



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS**  
**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**SUÊNIA GABRIELA GONÇALVES MORAIS**

**ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DA BATATA-DOCE (*Ipomea batatas L.*) E  
CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA**

**JOÃO PESSOA**

**2016**

SUÊNIA GABRIELA GONÇALVES MORAIS

**ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DA BATATA-DOCE (*Ipomea batatas L.*) E  
CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Coordenação do Curso de Engenharia de  
Alimentos do Centro de Tecnologia da  
Universidade Federal da Paraíba, como parte  
dos requisitos para obtenção do título de  
Engenheiro de Alimentos.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> Joselma Araújo de Amorim

JOÃO PESSOA

2016

M827e Morais, Suênia Gabriela Gonçalves

Estudo da cinética de secagem da batata-doce (*Ipomea batatas* L.) e caracterização da farinha./ Suênia Gabriela Gonçalves Morais./ - João Pessoa, 2016.

45f. il.:

Orientador: Prof. Joselma Araújo de Amorim

Monografia (Curso de Graduação em Engenharia de Alimentos) CGEA./ Centro de Tecnologia / Campos I / Universidade Federal da Paraíba

1. batata-doce 2. modelagem matemática. 3.composição centesimal.I .Título.

BS/CT/UFPB

CDU: 2.ed.624.012.2(043)

SUÊNIA GABRIELA GONÇALVES MORAIS


**ESTUDO DA CINÉTICA DE SECAGEM DA BATATA-DOCE (*Ipomea batatas L.*) E  
CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA**


Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.


Data: 30/05/2016

Resultado: Aprovado

**Banca Examinadora**

  
Prof. Dr.ª Joselma Araújo de Amorim  
DEA/CT/UFPB – Orientadora

  
Prof. Dr. Geraldo Dantas Silvestre Filho  
DEA/CT/UFPB – Examinador

  
Prof. Dr.ª Marta Célia Dantas Silva  
CEAR/CT/UFPB- Examinador

JOÃO PESSOA

2016

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pela vida e por Ele ter me dado forças para continuar mesmo quando nem eu mesma acreditava que seria capaz.

Aos meus amados pais, Geraldo da Rocha e Solange Morais, por todo o amor e dedicação, sempre mostrando a importância dos estudos para o meu crescimento.

Ao meu namorado, Hemerson Albuquerque, por toda compreensão e por sempre ter me ajudado desde o início do meu curso.

À minha prima, Julyanna Menezes, por ter me mostrado a grandiosidade do curso e despertado em mim o interesse por esta graduação.

Aos meus familiares, especialmente, Gustavo, Wesley, Renato, Sheila e Rondinely pela colaboração na obtenção da matéria-prima durante os testes preliminares.

A todos os amigos que eu fiz ao longo da graduação: Beatriz, Jacinta, Matheus, Érika, Randerson, Thaíse, Jéssica e demais colegas que contribuíram para o meu crescimento.

A todos os meus amigos do ensino fundamental e médio (Mariana, Gianini, Diedja, Paula, Yasmin, Wellyson, Manuelle, Nájila), que participaram de momentos importantes até que eu chegasse à escolha deste curso. À amiga Daricelli por todas as palavras de amizade.

À minha querida orientadora, professora Dr<sup>a</sup> Joselma Amorim, por toda a disponibilidade, paciência em ensinar e por todas as oportunidades que ela me deu desde o período do Estágio Supervisionado.

Ao professor Dr. Geraldo Filho e a professora Dr<sup>a</sup>. Marta Silva pela participação na defesa do meu trabalho e pelas sugestões para o aprimoramento do mesmo.

A todos os professores que passaram pela minha vida, desde o ensino fundamental até a graduação. Não tenho dúvidas que todos eles contribuíram para que hoje eu estivesse realizando este sonho.

Ao professor Dr. Ânoar El-Aouar pela paciência e ajuda na parte estatística.

Aos técnicos Francisco (Chico), Thayze e Diogénes por toda a atenção e disponibilidade ao longo desse trabalho.

## RESUMO

A batata-doce (*Ipomea batatas L.*) é um alimento amplamente consumido no Brasil, especialmente no Nordeste, constituindo uma importante fonte de energia e nutrientes na dieta alimentar. Além disso, a hortaliça é isenta de glúten, sendo, portanto, uma alternativa atrativa para a elaboração de produtos específicos para os portadores da doença celíaca. Em vista disso, objetivou-se estudar a cinética de secagem da batata-doce da cultivar Brazlândia Branca, em estufa com circulação de ar, mediante um planejamento experimental  $2^2$  com três repetições no ponto central, tendo como variáveis independentes a temperatura (40,50 e 60°C) e espessura das amostras (1,0; 2,0 e 3,0 mm), avaliando a influência desses parâmetros sobre o teor de água final e o tempo total de secagem. Inicialmente, as batatas-doces foram higienizadas, descascadas e cortadas em fatias de acordo com as espessuras desejadas. Posteriormente, as amostras foram imersas em solução de ácido cítrico (1%) por 10 minutos e submetidas à secagem. Os modelos matemáticos de Page, Lewis e Henderson e Pabis foram analisados, visando à determinação dos parâmetros cinéticos da secagem. Constatou-se que o modelo de Page foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais, visto que este apresentou os maiores valores para coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os menores valores para o desvio quadrático médio (DQM). Observou-se que o aumento da temperatura e a diminuição da espessura das amostras diminuem o tempo de secagem e que a difusividade efetiva, calculada a partir da lei de Fick, aumentou com a elevação da temperatura. A avaliação estatística do planejamento mostrou que, para as respostas analisadas, os resultados não foram válidos para geração de um modelo preditivo. O critério de seleção da melhor condição para a caracterização físico-química da farinha da batata-doce levou em consideração o maior rendimento, sendo assim, verificou-se que os experimentos dos pontos centrais foram os que satisfizeram tal condição. Constatou-se que o amido é constituinte presente em maior quantidade na farinha de batata-doce.

**Palavras chave:** Batata-doce, modelagem matemática, composição centesimal.

## ABSTRACT

The sweet potato (*Ipomoea batatas L.*) is a widely consumed food in Brazil, especially in the Northeast and is an important source of energy and nutrients in the diet. In addition, the vegetable is exempted of gluten, and is therefore an attractive alternative to the development of specific products for celiac disease patients. With that in mind, this study has as objective analyse the sweet potato cultivar Brazilândia Branca drying kinetics, in drying oven with air circulation, by an experimental planning  $2^2$  with three repetitions in the central point, having as independents variations temperature (40,50 and 60 °C) and the samples thickness (1,0; 2,0 and 3,0 mm), evaluating the influence of these parameters in the final water content and final time of drying. Initially, the sweet potato were sanitized, and then peeled and chopped in slices with the adequate width. After that, the samples were soaked in an acid citric solution (1%) for 10 min and then submitted to the drying process. The mathematic model of Page, Lewis, Henderson and Pabis were analysed, aiming the determination of kinetics parameters. It was found that the Page model were the one which better fit in the experimental results, since showed the higher valour for the determination coefficient ( $R^2$ ) and a smaller valour for the medium quadratic (DQM). It is possible to notice that the higher the temperature and the samples smaller width decrease the time of drying and that the effective diffusion, calculate by the Fick law, increase while the temperature rises. The planning statistic evaluation showed that, for the analysed answers, the results was not valid for the creation of a prediction model. The selection criteria of the better condition for the sweet potato flour physical-chemistry characterization was the greater yield, therefore, it was find that the experiment of central points were satisfying for such condition. It was confirmed that the starch is the present constituent in the sweet potato flour.

**Key words:** Sweet potato, mathematics models, centesimal composition.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1- Curvas típicas de secagem .....	17
Figura 4.1- Batata-doce da cultivar Brazlândia Branca.....	21
Figura 5.1- Curvas de secagem para as diferentes condições de planejamento experimental .....	26
Figura 5.2- Curvas de secagem da batata-doce para as duas temperaturas diferentes nas espessuras de 1 e 3 mm .....	27
Figura 5.3- Curvas de secagem da batata-doce para as duas espessuras diferentes nas temperaturas de 40 e 60°C .....	28
Figura 5.4- Taxas de secagem para as diferentes condições de planejamento experimental .....	28
Figura 5.5- Taxas de secagem para duas temperaturas diferentes nas espessuras de 1 e 3mm.....	29
Figura 5.6- Taxas de secagem para duas espessuras diferentes nas temperaturas de 40 e 60°C .....	29
Figura 5.7- Diagrama de Pareto- Efeito da espessura e temperatura sobre o teor de água final ( em base seca) .....	33
Figura 5.8- Diagrama de Pareto- Efeito da espessura e temperatura sobre o tempo final de secagem, em horas .....	33



## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1 – Modelos utilizados na análise de secagem .....	23
Tabela 4.2- Valores codificados e reais das variáveis de entrada .....	13
Tabela 4.3- Matriz de planejamento dos experimentos.....	25
Tabela 5.1- Parâmetros de ajustes e coeficientes de determinação ( $R^2$ ) dos modelos ..	30
Tabela 5.2- Valores da difusividade efetiva da batata-doce.....	14
Tabela 5.3- Planejamento fatorial com matriz das variáveis independentes ( codificadas e reais) e variáveis respostas para os ensaios de secagem e tempo de equilíbrio.....	32
Tabela 5.4- Resultados da análise de variância para o teor de água final em base seca e tempo (horas).....	35
Tabela 5.5- Rendimentos da farinha de batata-doce para as diferentes temperaturas e espessuras avaliadas, de acordo com o planejamento experimental .....	36
Tabela 5.6- Caracterização físico-química da farinha da batata-doce.....	37

