

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**CINÉTICA DE SECAGEM DE FOLHAS DE *Alibertia edulis***  
**(Rich.) A.Rich. ex DC.**

**Breno Barboza Gomes David**  
**Samuel Rodrigues Navarro**

**DOURADOS**  
**MATO GROSSO DO SUL**

**2025**

**Cinética de secagem de folhas de *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. ex  
DC.**

Breno Barboza Gomes David

Samuel Rodrigues Navarro

Orientador: Prof. Dr. André Luis Duarte Goneli

Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal da Grande  
Dourados, como parte dos requisitos para obtenção  
do título de Engenheiro Agrônomo.

Dourados  
Mato Grosso do Sul  
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

D251c David, Breno Barboza Gomes

Cinética de secagem de folhas de *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. ex DC. [recurso eletrônico] / Breno Barboza Gomes David, Samuel Rodrigues Navarro. -- 2025.

Arquivo em formato pdf.

Orientador: André Luis Duarte Goneli.

TCC (Graduação em Agronomia)-Universidade Federal da Grande Dourados, 2025.

Disponível no Repositório Institucional da UFGD em:

<https://portal.ufgd.edu.br/setor/biblioteca/repositorio>

1. Marmelo do Cerrado. 2. Qualidade pós-colheita. 3. Difusividade. 4. Temperatura. 5. Midilli. I. Navarro, Samuel Rodrigues. II. Goneli, André Luis Duarte. III. Título.

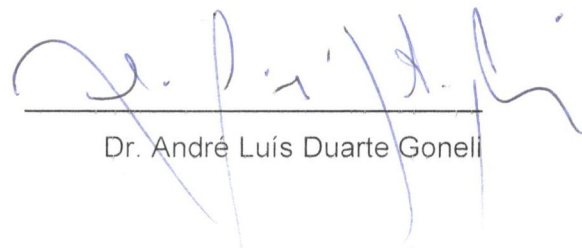
Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

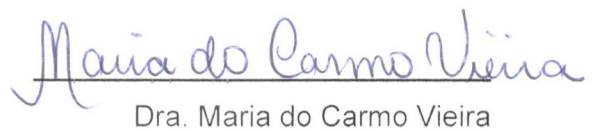
©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

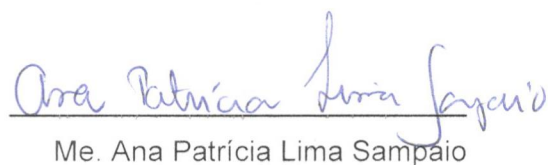
## ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO AGRONOMIA

Ata de Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia de **Breno Barboza Gomes David** e **Samuel Rodrigues Navarro**.

Aos vinte e oito dias do mês de novembro do ano de dois mil e vinte e cinco, reuniu-se a banca examinadora do trabalho apresentado como Trabalho de Conclusão de Curso em Agronomia de **Breno Barboza Gomes David** e **Samuel Rodrigues Navarro**, intitulado: “**Cinética de secagem de folhas de *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. Ex DC.**”. Compuseram a banca examinadora os professores **Dr. André Luís Duarte Goneli (Orientador)**, **Dra. Maria do Carmo Vieira** e **Me. Ana Patrícia Lima Sampaio**. Após a exposição oral, as candidatas foram arguidas pelos componentes da banca que se reuniram reservadamente e decidiram, APROVAR, com a nota 9,6 à monografia. Para constar, redigi a presente Ata, que, aprovada por todos os presentes, vai assinada por mim, Orientador, e pelos demais membros da banca.

  
Dr. André Luís Duarte Goneli

  
Dra. Maria do Carmo Vieira

  
Me. Ana Patrícia Lima Sampaio

## **AGRADECIMENTOS**

por Breno Barboza Gomes David

Agradeço, primeiramente à Deus, pelo dom da vida e principalmente pelas bênçãos, ensinamentos, oportunidades e pelos desafios que cotidianamente me tornaram mais forte e maduro.

Aos meus pais, Sirlei e Josué, e meu irmão Bruno, eu consigo apenas dizer muito obrigado por sempre me incentivarem e apoiarem nessa minha trajetória. Finalizo mais essa etapa da minha vida graças a vocês, pois sem vocês eu nada seria nem faria.

