phenolic compounds of sorghum grain and flour**. Food Chemistry, n° 216, pg. 390–398, 2017.

PARK, K. J; PARK, K. J; ALONSO, F. T.L; CORNEJO, F.E.P; FABBRO,I.M.D. **Secagem: Fundamentos e equações**. Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.16, p.93-127, 2016.

PENDRE, N.K.; NEMA, P. K.; SHARMA, H. P.; RATHORE, S. S.; KUSHWAH. **Effect of drying temperature and slice size on quality of dried okra (*Abelmoschus esculentus* (L. Moench))**. J FoodSci Technol (May–June), v. 49, pg 378–381, 2012.

ROY, A., SHRIVASTAVA, S.L., MANDAL, S.M Mandal. **Functional properties of Okra *Abelmoschus esculentus* L. (Moench): traditional claims and scientific evidences**. Plant Science Today (2014) 1 (3): 121-130. 2014.

RUFINO, M. do S.M; ALVES, R. E.; BRITO, E. de S.B.; MORAIS, S.M. de ; SAMPAIO, C. de G.; PÉREZ-JIMÉNES,J.; SAURACALIXTO, F.D. **Metodologia Científica: Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do Radical Livre ABTS*+** .Comunicado Técnico online, Julho, Fortaleza, 2007.

SABAREZ, H. **Drying of Food Materials**. CSIRO Food and Nutrition, Werribee, VIC, Australia, 2016.

SANTOS, I. F. dos S. **Determinação e avaliação quimiométrica da composição mineral do *abelmoschus esculentus* l comercializados na cidade de salvador.** Mestrado em Química Analítica. Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2013.

SHAHREZA, F.D. ***Hibiscus esculentus* and diabetes mellitus.** J Nephrofarmacol.; v.5; pg. 104–105, 2016.

SHISHIR, M.R.I., CHEN, W. **Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juice.** *Trends in Food Science & Technology*, doi: 10.1016/j.tifs.2017.05.006. 2017.

SILVA, A. C da. **Potencial de resíduos agroindustriais como fontes de compostos bioativos.** Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho. São Jose do Ribeirão Preto, 2014.

SILVA, E. F. M da. **Modelos empíricos e difusivos para a descrição da secagem de bananas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, Paraíba (2013).

SOBUKOLA, O. **Effect of Pre-Treatment on the Drying Characteristics and Kinetics of Okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) Slices.** International Journal of Food Engineering, v. 5, 2009.

SUCUPIRA, N. R.; SILVA, A. B.; PEREIRA,G.;COSTA, J. N. da. **Métodos Para Determinação da Atividade Antioxidante de Frutos. (Methods for Measuring Antioxidant Activity of Fruits).** UNOPAR Cient Ciênc Biol Saúde 2012;14(4):263-9

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos-TACO.** 4ª Edição revisada e ampliada. Núcleo de Estudos e Pesquisas em alimentação. Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). 2011.

TELES, A. S. C. **Estudo Da Secagem Do Bagaço De Uva Visando À Sua Utilização Como Ingrediente Na Formulação De Barras De Cereais.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2014.

TEMENOUGA, V., CHARITIDIS, T., AVGIDOU, M., KARAYANNAKIDIS, P.D., DIMOPOULOU, M., PANAYIOTOU, C., RITZOULIS, C, **Novel emulsifiers as products from internal Maillard reactions in okra hydrocolloid mucilage,** Food Hydrocolloids, 2016.

TIVERON, A.P. **Atividade Antioxidante e Composição Fenólica de Legumes e Verduras consumidas no Brasil.** Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo Escola Superior de Agricultura ‘Luís de Queiroz’. Piracicaba, São Paulo, 2010.

VERAS, A.O. M. **Avaliação Comparativa Entre Processos De Secagem Na Produção De Tomate Em Pó.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Química). São Carlos, 2010.

VERMA, V. N. **Photochemical investigation of *Abelmoschus esculentus*.** World News of Natural Sciences 9,pg. 45-51.2017

WANKHADE, P.K.; SAPKAL, R.S.; SAPKAL, V.S. **Drying Characteristics of Okra slices on drying in Hot Air Dryer.** Chemical, Civil and Mechanical Engineering Tracks of 3rd Nirma University International Conference on Engineering (NUiCONE 2012). 2013.