## LISTA DE SÍMBOLOS

$dx/dt$	Derivada da umidade em relação ao tempo	$g/g \text{ ms x min}$
$t$	Tempo	segundos
$RU$	Razão de umidade	adimensional
$k$	Constante de secagem	$s^{-1}$
$n$	Parâmetro do modelo de Page	-
$a$	Parâmetro do modelo de Henderson e Pabis	-
$Def$	Difusividade efetiva	$m^2/s$
$L$	Espessura das amostras	metros
$U$	Teor de água do produto	em base seca
$U_e$	Teor de água de equilíbrio	em base seca
$U_i$	Teor de água inicial do produto	em base seca
$RU_{pre}$	Razão de umidade predito	adimensional
$RU_{exp}$	Razão de umidade experimental	adimensional
$R^2$	Coefficiente de determinação	-
$DQM$	Desvio quadrático médio	-
$U_f$	Teor de água final	porcentagem
$T$	Temperatura	graus Celsius
$E$	Espessura	milímetro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>13</b>
2.1 BATATA-DOCE.....	13
2.1.1 Origem e aspectos gerais.....	13
2.1.2 Importância econômica e social .....	14
2.1.3 Importância nutricional.....	15
2.1.4 Farinha de batata-doce .....	15
2.2 SECAGEM.....	16
2.2.1 Curvas de secagem e taxa de secagem .....	17
2.2.2 Modelos matemáticos de secagem.....	18
2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....	19
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>20</b>
3.1 OBJETIVO GERAL.....	20
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	20
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>21</b>
4.1 MATÉRIA-PRIMA .....	21
4.1.1 Obtenção e seleção da matéria-prima.....	21
4.1.2 Higienização .....	22
4.1.3 Descascamento e fatiamento.....	22
4.1.4 Branqueamento químico.....	22
4.2. SECAGEM E OBTENÇÃO DA FARINHA .....	22
4.2.1 Secagem .....	22
4.2.2 Moagem .....	23
4.2.3 Armazenamento.....	23
4.3 MODELOS MATEMÁTICOS .....	23
4.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL .....	24
4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DA BATATA-DOCE	25
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>26</b>
5.1 CURVAS DE SECAGEM .....	26
5.2 TAXA DE SECAGEM.....	28
5.3 AJUSTES DE MODELOS DE SECAGEM .....	30

5.4 ANÁLISE DOS ENSAIOS DE SECAGEM ATRAVÉS DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL.....	32
<b>5.4.1 Análise estatística dos resultados .....</b>	<b>32</b>
5.5 RENDIMENTO.....	36
5.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA .....	37
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A alimentação saudável é um dos fatores mais relevantes para a promoção e manutenção da saúde. Diante disto, a inclusão de frutas e hortaliças na dieta é essencial para o funcionamento adequado do organismo. De acordo com Wynn et al. (2010), o consumo regular destes alimentos é capaz de proteger as células contra danos oxidativos e inibir a síntese de substâncias inflamatórias. Paralelamente, são ricos em fibras e possuem baixa densidade energética, aumentando a sensação de saciedade quando ingeridas (BARRETO et al., 2005).

A batata-doce (*Ipomea batatas L.*) é uma planta dicotiledônea, pertencente à família Convolvulaceae, amplamente cultivada no Brasil, especialmente no Sul e Nordeste (MIRANDA et al., 1987).

A inclusão da batata-doce na dieta é recomendada devido à presença de quantidades consideráveis de carboidratos, fibras, minerais, vitaminas e antioxidantes (WOOLFE, 1992). Os carboidratos presentes na batata-doce são de baixo índice glicêmico, ou seja, a sua absorção é mais lenta pelo organismo animal, liberando gradualmente a glicose na corrente sanguínea. Diante disto, vários atletas vêm incluindo este alimento em suas dietas (TUDOR, 2012). Já as concentrações de proteínas e lipídeos são relativamente pequenas, mas essa deficiência pode ser facilmente corrigida através da inclusão de outros alimentos ricos nesses macronutrientes na dieta.

Assim como outras raízes tuberosas, a batata-doce apresenta alto teor de umidade. Deste modo, a secagem enquadra-se como uma alternativa viável para aumentar o tempo de estocagem deste alimento.

A secagem de alimentos é uma operação unitária que visa à conservação do produto por um maior período de tempo, através da remoção de água na forma de vapor por meio da vaporização térmica, numa temperatura inferior à de ebulição (VASCONCELOS; FILHO, 2010). Esta técnica de conservação é bastante empregada para garantir a qualidade e estabilidade dos produtos, visto que a redução da quantidade de água do material minimiza a atividade biológica e as mudanças químicas e físicas que ocorrem ao longo do armazenamento (RESENDE et al., 2008).

Através da secagem, é possível analisar o comportamento do material sólido submetido a essa operação, sendo representada através das curvas e taxas de secagem (MENEZES et al., 2013). Segundo Vilela e Artur (2008), as informações obtidas a partir de

tais curvas são essenciais para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento adequado dos equipamentos. Através delas pode-se estimar o tempo de secagem de determinada quantidade de produtos e, com o tempo necessário para a produção, é possível estimar o gasto energético que refletirá no preço final do produto.

As curvas de secagem são influenciadas por alguns fatores como: condições ambientais, espécie, variedade e métodos de preparo pós-colheita. Neste sentido, diversos modelos matemáticos são empregados para caracterizar o processo de secagem de produtos agrícolas (RESENDE et al., 2008).

A análise desses modelos é conveniente para o dimensionamento de secadores, previsão da taxa de secagem, melhoria das condições de secagem e estimativa da qualidade do processo (NASCIMENTO; BIAGI; OLIVEIRA, 2015). A literatura fornece alguns modelos matemáticos de formas teóricas, semi-teóricas e empíricas para descrever o processo de secagem, desde os mais básicos até os mais complexos, apresentando diferentes restrições e condições de contorno, para geometrias cilíndricas, esféricas ou planas (CEYLAN; AKTAS; DOGAN, 2007).

Uma alternativa viável para a utilização da batata-doce é a produção de farinha, através da secagem convectiva, que pode ser incrementada em diversos produtos de panificação em substituição parcial a outras farinhas, elevando a qualidade nutricional do produto, agregando valor ao mesmo. Além disso, a farinha da batata-doce pode ter sua contribuição para o suprimento da demanda por produtos específicos para os portadores da doença celíaca, visto que essa raiz tuberosa é isenta de glúten.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 BATATA-DOCE

#### 2.1.1 Origem e aspectos gerais

De acordo com evidências arqueológicas, linguísticas e históricas, a provável região de origem da batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é a faixa compreendida entre a América Central e do Sul. A fácil adaptabilidade e a ampla variedade de condições climáticas permitiram o seu desenvolvimento em regiões tropicais e de temperaturas moderadas, a exemplo da África, Ásia e América. Estudos apontam que a batata-doce foi introduzida há mais de 5000 anos e se estendeu através dos continentes durante os séculos XVII e XVIII, devido a seu caráter robusto, ampla adaptabilidade e a rápida capacidade de multiplicação (WOOLFE, 1992).

A introdução da batata-doce na Europa Ocidental ocorreu após a primeira viagem de Colombo às Índias Ocidentais. As primeiras alusões sobre a cultura datam do período posterior à descoberta da América, reforçando as evidências da origem americana da batata-doce. No século XVI, a batata-doce foi difundida para a África, Índia e leste-sul da Ásia (ROSSEL; KRIEGNER; ZHANG, 2000).

A batata-doce é uma espécie dicotiledônea pertencente à família botânica Convolvulaceae, que abrange aproximadamente 50 gêneros e mais de 1000 espécies, todavia, apenas esta raiz tuberosa tem cultivo expressivo economicamente (EMBRAPA, 2008). A batata-doce engloba dois tipos de raízes: as de reservas ou tuberosas, constituindo a parte de maior interesse comercial, e as de raízes absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes do solo. As raízes tuberosas são formadas desde o início do desenvolvimento da planta, sendo identificadas pela maior espessura, pela pouca presença de raízes e por se originarem dos nós. Já as raízes absorventes são formadas a partir do meristema cambial, tanto nos nós quanto nos entrenós, são abundantes e bastante ramificadas, favorecendo a absorção de nutrientes (SILVA; LOPES; MAGALHÃES, 2002).

De acordo com Miranda et al. (1995), no Brasil existe um elevado número de cultivares de batata-doce, com grande diversidade genética entre elas. Porém, comumente encontra-se uma cultivar com nomes diferentes, ou diferentes cultivares com o mesmo nome. As cultivares variam principalmente quanto à coloração da casca, cor da polpa e formato

(EMBRAPA, 2008). No Brasil, as cultivares mais difundidas são: Brazlândia Branca, Brazlândia Roxa, Brazlândia Rosada, Princesa e Coquinho.

### **2.1.2 Importância econômica e social**

No cenário mundial, aproximadamente 90% da produção dessa raiz tuberosa são obtidas na Ásia, 5% na África e 5% no restante do mundo. Apenas 2% da produção estão em países industrializados, como os Estados Unidos e Japão (WOOLFE, 1992). Segundo a FAO (2006), a China é o maior produtor de batata-doce, produzindo, em 2005, o equivalente a 75% da produção mundial. De acordo com Castro et al. (2009), na América do Sul, o Brasil é o maior produtor, alcançando, em 2005, a 10ª posição no ranking dos países que mais produziu batata-doce no mundo.

É um cultivo de grande expressividade socioeconômica para a região Sul, Nordeste e Sudeste do país, sendo responsável por 50,44%, 33,6% e 15,16% da safra nacional, respectivamente (CASTRO et al., 2009).

No Brasil, a cultura de batata-doce é caracterizada por apresentar custos de produção relativamente pequenos, com reduzidos níveis de investimentos, e de elevado retorno econômico. Entretanto, assim como as demais hortaliças de pequena escala, a cultura de batata-doce normalmente utiliza tecnologia de produção e orientação técnica inadequadas, resultando em baixos índices de qualidade de produtividade que poderiam ser melhorados (MIRANDA et al., 1987).

A batata-doce se adapta facilmente aos solos de baixa fertilidade, permitindo a conversão eficiente de energia solar em carboidratos, sem competir com outras culturas que demandam em quantidade maior de nutrientes do solo (MAGALI, 2004). Quando bem manejada, é possível aumentar o rendimento da cultura, pois esta raiz tuberosa pode ser colhida em período de 4 a 5 meses, permitindo aos produtores melhor aproveitamento das oportunidades de mercado e em função da demanda, fazer ajustes alternativos dentro das unidades de produção (SOUZA et al., 2005).

Devido à fácil adaptação em áreas tropicais, onde vive a maioria da população pobre, a batata-doce é um alimento de bom conteúdo nutricional para as famílias e de grande importância na alimentação dos animais das propriedades (CAMARGO, 2013).



### 2.1.3 Importância nutricional

A batata-doce é um alimento essencialmente energético, rico em carboidratos com teores que variam de 13,4 a 29,2%, sobretudo amido, 4,8 a 7,8% de açúcares solúveis, 2,0 a 2,9% de proteínas e 0,3 a 0,8% de gorduras. Além disso, estas raízes são excelentes fontes de vitamina A, vitaminas do complexo B, cálcio, ferro, fósforo, potássio, magnésio, enxofre e sódio (SOARES; MELO; MATIAS, 2002).