A minha namorada, minha melhor amiga e confidente, muitas vezes até meu divã. Nossa história se deu início graças a jornada da faculdade, e iremos concluir essa etapa juntos. Agradeço por todo apoio e incentivo que sua família me forneceu durante essa jornada e me tornando parte dela.

Aos meus amigos Gustavo Ribas, Daynara Martins, Pedro Langer, Samuel Navarro por toda parceria durante a faculdade, ainda, a todos os demais amigos e colegas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o meu desenvolvimento e sucesso nesta etapa.

Ao professor André Goneli, agradeço por todos os conselhos do senhor, puxões de orelha e ensinamentos. O seu comprometimento com a qualidade e sua crença são lições que vão além das páginas deste trabalho.

Aos meus supervisores de estágio e parceiros de trabalho Marcio Marques, Sérgio Strobel e Ronaldo Muller, agradeço pela oportunidade de trabalho e por todos os ensinamentos que eu levarei para a minha vida, e por me receberem tão bem na equipe de vocês.

A todos os professores do curso de Agronomia da UFGD, os meus mais sinceros agradecimentos pelos ensinamentos e na contribuição da minha formação.

Ao Sport Club Corinthians Paulista, pela emoção e pela distração necessária nos momentos de maior estresse, e por provar que, com um pouco de "coringão" e muita raça, qualquer desafio – inclusive um TCC – pode ser superado. Vai, Corinthians!

## **AGRADECIMENTOS**

por Samuel Rodrigues Navarro

Agradeço, primeiramente à Deus, por todas as suas bênçãos que fez e continua fazendo em minha vida. Agradeço ao seu filho por ter dado sua vida por nós, assim podendo estar hoje aqui concluindo um dos meus maiores sonhos que já tive.

Aos meus pais, Douglas e Marlene, eu consigo apenas dizer muito obrigado por sempre me incentivarem e apoiarem nessa minha trajetória, cada conselho, exemplo e palavra de incentivo, me mostrando que o amor e o cuidado ultrapassam qualquer barreira. Agradeço aos meus avós, tios e primos por todo incentivo, conselhos e por todas as orações de vocês.

A minha namorada Isabella Capoana Pagnoncelli, minha melhor amiga e parceira de vida. Nossa história teve início antes à jornada da faculdade, e iremos concluir essa etapa juntos. Agradeço por todo apoio e incentivo que sua família me forneceu durante essa jornada e me tornando parte dela.

Aos meus amigos Breno David, Daynara Martins, Pedro Langer, Rafaela Martins por toda parceria durante a faculdade, ainda, a todos os demais amigos Adilson Casale, Aylpy Dutra, Carlos Talão, Giuliano Muglia, Italo Vasconcelos, Paulo Carnavale, e Thierry Barros e colegas que, de forma direta ou indireta, contribuíram para o meu desenvolvimento e sucesso nesta etapa.

Aos meus queridos amigos, Rafaela Silveira e Vinicius Roberto, pelo apoio. E, em especial, à minha amada afilhada, Heloísa, por ser a inspiração e a alegria que me impulsionaram a concluir este trabalho

À todas as amigas que cultivei durante a graduação, que levarei para a minha vida toda, agradeço aos grupos de pesquisa que tive o prazer de participar, Ovinotecnia e Nepaf.

Ao orientador Prof. Dr. André Luís Duarte Goneli, pelos seus ensinamentos, pelos puxões de orelha, e por sua amizade na realização deste trabalho dentro do Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas - LAPREP.

Aos professores os quais eu cultivei uma amizade durante a graduação.

Por fim, deixo meu muito obrigado a Universidade Federal da Grande Dourados por proporcionar a pesquisa deste trabalho e minha graduação.

Ao Sport Club Corinthians Paulista, pela emoção e pela distração necessária nos momentos de maior estresse, e por provar que, com um pouco de "coringão" e muita raça, qualquer desafio – inclusive um TCC – pode ser superado. Vai, Corinthians!

DAVID, Breno Barboza Gomes; NAVARRO, Samuel Rodrigues. **Cinética de secagem de folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich. ex DC. do Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso.** 2025. 31 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrônômica) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2025.