Segundo Block (1994), a batata-doce está entre os alimentos com as maiores contribuições de vitamina A na dieta a partir das concentrações de  $\beta$ -caroteno, principal carotenoide precursor desta vitamina na natureza.

Após a colheita, a batata-doce possui aproximadamente 30% de massa seca que contém em média 85% de carboidratos. Quando comparada a outros vegetais amiláceos, a batata-doce destaca-se pelo maior teor de massa seca, carboidratos, lipídios, cálcio e fibras do que a batata inglesa (*Solanum tuberosum*), mais carboidratos e lipídios que o taro (*Colocasia esculenta L.*) e mais proteína que a mandioca (*Manihot esculenta*) (WOOLFE, 1992).

Devido aos seus nutrientes, a batata-doce é considerada um alimento com potencial terapêutico. As variedades roxas possuem consideráveis teores de betacaroteno, que é convertido pelo organismo em vitamina A, antioxidante que ajuda a prevenir o risco de câncer. Além disso, a batata é rica em vitamina E, fundamental para a saúde da pele. Além disso, as fibras presentes na casca ajudam a reduzir o colesterol e melhorar a digestão (GUEDES, 2004).

De acordo com Cereda, Wosiack e Conceição (1984), a composição da batata-doce pode variar de acordo com a cultivar, condições climáticas, época e estágio de colheita, duração e condições de armazenamento e tratos culturais.

### 2.1.4 Farinha de batata-doce

De acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 263 de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL, 2005), entende-se por farinha:

Os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos.

Em processos contínuos, a proporção constante entre farinha e água é necessária para a uniformidade do fluxo e movimentação na indústria, pois variações nesta proporção podem causar problemas durante a extrusão e secagem comprometendo a qualidade do produto final (CIACCO; CHANG, 1982).

Ao longo do processo de produção das farinhas é necessário que as suas qualidades sensoriais e nutricionais sejam preservadas. Todavia, esta operação é difícil de ser conservada no caso de pó alimentício, visto que, independentemente da origem, este tipo de produto se constitui de tecidos vivos susceptíveis em função da absorção de água, ao amolecimento, fusão, explosão e modificação de sua granulometria (COSTA; SCHER; HARDY, 2003).

Atualmente não há legislação referente à batata-doce no que diz respeito à classificação de acordo ao processo tecnológico de fabricação, granulometria, cor e qualidade. O processamento da farinha de batata-doce é bastante similar ao da mandioca.

## 2.2 SECAGEM

A secagem é uma operação utilizada desde a antiguidade para a conservação de alimentos. Ela baseia-se na redução da atividade de água dos alimentos através da remoção da água presente no interior dos mesmos. Quando comparada a outros métodos de conservação, como a refrigeração, a apertização ou tratamentos químicos, a secagem oferece uma redução nos custos, além de ser uma técnica bastante simples. A remoção de água reduz a atividade de água do produto, inibindo o desenvolvimento de micro-organismos e retardando as deteriorações de origem físico-química (CANO-CHAUCA et al., 2004).

De modo geral, na secagem há fornecimento de calor a um determinado material que contém água, visando à vaporização de certo percentual de água do mesmo, obtendo-se um produto sólido parcialmente seco (BARBANTI; MASTROCOLA; SEVERINI, 1994).

Ao ser colocado em contato com o ar quente, o produto submetido à secagem recebe calor do ar sob o efeito da diferença de temperatura existente entre eles. Paralelamente, a diferença de pressão parcial de vapor d'água existente entre o ar e a superfície do produto estabelece uma transferência de matéria (massa) para o ar, na forma de vapor de água (PARK et al., 2014)

A secagem de alimentos pode ocorrer, basicamente, através de dois métodos: natural e artificial. A secagem natural baseia-se na exposição do alimento por longos períodos de tempo à radiação solar e sob condições climáticas de temperaturas razoavelmente altas, ventos com intensidade moderada e baixas umidades relativas. Já a secagem artificial consiste na

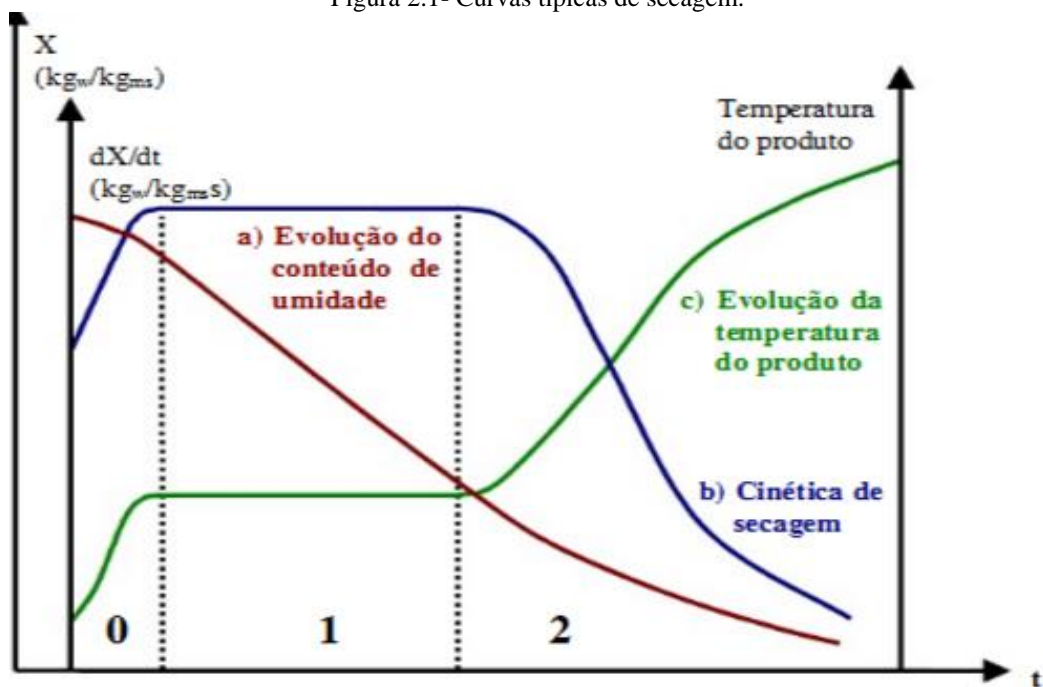
remoção da umidade através do uso de equipamentos e condicionamento do ar de secagem pelo controle da temperatura, umidade relativa e velocidade de secagem (CORNEJO; NOGUEIRA; WILBERG, 2003).

### 2.2.1 Curvas de secagem e taxa de secagem

Através das curvas de secagem é possível se obter informações essenciais para o desenvolvimento de processos e para o dimensionamento de equipamentos, sendo possível estimar o tempo de secagem de determinada quantidade de produto, além do gasto energético, que refletirá no custo de processamento, influenciando no preço final do produto (VILELA; ARTHUR, 2008).

De acordo com Park, Yado e Brod (2001), a operação de secagem, baseada na transferência de calor e de massa, é dividida em três etapas, conforme exposto na Figura 2.1.

Figura 2.1- Curvas típicas de secagem.



Fonte: Park, Yado e Brod (2001).

Mediante a Figura 2.1, observa-se que a curva (a) representa a diminuição do teor de água do produto durante o processo de secagem, em relação à evolução do tempo de secagem. A curva (b) retrata a velocidade de secagem do produto, variação do conteúdo de umidade do produto por tempo,  $dX/dt$  em relação à evolução do tempo. A curva (c) representa a variação de temperatura do produto durante a secagem (PARK; YADO; BROD, 2001).

Ainda de acordo com a Figura 2.1, é possível analisar os períodos da taxa de secagem e observar que durante primeiro período ocorre uma elevação da temperatura e da pressão do vapor de água. Ao longo do segundo período, denominado como período de taxa constante, observa-se que a superfície do alimento se encontra na temperatura de bulbo úmido do ar de secagem e com alta umidade. Já o terceiro período representa o início da taxa de secagem decrescente, sendo esta etapa mais lenta em comparação ao segundo período, visto que a secagem é influenciada pela difusão da água no interior do material, enquanto que o período de taxa constante é influenciado pela convecção (PARK; YADO; BROD, 2001; GEANKOPLIS, 2003).

### **2.2.2 Modelos matemáticos de secagem**

Segundo Andrade, Bórem e Haroim (2003), os modelos matemáticos são instrumentos bastante utilizados na estimativa do tempo necessário para que ocorra a redução do teor de água do produto, sob diferentes condições de secagem, contribuindo para as tomadas de decisões e para a melhoria da eficiência do processo. Além disso, essas ferramentas são importantes para o correto dimensionamento dos equipamentos. O ajuste de diferentes modelos aos dados experimentais é de indispensável importância e a escolha do sistema mais adequado de secagem deve levar em consideração diversos fatores como tempo, energia e propriedades do produto (PARK; YADO; BROD, 2001).

A literatura fornece vários modelos matemáticos para se analisar a secagem de produtos agrícolas, dentre eles estão: os teóricos, empíricos e semi-empíricos.

Os modelos teóricos consideram apenas a resistência à transferência da água, descrevem a taxa decrescente de secagem de um sólido e, geralmente, consideram como mecanismo principal, a difusão baseada na segunda Lei de Fick (PANCHARIYA; POPOVIC; SHARMA, 2002). Os modelos empíricos baseiam-se em dados experimentais e análises adimensionais. Derivam uma relação direta entre o conteúdo médio de água e o tempo de secagem. Eles negligenciam os princípios do processo de secagem e seus parâmetros não apresentam significado físico. Entretanto, eles são capazes de descrever a curva de secagem, para as condições em que o estudo foi desenvolvido (KEEY, 1972). Os modelos semi-empíricos associam a teoria e a aplicação. Baseiam-se, geralmente, na Lei de Newton para resfriamento aplicado à transferência de massa, supondo-se que as condições sejam isotérmicas e que a resistência à transferência de umidade se restrinja apenas à superfície do produto (SYARIEF; MOREY; GUSTAFSON, 1984).

De modo geral, os modelos que melhor representam o processo de secagem de produtos agrícolas são os empíricos e semi-empíricos. De acordo com Barrozo, Sartori e Freire (1998), a utilização de equações semi-empíricas para a representação da cinética de secagem de produtos agrícolas tem como objetivo a busca por uma maneira de representar o comportamento da secagem que se ajuste melhor aos dados experimentais.

### 2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

De acordo com Ribeiro (1999), o planejamento de experimentos é uma metodologia baseada em conceitos estatísticos, cujo objetivo é otimizar o planejamento, executar e analisar o experimento.

A crescente procura por técnicas sistemáticas de planejamento de experimentos está associada ao interesse dos profissionais de aperfeiçoar os produtos, minimizar custos e tempo, maximizar rendimento, produtividade e qualidade de produtos, por exemplo. O planejamento adequado dos experimentos proporciona a determinação e quantificação das variáveis sobre as respostas desejadas, contribuindo para a obtenção de resultados confiáveis e para que análises estatísticas consistentes possam ser realizadas (RODRIGUES; IEMMA, 2005).

Segundo Gouveia et al. (2002), a importância das variáveis em um processo pode ser estabelecida através da adesão de um método de planejamento experimental, o qual possibilita o planejamento e a execução de maneira organizada, com um número reduzido de ensaios ao mínimo necessário. Além disso, permite a verificação dos efeitos individuais e de interação de todas as variáveis sobre a resposta, a definição das variáveis mais importantes para o processo, a avaliação dos erros experimentais e de regressão e a modelagem empírica dos resultados, em função das variáveis escolhidas, utilizando-se programas estatísticos de regressão.

O planejamento experimental é um método fundamentado e executado com técnicas estatísticas, sendo assim, é importante a avaliação dos modelos empíricos obtidos através da regressão dos dados experimentais, através de análise estatística, utilizando-se o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o valor estimado para o teste F. O valor de  $F_{\text{calculado}}$  deve ser de quatro a cinco vezes superior ao valor de  $F_{\text{tabelado}}$  para que a regressão seja útil para fins preditivos (BARROS NETO; SCARMINIO; BRUNS, 1996).

### 3 OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GERAL

Estudar a cinética de secagem, em estufa com circulação de ar, da batata-doce, cultivar Brazlândia Branca, utilizando temperaturas de 40, 50 e 60°C e espessuras de 1, 2 e 3 mm, para obtenção da farinha e posterior caracterização físico-química.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter as curvas de secagem em função do tempo;
- Acompanhar a cinética de secagem da batata-doce utilizando a metodologia de planejamento fatorial  $2^2$  com três repetições no ponto central, avaliando a influência da temperatura e espessura sob o teor de água final e tempo total de secagem (horas);
- Ajustar modelos matemáticos de Modelo de Page, Lewis, Henderson e Pabis, para descrever o fenômeno da secagem da batata-doce;
- Determinar a difusividade efetiva, a partir da lei de Fick.
- Realizar as análises físico-químicas da farinha da batata-doce que apresentar a melhor condição.

## 4 METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida nos laboratórios pertencentes ao Departamento de Engenharia de Alimentos (DEA) do Centro de Tecnologia (CT) do Campus I da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), na cidade de João Pessoa-PB, no período de fevereiro a maio de 2016.

As operações de secagem da batata-doce foram realizadas no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), enquanto que, as análises físico-químicas da farinha da batata-doce foram conduzidas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), ambos situados no CT da referida instituição.

### 4.1 MATÉRIA-PRIMA

#### 4.1.1 Obtenção e seleção da matéria-prima

A matéria-prima utilizada para a realização dos ensaios experimentais foi a batata-doce da cultivar Brazlândia Branca (Figura 4.1), proveniente do comércio local do município de João Pessoa-PB.

Após a obtenção e transporte até o Laboratório de Engenharia de Alimentos, as batatas-doces foram selecionadas levando-se em consideração a uniformidade, não existência de manchas e ausência de deterioração.

Figura 4.1- Batata-doce da cultivar Brazlândia Branca.



Fonte: Autor.

#### **4.1.2 Higienização**

Nesta etapa, procedeu-se a primeira lavagem das batatas-doces em água corrente, visando a remoção de sujidades grosseiras, seguida de uma desinfecção por imersão em água clorada a 50 ppm por 10 minutos, visando a redução do número de micro-organismos presentes na matéria-prima, e, finalmente, realizou-se uma terceira lavagem em água corrente para a remoção do excesso de cloro aderido à batata-doce.

Todos os utensílios utilizados durante a realização dos experimentos foram devidamente higienizados com solução de água clorada, visando evitar a contaminação cruzada.

#### **4.1.3 Descascamento e fatiamento**

Após a higienização, as batatas-doces foram descascadas manualmente, com o auxílio de facas de aço inoxidável. Em seguida, com o auxílio de um paquímetro, a matéria-prima foi cortada em fatias com espessuras de 1, 2 e 3 mm.

#### **4.1.4 Branqueamento químico**

As fatias de batata-doce foram imersas em solução de ácido cítrico, na concentração de 1%, por 10 minutos, visando evitar o escurecimento enzimático.

### **4.2. SECAGEM E OBTENÇÃO DA FARINHA**

#### **4.2.1 Secagem**

O equipamento utilizado para a realização da secagem foi uma estufa com circulação de ar, onde tal circulação proporciona a perfeita homogeneização da temperatura, da marca Solab e modelo SL 102/221.

A secagem foi realizada em três temperaturas do ar de secagem (40, 50 e 60°C), em três espessuras de cortes (1; 2 e 3 cm).



Inicialmente, a estufa foi ligada até que se atingisse a temperatura de secagem prevista para cada experimento. Em seguida, as fatias de batata-doce e as bandejas foram previamente pesadas em balança semi-analítica da marca Bel e modelo SSR-600, com precisão de 0,01g.

Durante a secagem se fez o acompanhamento da perda de massa das fatias de batata-doce, através de pesagens. Inicialmente, as amostras foram retiradas do secador em intervalos de 15 minutos, na primeira hora, e posteriormente, de 30 minutos, até atingir peso constante.

#### 4.2.2 Moagem

O produto obtido após a secagem foi submetido à moagem em moinho de bolas (marca Solab, modelo SL36 e série 000211) e foi classificado como farinha, de acordo com a Resolução RDC nº 263 da ANVISA (BRASIL, 2005).

#### 4.2.3 Armazenamento

As farinhas de batata-doce foram armazenadas em recipientes de plástico hermeticamente fechado à temperatura ambiente.

### 4.3 MODELOS MATEMÁTICOS

Os modelos de secagem em camada delgada foram ajustados aos dados experimentais da cinética de secagem da batata-doce. A Tabela 4.1 apresenta os modelos utilizados neste estudo.

Tabela 4.1- Modelos utilizados na análise da secagem da batata-doce.

Designação do modelo	Modelo
Page	$RU = \exp(-k.t^n)$
Lewis	$RU = \exp(-k.t)$
Henderson e Pabis	$RU = a.\exp(-k.t)$
Lei de Fick	$RU = \frac{8}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \cdot \exp\left[(-2n+1)^2 \cdot \pi D^2 \frac{t}{4L^2}\right]$

Fonte: Page (1949); Lewis (1921); Henderson e Pabis (1961); Cranck (1975).

Para o cálculo da razão de umidade (RU), durante as secagens nas diferentes temperaturas, utilizou-se a Equação 4.1.

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (4.1)$$

Os critérios utilizados para a escolha do melhor ajuste dos modelos aos dados obtidos experimentalmente, foram: o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e o desvio quadrático médio (DQM), calculado através da Equação 4.2.

$$DQM = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (RU \text{ pre} - RU \text{ exp})^2} \quad (4.2)$$

#### 4.4 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para o estudo do processo de secagem da batata-doce definiu-se a temperatura do ar de secagem e a espessura das amostras, como as variáveis de entrada do processo, analisando-as em três níveis, codificados como -1, 0 e +1.

As temperaturas foram fixadas em 40, 50 e 60°C e a espessura das amostras em 1,0; 2,0 e 3,0 mm, variando-se o tempo, conforme o decorrer da secagem, em intervalos regulares. Na Tabela 4.2 estão apresentados os valores reais e codificados para o planejamento experimental.

Tabela 4.2- Valores codificados e reais das variáveis de entrada.

Variáveis	Nível -1	Nível 0	Nível +1
Temperatura (°C)	40	50	60
Espessura (mm)	1	2	3

Fonte: Autor.

O número de experimentos foi  $2^n + 3$ , onde “n” corresponde ao número de variáveis e o “número três” representa as três repetições no ponto central, totalizando 7 experimentos, sendo 4 distintos e mais 3 no ponto central.

Na Tabela 4.3 está expressa a matriz do planejamento dos experimentos.

Tabela 4.3- Matriz de planejamento dos experimentos.

Experimentos	Temperatura (T)		Espessura (E)	
	Codificada	Real (°C)	Codificada	Real (mm)
1	-1	(40)	-1	(1)
2	+1	(60)	-1	(1)
3	-1	(40)	+1	(3)
4	+1	(60)	+1	(3)
5	0	(50)	0	(2)
6	0	(50)	0	(2)
7	0	(50)	0	(2)

Fonte: Autor.

As respostas avaliadas estatisticamente foram: o teor de água final, em base seca, e o tempo de equilíbrio de secagem, em horas. Para a análise dos resultados utilizou-se a metodologia da superfície de resposta através do software STATISTICA versão 7.

#### 4.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA FARINHA DA BATATA-DOCE

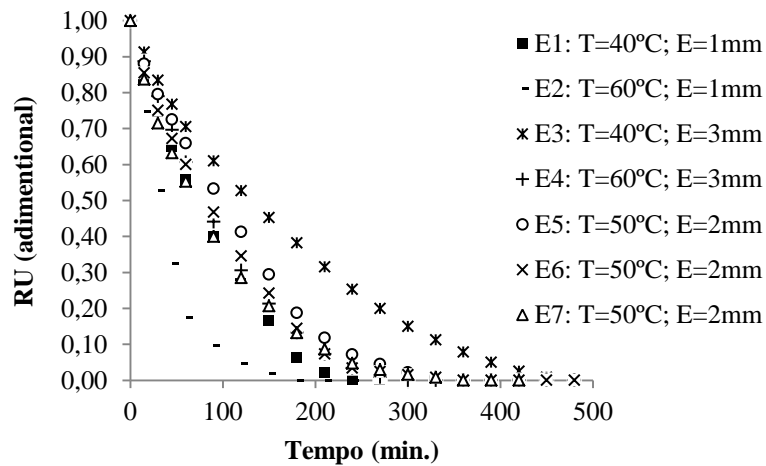
A farinha de batata-doce obtida a partir da melhor condição de secagem, em relação ao maior rendimento, foi analisada quanto aos teores de umidade, cinzas, proteínas (método Micro-Kjeldahl), amido e açúcares totais segundo a metodologia descrita pela AOAC (1995); carboidratos totais por diferença (100 - % de umidade - % de lipídeos - % de proteínas - % de cinzas). A determinação de lipídeos foi realizada de acordo com o método gravimétrico descritos por Bligh e Dyer (1959).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 CURVAS DE SECAGEM

As curvas de secagem da batata-doce, para as diferentes temperaturas e espessuras estudadas, conforme citado no planejamento experimental, estão expressas na Figura 5.1. Os valores apresentados no gráfico estão na forma adimensional de razão de umidade (RU) em função do tempo de secagem, em minutos.