## RESUMO

Objetivou-se com o presente trabalho avaliar a cinética e a difusividade durante o processo de secagem das folhas de *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. ex DC (Marmelo do Cerrado). As folhas foram colhidas com teor de água inicial de aproximadamente 1,50 b.s. e submetidas à secagem em diferentes condições controladas de temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) e velocidade do ar de secagem de 0,4 m s<sup>-1</sup>, em um secador experimental de leito fixo, até atingirem teor de água de aproximadamente 0,11 b.s. Aos dados experimentais foram ajustados oito modelos matemáticos constantemente utilizados para representar a secagem de produtos agrícolas. Com base nos resultados obtidos, o modelo matemático de Midilli foi o único a se ajustar satisfatoriamente e representar a cinética de secagem para as folhas de *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. ex DC para todas as temperaturas do ar de secagem. Com aumento da temperatura provocou redução no tempo de secagem e aumento nas magnitudes dos valores do coeficiente de difusão efetivo. A energia de ativação foi de 57,44 kJ mol<sup>-1</sup> para as folhas secas de *Alibertia edulis*. Utilizando-se a velocidade do ar de secagem de 0,4 m s<sup>-1</sup>, para a faixa de temperatura de 40 a 70 °C.

Palavras-chaves: Marmelo do Cerrado. Qualidade pós-colheita. Difusividade. Temperatura. Midilli

## ABSTRACT

The objective of the present study was to evaluate the drying kinetics and diffusivity during the drying process of *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. ex DC. leaves. The leaves were harvested with an initial moisture content of approximately 1.50 d.b. and subjected to drying under different controlled temperature conditions (40, 50, 60, and 70 °C) and an air-drying velocity of 0.4 m s<sup>-1</sup> in an experimental fixed-bed dryer, until reaching a moisture content of approximately 0.11 d.b. Eight mathematical models commonly used to describe the drying of agricultural products were fitted to the experimental data. Based on the results obtained, the Midilli model was the only one to satisfactorily fit and represent the drying kinetics of *Alibertia edulis* (RICH.) A. Rich. ex DC. leaves under all drying air conditions. Increasing the temperature resulted in shorter drying times and higher magnitudes of the effective diffusion coefficient. The activation energy was 57.44 kJ mol<sup>-1</sup> for the dried *Alibertia edulis*. leaves under an air-drying velocity of 0.4 m s<sup>-1</sup>, within the temperature range of 40 to 70 °C.

Keywords: Cerrado quince. Postharvest quality. Diffusivity. Temperature. Midilli.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Frutos e Flor de *A. edulis*. 3
- Figura 2.** Localização da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), sendo o ponto (A) o Horto de Plantas Medicinais (HPM) e o ponto (B) o Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPREP), da Faculdade de Ciências Agrárias. Fonte: *Google maps* (2025). 6
- Figura 3.** Secador experimental de leito fixo utilizado na secagem das folhas de *A. edulis*. 7
- Figura 4.** Parte superior do secador experimental de leito fixo. 8
- Figura 5.** Secador experimental de leito fixo. 8
- Figura 6.** Distribuição das folhas de *A edulis* em bandejas durante o processo de secagem. 9
- Figura 7.** Folhas organizadas em camadas delgadas para o processo de secagem. 9
- Figura 8.** Folhas secas, sendo pesadas após o processo de secagem. 10
- Figura 9.** Razão de umidade, experimental e estimada pelo modelo de Midilli, para a secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) *A. Rich. ex DC.*, em diferentes temperaturas e, na velocidade do ar de 0,4 m.s<sup>-1</sup>. 10
- Figura 10.** Taxa de redução de água (TRA) para a secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) *A. Rich. ex DC.*, em diferentes temperaturas e na velocidade do ar de 0,4 m s<sup>-1</sup>. 17

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Modelos matemáticos que foram ajustados às curvas de secagem das folhas de *A. edulis*. 11
- Tabela 2.** Desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P) e coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de modelos matemáticos ajustados aos dados de razão de umidade obtidos na cinética de secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) *A. Rich. ex DC.*, de *Alibertia edulis* (Rich.) *A. Rich. ex DC.* para as diferentes condições do ar de secagem. 15
- Tabela 3.** Parâmetros do modelo de Midilli (a,k, n, b) e Coeficiente de difusão efetivo (D<sub>i</sub>) para as diferentes temperaturas durante a secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) *A. Rich. ex DC.* 18