Figura 5.1 - Curvas de secagem para as diferentes condições de planejamento experimental.

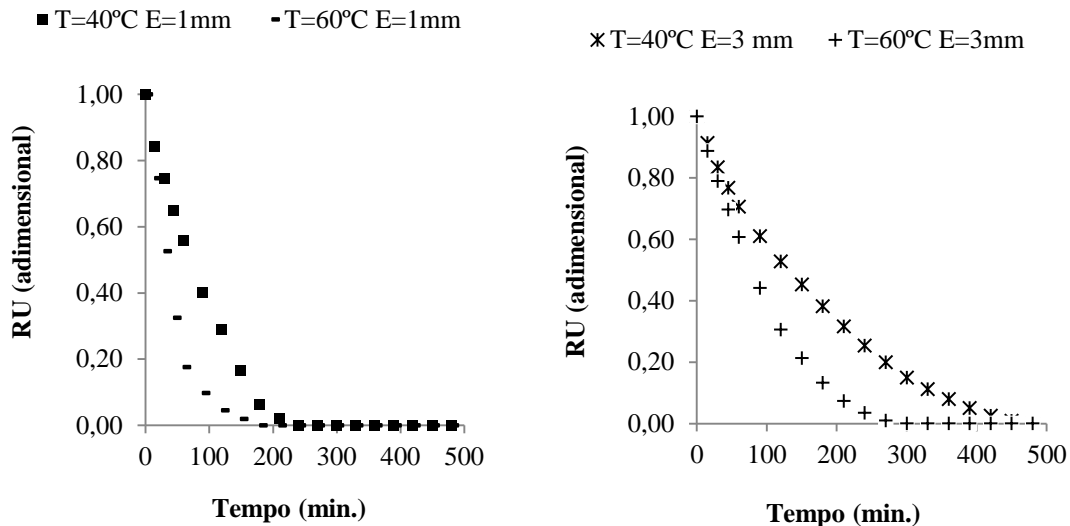


Fonte: Autor.

Os resultados obtidos foram avaliados separadamente conforme o tipo de influência que se desejava estudar, ou seja, temperatura e espessura das amostras de batata-doce.

O comportamento cinético, com relação ao estudo das temperaturas envolvidas no processo de secagem, pode ser observado na Figura 5.2

Figura 5.2- Curvas de secagem da batata-doce para duas temperaturas diferentes nas espessuras de 1 e 3mm.



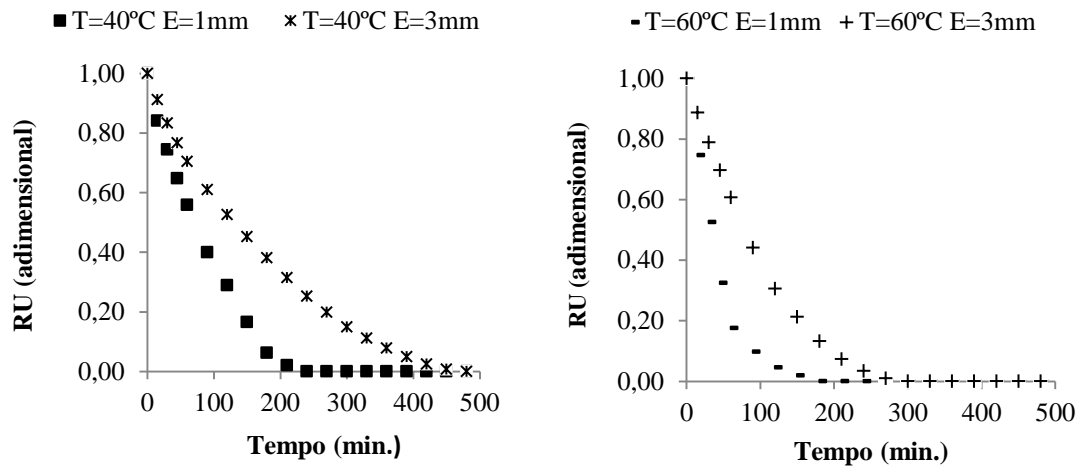
Fonte: Autor.

Através das curvas de secagem representadas na Figura 5.2 é possível constatar a influência da temperatura no processo de secagem. Verifica-se que, o aumento deste parâmetro diminuiu o tempo total do processo, uma vez que quanto maior a temperatura do ar, maior a taxa de evaporação de água e, portanto, mais rápido é o processo de secagem. Observa-se que para a espessura de 1mm a variação da temperatura de 40°C para 60 °C reduziu o tempo total de secagem de 240 para 180 minutos. Já para a espessura de 3 mm esta redução foi de 480 para 300 minutos.

Sabe-se que para um mesmo tempo, quanto maior à temperatura do ar, maior é a taxa de secagem e que a perda do conteúdo de umidade é mais rápida no início do processo de secagem, tendendo a estabilização. Tais comportamentos foram constatados por diversos trabalhos com produtos agrícolas como, por exemplo, os estudos de, Prado (1998) e Silva (1999), secando tâmaras e algaroba, respectivamente.

O comportamento cinético, com relação ao estudo das espessuras envolvidas no processo de secagem, pode ser observado na Figura 5.3.

Figura 5.3- Curvas de secagem da batata-doce para duas espessuras diferentes nas temperaturas de 40°C e 60°C.



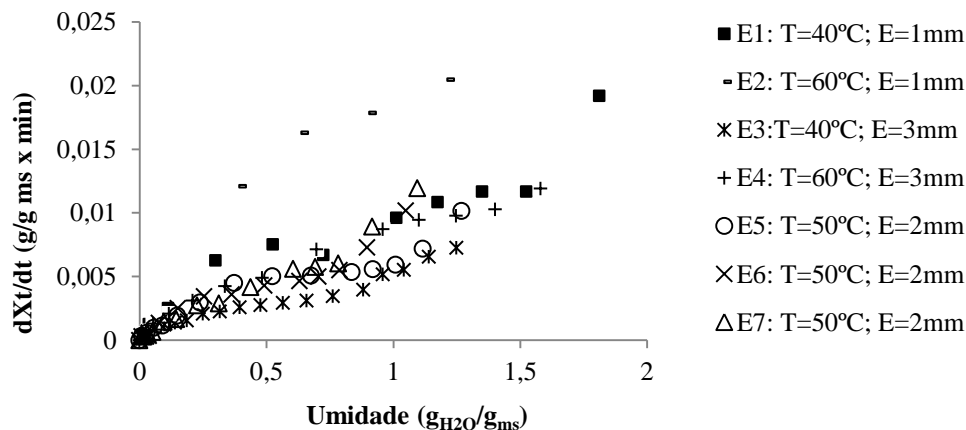
Fonte: Autor.

Analisando a Figura 5.3 verifica-se que o processo de secagem foi, em todos os experimentos, mais rápido para as amostras com espessuras menores. Comportamentos similares foram observados por estudos realizados por Melo et al. (2013) ao estudarem a cinética de secagem da polpa do fruto de mandacaru, com três espessuras diferentes de camada de espuma.

## 5.2 TAXA DE SECAGEM

A Figura 5.4 apresenta as mudanças na taxa de secagem em relação à razão de umidade (em base seca), para todos os experimentos realizados.

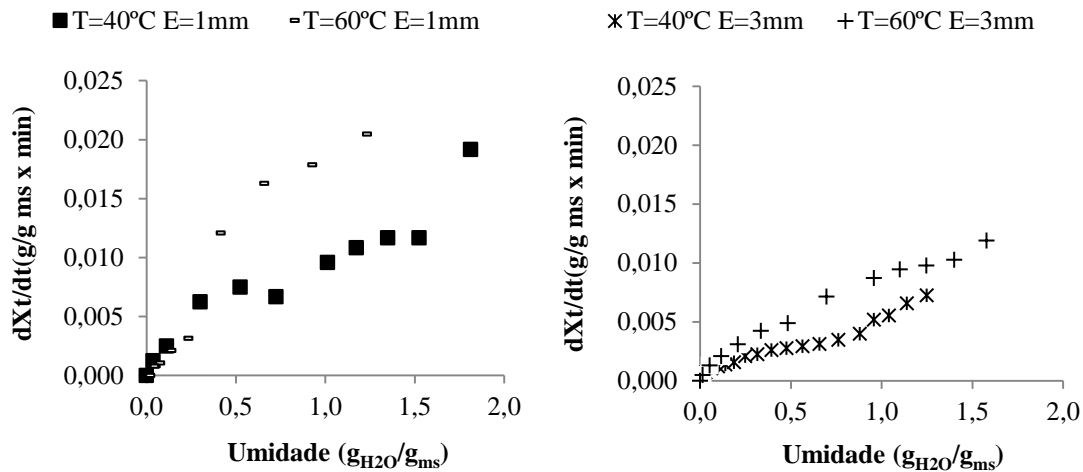
Figura 5.4 - Taxas de secagem para as diferentes condições de planejamento experimental.



Fonte: Autor.

Os resultados obtidos foram avaliados conforme o tipo de variável que se desejava estudar, ou seja, temperatura e espessura das amostras de batata-doce. Nas Figuras 5.5 e 5.6 estão expressos os resultados das mudanças de taxa de secagem divididos conforme as variáveis analisadas, ou seja, temperatura e espessura das amostras de batata-doce.