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>2</b>
2.1 Características morfológica de <i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. ex DC.....	2
2.2 Importância Medicinal E alimentícia de <i>Alibertia edulis</i> (Rich.) A.Rich. ex DC.....	3
2.3 Secagem de plantas medicinais.....	4
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>6</b>
3.1 Cinética de secagem em camada delgada das folhas.....	9
3.2 Determinação do coeficiente de difusão efetivo.....	12
3.3 Influência da temperatura.....	13
3.4 Análise estatística.....	13
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>21</b>

## 1. INTRODUÇÃO

*Alibertia edulis* (Rich.) A.Rich. ex DC., popularmente conhecida como puruí (Gentil e Silva, 2021), marmelo nativo (Bento et al., 2016) e marmelo de bezerro (SILVA E FONSECA, 2006), é uma espécie arbustiva ou arbórea pertencente à família Rubiaceae, com ocorrência em diversas regiões da América tropical, incluindo o Brasil. Reconhecida por seus frutos comestíveis de sabor agridoce, tradicionalmente utilizada por populações locais, que atribuem a ela propriedades medicinais, como ação anti-inflamatória, cicatrizante e diurética (GENTIL E SILVA 2021; AQUINO, 2017).

A composição química de *A. edulis* revela uma diversidade de compostos bioativos, incluindo alcaloides, antraquinonas, flavonoides e derivados fenólicos, o que justifica o crescente interesse industrial na espécie, especialmente para aplicações nas indústrias farmacêutica e alimentícia (GENTIL E SILVA, 2021).

A secagem é um método antigo e eficaz para a conservação de alimentos, visando à redução da atividade de água e, conseqüentemente, à inibição do crescimento microbiano e da atividade enzimática, prolongando a vida útil do produto (EMBRAPA, 2010). O estudo da cinética de secagem é fundamental para otimizar o processo, pois permite compreender a velocidade com que a umidade é removida do material em diferentes condições, como temperatura, velocidade do ar e espessura do produto. A compreensão desses parâmetros é importante para preservar as características físico-químicas e nutricionais dos alimentos, além de otimizar a eficiência energética e o tempo de processamento do material (MARCINKOWSKI, 2006).

Considerando a importância da secagem como método de conservação, é importante investigar a cinética de secagem das folhas de *A. edulis*. Estudos têm demonstrado o impacto do processo de secagem, incluindo a possibilidade de identificar alterações na composição dos compostos bioativos (GENTIL, 2021). Os estudos carecem de dados sobre a cinética de secagem em secador experimental de leito fixo, especialmente para esta espécie, o que dificulta o desenvolvimento de processos eficientes e a padronização de produtos derivados.

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da secagem das folhas de *A. edulis* em diferentes temperaturas na cinética de secagem.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICA DE *ALIBERTIA EDULIS* (RICH.) A.RICH. EX DC.

A família Rubiaceae é uma das maiores entre as Angiospermae, possuindo inúmeras espécies distribuídas nos biomas brasileiros tendo em torno de 620 gêneros (FONSECA, et al., 2019). No bioma Cerrado, a família tem se destacado por sua diversidade, com um total de 376 espécies presentes. MARTINS (2015) afirma, que o Brasil possui uma grande quantidade de flora, tendo como costume étnico-cultural o uso de plantas medicinais.

*Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC. pertencente à família Rubiaceae, nativa do Brasil, tendo sua distribuição geográfica do Norte ao Sudeste do País, estando presente nos biomas Amazônico e do Cerrado, conhecida popularmente como marmelinho (NETO, 1985), marmelada nativa (BENTO et al., 2016), marmelada-de-bola (SOBRINHO et al., 2017) e apuruí (MARTIN et al., 1987; FLORES et al., 2018), possuindo diversos nomes de acordo com as regiões do País. A planta é arbórea (Figura 1), podendo atingir até 8 m de altura, apresentando folhas opostas, simples e pecioladas, com flores de 2 a 3 cm, actinomorfas (GENTIL, et al., 2021).



**Figura 1.** Frutos e Flor feminina de *A. edulis*.

Os frutos possuem formato do tipo esférico, variando de 5 a 6 cm de comprimento e 5 a 7 cm de diâmetro (VALERIA, 2021), com coloração amarelo-palha a preto, sendo consumido o fruto na forma *in-natura*, ou processado, na forma de geleias e doces (NUNES, 2013).