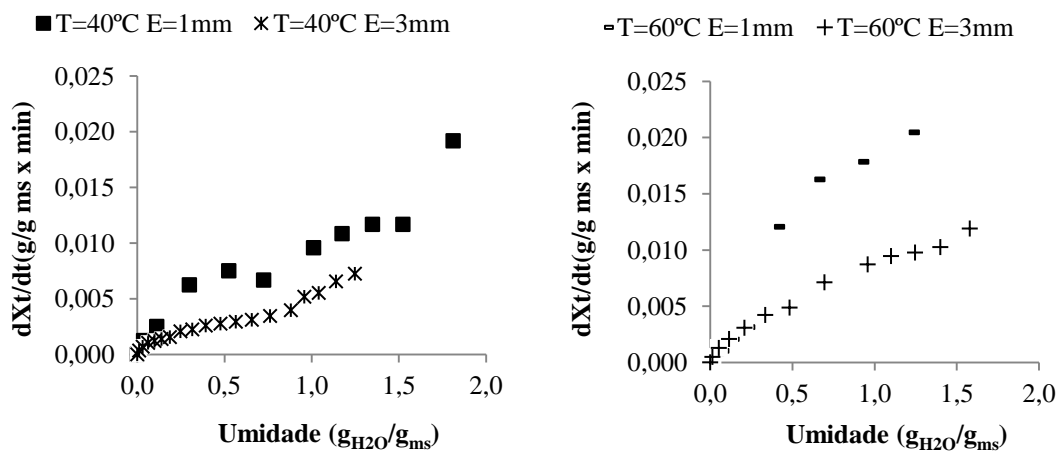
Figura 5.5- Taxas de secagem para duas temperaturas diferentes nas espessuras de 1 e 3 mm.



Fonte: Autor.

Analisando a Figura 5.5, observa-se que, no geral, as temperaturas mais elevadas do ar de secagem proporcionam maiores taxas de secagem, devido à maior quantidade de calor transferido para o material, elevando a velocidade de migração da água contida no seu interior para a superfície e, conseqüentemente, sua evaporação.

Figura 5.6- Taxas de secagem para duas espessuras diferentes nas temperaturas de 40 e 60°C.



Fonte: Autor.

O aumento na espessura das amostras reduziu as taxas de secagem, devido à maior dificuldade de migração da água em função da maior espessura. Motta Lima et al. (2002) constataram que este efeito tende a ser mais acentuado quanto menor for a temperatura do ar de secagem, visto que, neste caso, haveria uma menor “força motriz” interna para vencer a resistência ao transporte de água até a superfície do material.

### 5.3 AJUSTES DE MODELOS DE SECAGEM

Na Tabela 5.1 estão expressos os parâmetros cinéticos da secagem da batata-doce para os modelos de Page, Lewis e Henderson e Pabis.

Tabela 5.1- Parâmetros de ajustes e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) dos modelos.

Modelos	Ensaio	Parâmetros			R <sup>2</sup>	DQM
		n	k	a		
Page	1	1,1812	0,0048	-	0,9910	0,0306
	2	1,2177	0,0107	-	0,9974	0,0171
	3	1,1093	0,0033	-	0,9932	0,1626
	4	1,2462	0,0031	-	0,9980	0,0151
	5	1,2341	0,0027	-	0,9935	0,0273
	6	1,1525	0,0047	-	0,9930	0,0278
	7	1,0536	0,0084	-	0,9975	0,0163
Henderson e Pabis	1	-	0,0011	1,0253	0,9838	0,0409
	2	-	0,0251	1,0302	0,9920	0,0300
	3	-	0,0062	1,0016	0,9892	0,1543
	4	-	0,0104	1,0490	0,9884	0,0365
	5	-	0,0088	1,0387	0,9836	0,0435
	6	-	0,0102	1,0233	0,9871	0,0384
	7	-	0,0116	1,0027	0,9962	0,0202
Lewis	1	-	0,0110	-	0,9826	0,0423
	2	-	0,0243	-	0,9908	0,0243
	3	-	0,0062	-	0,9888	0,1574
	4	-	0,0098	-	0,9848	0,0418
	5	-	0,0085	-	0,9814	0,0463
	6	-	0,0099	-	0,9864	0,0394
	7	-	0,0116	-	0,9962	0,0202

Fonte: Autor.



Analisando a Tabela 5.1, verifica-se que, o modelo que melhor representou o processo de secagem foi o de Page, pois este apresentou os maiores valores para  $R^2$  e os menores para o DQM. Ronchetti (2014), estudando a secagem em leito de espuma de cenoura, tomate, beterraba e morango constatou que o modelo de Page também foi o que melhor se ajustou aos dados experimentais.

Analisando os dados expostos na Tabela 5.1, constata-se que, de modo geral, o parâmetro  $k$ , que representa a constante da taxa de secagem, aumenta à medida que ocorre o aumento da temperatura e a diminuição da espessura das amostras. Sendo assim, observa-se que, para todos os modelos analisados, o experimento 2 foi o que apresentou o maior valor de  $k$ , visto que esse foi o experimento que utilizou a maior temperatura e menor espessura.

Na Tabela 5.2 encontra-se os valores da difusividade efetiva ( $Def$ ) obtidos através da aplicação do modelo de Fick aos dados experimentais da secagem da batata-doce.

Tabela 5.2- Valores da difusividade efetiva de batata-doce diferentes condições de planejamento experimental.

<b>Modelo</b>	<b>Ensaio</b>	<b><math>R^2</math></b>	<b>DQM</b>	<b><math>Def</math> (<math>m^2 s^{-1}</math>)</b>
	1	0,9838	0,0409	7,63E-11
	2	0,9920	0,0300	1,69E-10
	3	0,9904	0,0313	3,65E-10
Fick	4	0,9884	0,0365	6,32E-10
	5	0,9841	0,0427	2,38E-10
	6	0,9884	0,0362	2,70E-10
	7	0,9967	0,0186	2,92E-10

Fonte: Autor.

De acordo dados expostos na Tabela 5.2 é possível verificar que a solução analítica da equação da difusão de Fick para placa plana, representa bem o processo de secagem da batata-doce, com  $R^2$  superior a 0,98. Além disso, observa-se a influência da temperatura do ar de secagem e da espessura no valor da  $Def$ , constatando-se que o aumento destes parâmetros resulta no aumento da  $Def$ . Portanto, os resultados obtidos para os valores da  $Def$  foram satisfatórios, pois apresentaram valores entre  $7,63 \times 10^{-11}$  a  $6,32 \times 10^{-10} m^2 s^{-1}$ , apresentando-se de acordo com os estudos realizados por Zogzas et al. (1996), os quais afirmam que os valores de  $Def$  para produtos alimentícios se encontram na faixa de  $10^{-11}$  a  $10^{-9} m^2 s^{-1}$ .

#### 5.4 ANÁLISE DOS ENSAIOS DE SECAGEM ATRAVÉS DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL FATORIAL

Na Tabela 5.3 está apresentada a análise dos resultados obtidos para a temperatura e espessura, tendo como respostas o teor de água final em base seca e o tempo de secagem em horas.

Tabela 5.3- Planejamento fatorial com matriz das variáveis independentes (codificadas e reais) e variáveis respostas para os ensaios de secagem e tempo de equilíbrio.

Ensaio	Temperatura (T)		Espessura (E)		Uf (b.s.) %	Tempo (horas)
	Codificada	Real (°C)	Codificada	Real (mm)		
1	-	40	-	1	3,75	4
2	+	60	-	1	2,36	3
3	-	40	+	3	1,04	8
4	+	60	+	3	1,47	5
5	0	50	0	2	1,03	6
6	0	50	0	2	0,60	6,5
7	0	50	0	2	0,86	6

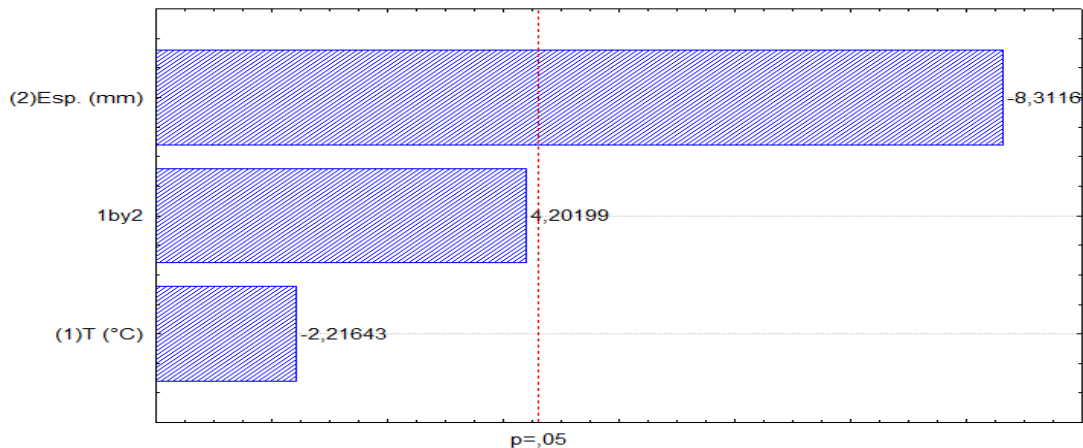
Fonte: Autor.

##### 5.4.1 Análise estatística dos resultados

A partir dos dados expostos na Tabela 5.3, com auxílio do software Statistica 7.0 para Windows, foi desenvolvido o estudo estatístico do Planejamento Experimental  $2^2+3$  pontos centrais, para uma significância de 95% ( $p \leq 0,05$ ), no qual foi verificado o grau de influência das variáveis individuais (T) e espessura das amostras (E) e suas interações (TxE).

A Figura 5.7 apresenta os efeitos das variáveis de estudo sobre o teor de umidade final (em base seca). A magnitude dos efeitos estáticos é representada através das colunas enquanto que a linha perpendicular às colunas representa a magnitude dos efeitos com significado estatístico para  $p= 0,05$ .

Figura 5.7- Diagrama de Pareto – Efeito da espessura e temperatura sobre o teor de água final (em base seca).

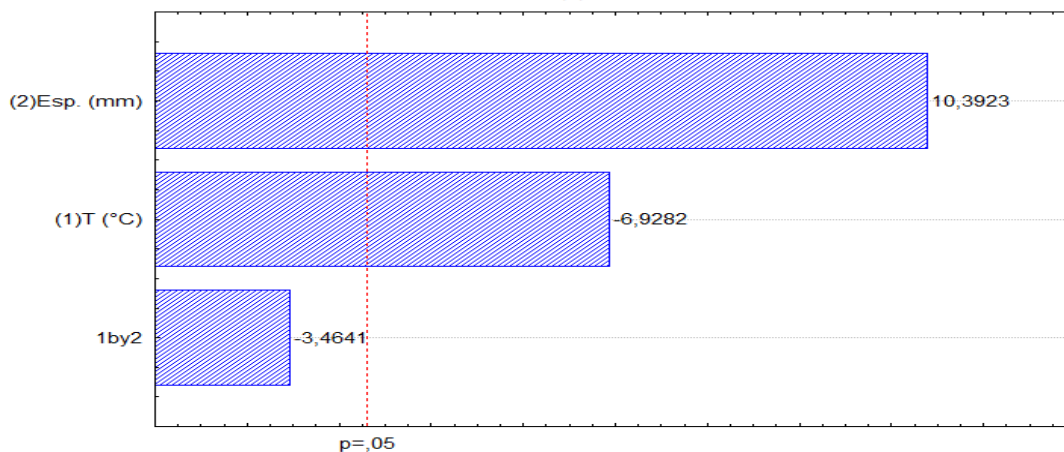


Fonte:Autor.

Através da Figura 5.7 pode-se observar que a espessura das amostras foi o único efeito que exerceu influência significativa na redução do teor de água final (em base seca), visto que a linha transversal às colunas passa apenas por este efeito. O sinal negativo dos efeitos da espessura e da temperatura indica que, com o aumento destes parâmetros, ocorre uma diminuição no teor de água das amostras.

A Figura 5.8 apresenta os efeitos das variáveis de estudo sobre o tempo final de secagem, em horas, considerando interações entre as variáveis com um intervalo de confiança de 95%.

Figura 5.8- Diagrama de Pareto – Efeito da espessura e temperatura sobre o tempo final de secagem, em horas.



Fonte:Autor.

De acordo com a Figura 5.8, verifica-se que a espessura das amostras e a temperatura apresentaram efeito significativo na redução do tempo final de secagem. Observa-se que a espessura das fatias apresentou valor de significância positivo, evidenciando que a redução deste parâmetro diminui o tempo final de secagem. Já a temperatura e a interação dos efeitos

analisados apresentaram valor de significância negativo, ou seja, o aumento da temperatura do ar e a interação entre as espessuras e a temperatura contribuem para a diminuição do tempo total de secagem.

As Equações 5.1 e 5.2 representam os modelos empíricos codificados da regressão linear dos dados experimentais ajustados para o teor de água final em base seca e o tempo de equilíbrio de secagem em horas, respectivamente.

$$\% \text{ Teor de Água Final (base seca)} = \mathbf{1,59} - 0,24 T - \mathbf{0,90 E} + 0,45 T \times E \quad (5.1)$$

$$\text{Tempo de Equilíbrio (horas)} = \mathbf{5,79} - \mathbf{1,00 T} + \mathbf{1,50 E} - 0,50 T \times E \quad (5.2)$$

Os parâmetros em negritos são os estatisticamente significativos ao nível de 95% de confiança

A Tabela 5.4 remete a síntese dos resultados da análise de regressão para as respostas avaliadas estatisticamente, o teor de água final em base seca e tempo, em minuto

Tabela 5.4 – Resultados da análise de variância para o teor de água final em base seca e tempo (horas).

	<b>Soma Quadrática</b>	<b>Grau de Liberdade</b>	<b>Média Quadrática</b>	<b>F<sub>calculado</sub></b>	<b>F<sub>tabelado</sub></b>
<b>Teor de água final em base seca</b>					
Regressão	4,2985	3	1,4328	1,3851	9,2770
Resíduo	3,1034	3	1,0345		
Falta de Ajuste	3,0096	1	3,0096	64,1715	18,5130
Erro puro	0,0938	2	0,0469		
Total	7,4019	6			
R <sup>2</sup>	0,5807				
<b>Tempo (horas)</b>					
Regressão	14,0000	3	4,6667	5,6000	9,2770
Resíduo	2,5000	3	0,8333		
Falta de Ajuste	2,3333	1	2,3333	27,9994	18,5130
Erro puro	0,1667	2	0,0833		
Total	16,5000	6			
R <sup>2</sup>	0,8484				

Fonte: Autor.

O coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o teor de água final foi de 0,5807, indicando que apenas 58,07% da variabilidade nesta resposta pode ser explicada através do modelo. Já o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para o tempo foi um pouco superior ao do teor de água final, 0,8484, entretanto ambos os valores são considerados insatisfatórios para a obtenção de um modelo válido para fins preditivos, podendo ser utilizado apenas como indicador de tendência.

Segundo Barros Neto, Scarminio e Bruns (2001), uma regressão, embora significativa do ponto de vista do teste  $F$ , pode não ser útil para realizar previsões por cobrir uma faixa de

variação pequena dos fatores estudados. Box e Wetz (1973) sugeriram que para uma regressão ser significativa tanto estatisticamente quanto para fins preditivos, o valor de  $F_{\text{calculado}}$  para a regressão deve ser no mínimo quatro a cinco vezes maior que o valor de  $F_{\text{tabelado}}$ . Já o F da falta de ajuste em relação ao erro puro, pelo contrário, deve apresentar o menor valor possível, pois um alto F indica que há uma grande falta de ajuste dos dados ao modelo obtido. Portanto, verifica-se que os modelos codificados para as respostas analisadas indicando apenas uma tendência de comportamento destas em relação às variáveis estudadas, não sendo adequados para gerar superfícies de respostas.

## 5.5 RENDIMENTO

Na Tabela 5.5 estão expressos os valores referentes ao rendimento das farinhas obtidas para as diferentes temperaturas e espessuras estudadas, conforme citado no planejamento experimental.

Tabela 5.5- Rendimentos da farinha de batata-doce para as diferentes temperaturas e espessuras avaliadas, de acordo com o planejamento experimental.

<b>Experimento</b>	<b>Rendimento (%)</b>
1	35,20
2	37,47
3	37,92
4	39,26
5	39,29
6	40,55
7	39,91

Fonte: Autor.

Verificou-se que os experimentos referentes aos pontos centrais (5,6 e 7) foram os que obtiveram maiores rendimentos e, sendo assim, as farinhas obtidas a partir de tais condições foram submetidas à caracterização físico-química. Sousa (2015), estudando a produção da farinha da batata-doce obteve rendimento médio de 37,43%, sendo este valor bem próximo aos resultados encontrados no presente estudo. Já Silva (2010) obteve rendimento de aproximadamente 26,3% para a batata-doce da cultivar Brazlândia Branca e citou como

principais fontes de perdas: as cascas, o alto teor de umidade da matéria prima *in natura* , além das perdas associadas ao processo de obtenção da farinha.

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

Na Tabela 5.6 estão expressos os resultados referentes à caracterização físico-química da farinha da batata-doce.

Tabela 5.6- Caracterização físico-química da farinha de batata-doce.

<b>Análise</b>	<b>Valor médio ± desvio padrão (%)</b>
Umidade	4,24±0,74
Cinzas	1,24±0,11
Proteínas	2,80±0,08
Lipídeos	1,32±0,00
Carboidratos	90±0,34
Açúcares Totais	7,41±0,01
Amido	58,25±0,00

Fonte: Autor.

O teor de umidade obtido encontra-se de acordo com o estabelecido pela legislação brasileira para farinhas vegetais, que estabelece o teor de umidade máxima de 15% para tais produtos (BRASIL, 2005). O resultado obtido encontra-se próximo ao relatado por Santos (2015) que obteve 4,13% em seu estudo. Com relação ao teor de cinzas encontrado, o valor obtido está um pouco abaixo do obtido por Borba, Sarmiento e Leonel (2005) que obtiveram 2,7% de cinzas na farinha de batata-doce.

O teor de proteína aproximou-se do valor encontrado por Silva (2010) que obteve 3,14%. Já Borba, Sarmiento e Leonel (2005) encontraram 6,7% de proteínas em seu estudo. Com relação ao teor de lipídeos, o valor obtido foi um pouco superior ao dos autores citados anteriormente, que obtiveram 0,7% de lipídeos na farinha de batata-doce. Tais variações podem ser explicadas em decorrência de fatores como época de cultivo, nutrição, tempo de armazenamento, entre outros.

O valor encontrado para carboidratos foi de aproximadamente 90%. O teor de amido foi de 58,25%, confirmando que a farinha de batata-doce é um alimento basicamente amiláceo, conforme o afirmado por Borba, Sarmento e Leonel (2005), que obtiveram 58,1% de amido em seus estudos. Com relação aos açúcares totais, o valor obtido foi de 7,41%.



## 6 CONCLUSÃO

Mediante os resultados obtidos foi possível observar a influência da temperatura do ar e das espessuras das amostras sobre o processo de secagem da batata-doce. Com relação às curvas de secagem, verificou-se que o aumento da temperatura e a diminuição da espessura da matéria-prima acarretaram na diminuição do tempo total de secagem. Além disso, constatou-se que a utilização de temperaturas mais elevadas e espessuras menores proporcionaram maiores taxas de secagem.

Analisando os modelos matemáticos utilizados no presente estudo, verificou-se que o modelo que melhor se ajustou aos dados experimentais foi o de Page, visto que este apresentou os maiores valores para o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e os menores para o desvio quadrático médio (DQM).

No que diz respeito à difusividade efetiva (Def), foi possível constatar a influência da temperatura e da espessura no valor da mesma, constatando-se que o aumento destes parâmetros resulta no aumento da difusividade efetiva.

Com relação à avaliação estatística do planejamento experimental, para as respostas analisadas, os resultados não foram válidos para geração de um modelo preditivo.

Verificou-se que os experimentos dos pontos centrais foram os que obtiveram maiores rendimentos e, portanto, foram escolhidos como a melhor condição. Dessa forma, escolheu-se a farinha obtida a partir desse experimento para a realização das análises físico-químicas. Constatou-se que o produto obtido é um alimento basicamente amiláceo, visto que o amido é o constituinte presente em maior quantidade.