As sementes apresentam formato achatado, são pequenas e de coloração pardo-amarelada. Se torradas, podem ser utilizadas como café, ou para compor um *blend* (NUNES, 2013).

## **2.2 IMPORTÂNCIA MEDICINAL E ALIMENTÍCIA DE *ALIBERTIA EDULIS* (RICH.) A.RICH. EX DC.**

O potencial econômico de diversas espécies nativas tem sido objeto de inúmeros estudos. Estes demonstram que, além de sua importância na alimentação e na medicina, o alto valor nutritivo dos frutos os torna vitais para a sustentação da vida silvestre. Adicionalmente, tais espécies funcionam como uma fonte alimentar complementar para as comunidades rurais e podem se consolidar como uma alternativa de geração de renda para os produtores (SILVA et al., 2001). O chá das suas folhas é considerado hipotensor, hipoglicemiante, anti-inflamatório e diurético (Marques et al., 2013; Rieder, 2013). Conforme citado por Menegati (2014) a *A. edulis* apresenta diversos compostos farmacológicos e químicos que devem ser estudados.

Os extratos provenientes de *A. edulis* apresenta compostos fenólicos e iridoides (BROCHINI et al., 1994; SILVA et al., 2008b; SILVA et al., 2010; SANTANA et al., 2016; GENTIL; SILVA, 2021). Nos estudos de Santana et al. (2016), a decocção das folhas apresentou maiores teores de flavonoides em comparação à infusão, embora ambos os preparos tenham mostrado teores de compostos fenólicos. O extrato do decoto das folhas de *A. edulis* apresenta efeito hipoglicemiante em camundongos suíços fêmeas e machos normolipídicos (AQUINO et al., 2020). No mesmo estudo, verificou-se que o extrato proporciona uma proteção substancial contra o estresse oxidativo e a hemólise. Esses achados reforçam o uso tradicional da planta como agente hipoglicemiante; contudo, ainda são necessários estudos clínicos para confirmar sua eficácia. Na pesquisa de Aquino et al. (2017), diferentes doses de extrato aquoso foram administradas a ratos Wistar machos com hipertensão renovascular, verificando-se uma expressiva atividade diurética, além de efeitos hipotensor e anti-hipertensivo significativos.

A obtenção de produtos desidratados em pó a partir da polpa, casca ou sementes é considerada altamente atrativa devido à extensa vida útil em comparação com a fruta *in natura*, 11 promovida pela redução da atividade de água durante a desidratação e, portanto, dificuldade de crescimento de bactérias deteriorativas (YAHAGI, 2018). As farinhas obtidas de frutas e suas partes podem ser utilizadas no enriquecimento de produtos alimentícios como por

exemplo, em formulações de pães, biscoitos e barras de cereais, permitindo a obtenção de um produto com melhores qualidades nutricionais e tecnológicas (Souza, Ferreira & Vieira, 2008). Yahagi (2018) também ressalta em seu estudo que os extratos podem ser encapsulados e utilizados como suplemento.

### **2.3 SECAGEM DE PLANTAS MEDICINAIS**

A secagem é um dos processos mais antigos que se tem conhecimento, podendo auxiliar em uma colheita precoce, tendo como objetivo a redução no teor de água no produto agrícola, para que assim ocorra uma redução na taxa metabólica, de forma que, consiga ser armazenado por longos períodos (HALL, 1980; MARTINS, 2015). Podendo ser relacionada a etapa de suma importância para a pós-colheita.

Este processo é responsável por a transferência entre calor e massa do ar do secador e o do produto, a secagem tem por finalidade possuir uma temperatura mais elevada do que o produto a ser seco, fornecendo assim a massa ao ar de secagem na forma de vapor de água (LASSERAN, 1988).

A alta demanda de produção e com qualidade, tem o objetivo de atender a chamada industrial e populacional, visando obter produtos agrícolas de uma forma mais precoce evitando assim perdas no campo, podendo realizar o adiantamento de outras safras. Para realizar o armazenamento seguro é preciso reduzir os teores de água, por meio do processo de secagem, garantindo uma redução nas atividades físicas, químicas e biológicas (MARTINS, 2015). Lasseran (1988) assegura que, a secagem é o processo onde ocorre uma separação parcial entre o líquido (água) e a matriz sólida. Neste processo está envolvida a remoção parcial de líquidos do material, onde a transferência entre o calor do ar e do produto coincidem, pelo fluxo de vapor do líquido do produto e do ar. Tendo como particularidade da secagem a remoção dessa massa de água pela circulação do vapor de água, devido às diferentes pressões na superfície do material e do ar.

No contexto das plantas medicinais, a secagem é uma etapa crítica onde possui influencia diretamente sobre a qualidade e a eficácia do produto final (FARIA, 2024). Tendo como principal foco remover a umidade de forma controlada, sem danificar os compostos ativos ali presentes, tais como óleos essenciais, flavonoides e outros metabólitos secundários, que são responsáveis pelas propriedades terapêuticas (GOBBO, 2007; OLIVEIRA, 2018; MARTINY, 2021;).

Um erro na secagem pode levar à degradação de todos os compostos, apresentando uma perda de coloração, aroma e sabor, podendo até mesmo acelerar o desenvolvimento de

microrganismos indesejáveis (FARIA, 2024; SANTOS ARAUJO, 2025). Portanto, a escolha do método e das condições de secagem (temperatura, umidade relativa, velocidade do ar) é de suma importância para preservar a integridade dos princípios ativos, garantindo a eficácia e a segurança da secagem das plantas medicinais.

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

As folhas de *Alibertia edulis* foram coletadas no Horto de Plantas Medicinais, da Faculdade de Ciências Agrárias (FCA), da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) (Ponto A, Figura 2), nas coordenadas geográficas de 22°11'42"S e 54°56'09"W, entre fevereiro a junho de 2025. A colheita foi feita de forma manual e aleatória, nos terços médios e superiores das plantas, no horário da manhã sem a presença de chuvas ou gotas de orvalho e sem o solo úmido, para evitar interferências no teor de água inicial do processo, entre os períodos de fevereiro a junho de 2025, Posteriormente, o material vegetal foi conduzido ao Laboratório de Pré-processamento e Armazenamento - LAPREP (Ponto B, na figura 2) (22°11'51"S e 54°55'57"W), pertencente à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (FCA/UFGD), no município de Dourados – MS, Brasil.



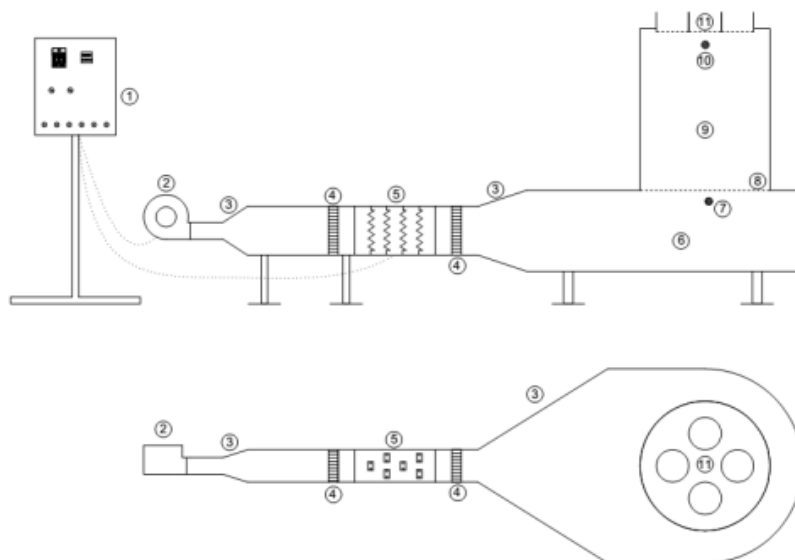
**Figura 2.** Localização da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), sendo o ponto (A) o Horto de Plantas Medicinais (HPM) e o ponto (B) o Laboratório de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPREP), da Faculdade de

Para assegurar a exatidão dos resultados, as folhas foram selecionadas no local sem incidência de lesões causadas por insetos ou imperfeições, com o intuito de garantir a homogeneidade do material vegetal e evitar qualquer tipo de interferência durante o processo de secagem.