Portanto, destaca-se que, de modo geral, os objetivos propostos foram alcançados e que a farinha da batata-doce tem potencial para ser utilizada em diversos produtos alimentícios, sendo uma alternativa viável para a elaboração de alimentos voltados aos portadores de doença celíaca.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. T.; BORÉM, F. M.; HARDOIM, P. R. Cinética de secagem do café cereja, bóia e cereja desmucilado, em quatro diferentes tipos de terreiros. **Revista Brasileira de Armazenamento – Especial Café**, Viçosa, v. 1, n. 7, p. 37-43, 2003.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 16 ed. Arlington, 1995.
- BARBANTI, D.; MASTROCOLA, D.; SEVERINI, C. Air drying of plums. A comparison among twelve cultivars. **Sciences des Aliments**, n. 14, p. 61 – 73, 1994.
- BARRETO, S.M.; PINHEIRO, A.R.O.; SICHIERI, R.; MONTEIRO, C.A.; BATISTA FILHO, M.; SCHIMIDT, M.I.; LOTUFO, P.; ASSIS, A.M.; GUIMARÃES, V.; RECINE, E.G.I.G.; VICTORA, C.G.; COITINHO, D.; PASSOS, V.M.A. Análise da estratégia global para alimentação, atividade física e saúde, da Organização Mundial da Saúde. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v.14, n.1, p.41-68, 2005.
- BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Como fazer experimentos-pesquisa e desenvolvimento na ciência e na indústria**. Campinas: Editora da UNICAMP, 2001.
- BARROS NETO, B. ; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E.. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2 ed. Editora da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).Campinas, SP, 299p. 1996.
- BARROZO, M. A. S.; SARTORI, D. J. M.; FREIRE, J. T. Transferência de calor e massa em leito deslizante e escoamentos cruzados. Secagem de sementes de soja. In: FREIRE, J. T.; SILVEIRA, A. M. da. **Tópicos especiais em sistemas particulados**. São Carlos: UFSCar, cap. 4, p. 119-159, 1998.
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, n.8, p.911-917, 1959.
- BLOCK, G. Nutrient sources of provitamin A carotenoides in the American diet. **American Journal of Epidemiology**, Baltimore, v.139, p.290-293, Feb.1994.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência de Vigilância Sanitária. Resolução nº 263 de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.

BORBA, A. M.; SARMENTO, S. B. S.; LEONEL, M. Efeito dos parâmetros de extrusão sobre as propriedades funcionais de extrusados da farinha de batata-doce. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, 25(4): 835-843, out.-dez. 2005.

BOX, G. E. P.; WETZ, J. **Criteria for judging adequacy of estimation by an approximate response function**. University of Wisconsin Technical Report, Madison, n. 9, 1973.

CAMARGO, L.K.P. **Caracterização de acessos de batata-doce do bando de germoplasma da Unicentro, PR**. 2013. 130 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal)- Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CANO-CHAUCA, M.; RAMOS, A.M.; STRINGHETA, P.C.; MARQUES, J.A.; SILVA, P.I. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **Boletim do Centro de pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 22, p. 121-132, 2004.

CASTRO, L.A.S.; TREPTOW, R.O.; CAMPOS, A.D.; CHOER, E.; TRÜMER, L. **Acessos de batata-doce do banco ativo de germoplasma da Embrapa Clima Temperado recomendados para mesa e processamento industrial**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2009 26p.

CEYLAN, I.; AKTAS, M.; DOGAN H. Mathematical modeling of drying characteristics of tropical fruits. *Applied Thermal Engineering*. **Elsevier Science Publisher**, vol. 27, p. 1931-1936, 2007.

CEREDA, M.P.; WOSIACK, G.; CONCEIÇÃO, F.A.D.; Avaliação físico-química e reológica de vinte e seis cultivares de batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam.). **Horticultura Brasileira**, v.2, n.1, p. 6-12, 1984.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Tecnologia de massas alimentícias**. São Paulo: Secretária da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 187p.

CORNEJO, F. E; NOGUEIRA, R. I.; WILBERG, V. C. **Secagem como método de conservação de frutas**. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Documentos 54, Rio de Janeiro, 2003.

COSTA, J.M.C.; SCHER, J.; HARDY, J. Influência do nível de hidratação na distribuição granulométrica de farinhas de trigo: uso da técnica de difração laser. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n.2, p. 173-177, 2003.

CRANK, J., 1975. **The mathematics of difusion**. Great Britain, 2ed., Claredon Press, Oxford, 414p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. 2008, 20 de março. **Cultura da batata-doce**. Sistemas de produção, versão eletrônica. Disponível em: <<http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/batdoce.htm>>. Acesso em: 19 de março de 2016.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Statistical Databases 2006**.

GEANKOPLIS, C.J. **Processo de transporte e operações unitárias**. 3 ed. P. 579-634, 2003.

GUEDES, M. C. Antocianinas: pigmento natural ou remédio? **Revista Científica do IMAPES**, v.2, p. 71-74. 2004.

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

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

KEEY, R. B. **Drying: Principles and practice**. New York: Pergamon Press, p. 358, 1972.

LEWIS, L.W. The rate of drying of solid materials. **Industrial Engineering Chemistry**, v.13, n. 1, p. 427, 1921.

MAGALI, L. **Technical and economical evaluation of the alcohol production from cassava fibrous waste using pectinase as a complementary enzyme**, 2004, 143p., Tese (doutorado em Energia na Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Botucatu ,São Paulo, 2004 .

MELO, K.S.; FIGUEIRÊDO, R.M.F.; QUEIROZ, A.J.M.; FERNANDES, T.K.S.; BEZERRA, M.C.T. Secagem em camada de espuma da polpa do fruto do mandacaru: experimentação e ajustes de modelos matemáticos. **Revista Caatinga** (UFERSA. Impresso) , v. 26, p. 10-17, 2013.

MENEZES, M.L.; STRÖHER, A.P.; PEREIRA, N.C.; BARROS, S.T.D. Análise da cinética e ajustes de modelos matemáticos aos dados de secagem do bagaço do maracujá-amarelo. **ENGEVISTA**, v.15, n.2, p.176-186, 2013.

MIRANDA, J.E.C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F. **Batata-doce (*Ipomoea batatas* (L.) Lam)**. Embrapa CNhp Circular Técnica nº 3, Brasília, DF, v.3, p.1-13, 1987.

MIRANDA, J. E. C.; FRANÇA, F.H.; CARRIJO, O.A.; SOUZA, A.F.; PEREIRA, W.; LOPES, C.A.; SILVA, J.B.C **A Cultura da batata-doce**. Brasília: Embrapa-CNPq, 1995.

MOTTA LIMA, O. C.; PEREIRA, N. C.; MENDES, E. S. **Curvas generalizadas na análise da cinética de secagem de papel artesanal com ar ambiente em convecção forçada**. In: Anais em CD-Rom do XXX Congresso Brasileiro de Sistemas Particulados, Universidade Federal de São Carlos, 2002.

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

PAGE, G.E. **Factors influencing the maximum of air drying shelled corn in thin layer**. 1949. Thesis Dissertation (M.Sc.) - Purdue University, Indiana.

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

PARK, K.J.B; PARK, K.J.; ALONSO, L.F.T.; CORNEJO, F.E.P.; FABBRO, I.M.D. Secagem: Fundamentos e Equações. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.16 n.1, p.93-127, 2014.

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

PRADO, M.E.T. **Secagem de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) para a obtenção de tâmara passa**. 1998. 149f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). UNICAMP/FEA Campinas. 1998

RESENDE, O.; CORRÊA, P. C.; GONELI, A. L. D.; BOTELHO, F. M.; RODRIGUES, S. Modelagem matemática do processo de secagem de duas variedades de feijão (*Phaseolus*

*vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 10, n. 1, p. 17-26, 2008.

RIBEIRO, J.L.D. **Projeto de experimentos**. Apostila do curso de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia da UFRGS, 1999.

RODRIGUES, M. I.; IEMMA, A. F. **Planejamento de experimentos e otimização de processos: Uma estratégia seqüencial de planejamentos**. 1 ed. Editora Casa do Pão.Campinas; SP. 326 p. 2005.

RONCHETI, E.S. Estudo do processo de secagem em leito de espuma de cenoura, tomate, beterra e morango. 2014. 66f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)- Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2014.

ROSSEL, G.; KRIEGNER, A.; ZHANG, D. P. **From Latin America to Oceania: The historic dispersal of sweet potato re-examined using AFLP**, CIP Program Report, p. 315–321.2000.

SANTOS, E.G. **Produção de álcool a partir de batata-doce com variações nas condições de fermentação**. 2015.51f. Dissertação (Mestrado em Bioenergia). Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

SILVA, J. B. C.; LOPES, C. A.; MAGALHÃES, J. S. Cultura da batata-doce. In: CEREDA, M. P.; Agricultura: Tuberosas amiláceas Latino Americanas, São Paulo: **Cargill**, v.2, p. 449-503, 2002.

SILVA, R.G.V. **Caracterização físico-química de farinha de batata-doce para produtos de panificação**. 2010. 71f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2010.

SILVA, J.E. **Secagem de vagens de algaroba *Prosopis juliflora* (S.W.) D.C. em laboratório e em nível de fazenda**. 1999, 78f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 1999.

SOARES, K.T.; MELO, A.S.; MATIAS, E.C. **A cultura da batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) Lam)**. João Pessoa: EMEPA-PB, 2002. 26 p. il. (EMEPA-PB. Documentos, 41).

SOUSA, G.L.S. **Obtenção e caracterização da farinha de batata-doce**. 2015. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química Industrial)- Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2015.

SOUZA, A. J.L.; PRAÇA, E. F.; GRANJEIRO, L.C.; BRAGA A. P. **Composição centesimal de raízes de cultivares de batata-doce colhidas aos quatro meses.** Mossoró. ESAM. 2005.

SYARIEF, A. M.; MOREY, R. V.; GUSTAFSON, R. J. Thin-layer drying rate of sunflower seed. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 27, n. 1, p. 195-200, 1984.

TUDOR, A. **Sweet potato power: Discover your personal equation for optimal health.** Victory Belt Publishing, 2012, 240p.

VASCONCELOS, M.A.S., FILHO, A.B.M. **Conservação de alimentos.** Programa Escola Técnica Aberta Brasil (ETEC – Brasil). Recife: EDUFRE. 130p. 2010.

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

WOOLFE, J.A. **Sweet potato: na untapped food resource.** Cambridge: Cambridge University Press, 1992. 643 p.

WYNN, E.; KRIEG, M.A.; LANHAM-NEW, S.A.; BURCKHARDT, P. Postgraduate Symposium Positive influence of nutritional alkalinity on bone health. **Proc Nutr Soc.** 2010; 69(1):166-73.

ZOGZAS, N. P.; MAUROULIS, Z. B.; MARINOS-KOURIS, D. Moisture diffusivity data compilation in foodstuffs. **Drying Technology, Bangkok**, v.14, n.10, p.2225-2253, 1996.