Na secagem das folhas de *A. edulis* foi utilizado o secador experimental de leito fixo (Figura 3) (Goneli et al., 2016), organizadas em um conjunto de duas bandejas com malhas de ferro, apoiadas na câmara de secagem (Figura 3) distribuídas no leito de secagem 32 g de folhas na bandeja 1 e 32 g de folhas da bandeja 2, de forma homogênea e submetidas ao processo de secagem para cada condição de temperatura (40, 50, 60, e 70 °C) e velocidade do ar (0.4 m.s<sup>-1</sup>



<sup>1</sup>). As folhas frescas foram pesadas em balança analítica com calibração interna automática, com precisão de 0,01 g.



**Figura 3.** Secador experimental de leito fixo utilizado na secagem das folhas de *A. edulis*

---

1. Painel de controle de temperatura e fluxo de ar	2. Ventilador centrífugo
3. Expansões	4. Homogeneizadores de ar
5. Conjunto de resistências elétricas	6. Plenum
7. Ponto de medição de temperatura para secagem em camada espessa	8. Fundo telado para secagem em camada espessa
9. Câmara de secagem em camada espessa	10. Ponto de medição de temperatura para secagem em camada delgada
11. Conjunto de bandejas para secagem em camada delgada	

---

**Fonte:** Goneli et al., 2016.



**Figura 4.** Parte superior do secador experimental de leito fixo



**Figura 5.** Secador experimental de leito fixo

### 3.1 Cinética de secagem em camada delgada das folhas

Antes do início da secagem, foram pesadas aproximadamente 32 g de folhas frescas, organizadas de modo que, o fluxo de ar atingisse a maior quantidade de área do produto (Figura 6 e 7), submetidas a quatro temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C) controladas e velocidade de ar de secagem  $0,4 \text{ m.s}^{-1}$ .



**Figura 6.** Distribuição das folhas de *A. edulis* em bandejas durante o processo de secagem.



**Figura 7.** Folhas organizadas em camadas delgadas para o processo de secagem.



No decorrer do processo de secagem, foram realizadas as pesagens das bandejas 1 e 2, conforme o tempo programado. Nas pesagens foi utilizada uma balança analítica digital (Figura 8) com resolução de 0,01g, de modo que, no decorrer do tempo pudesse ser acompanhado a variação do teor de água, até o momento em que as mesmas estabilizarem.



**Figura 8.** Folhas secas, sendo pesadas após o processo de secagem.

A expressão da Equação 1, foi utilizada para determinar a razão de umidade (RU) das folhas de *A. edulis* ao decorrer da secagem:

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} \quad (1)$$

em que:

RU: razão de umidade do produto, adimensional;

U: teor de água do produto em um determinado tempo, decimal b.s.;

U<sub>e</sub>: Teor de água de equilíbrio do produto, decimal b.s.; e

Ui: Teor de água inicial do produto, decimal b.s.

Para descrever a ocorrência da secagem das folhas de *A. edulis*, com base nos dados de umidade, foram ajustados os modelos matemáticos, (Tabela 1), com uma maior frequência para reproduzir o processo de secagem.

**Tabela 1.** Modelos matemáticos que foram ajustados às curvas de secagem das folhas de *A. edulis*.

Designação do modelo	Modelo	Equação
Aproximação da difusão	$RU = a \exp(-k \theta) + (1 - a) \exp(-k b \theta)$	(2)
Dois termos	$RU = a \exp(-k_o \theta) + b \exp(-k_1 \theta)$	(3)
Exponencial de Dois Termos	$RU = a \exp(-k \theta) + (1 - a) \exp(-k a \theta)$	(4)
Henderson e Pabis	$RU = a \exp(-k \theta)$	(5)
Logarítmico	$RU = a \exp(-k t) + c$	(6)
Midilli	$RU = a \exp(-k \theta^n) + b \theta$	(7)
Page	$RU = \exp(-k \theta^n)$	(8)
Thompson	$RU = \exp\left(\left(-a - (a^2 + 4 b \theta)^{0,5}\right) / 2 b\right)$	(9)

em que:

$\theta$ : tempo de secagem, h;

k, ko, k1: constantes de secagem, h<sup>-1</sup>;

a, b, c, n: coeficientes dos modelos.

A taxa de redução de água (TRA) durante a secagem das folhas foi determinada pela Equação 10, conforme descrito por Corrêa et al. (2001). Os mesmos autores conceituam a TRA como a quantidade de água que um determinado produto perde por unidade de matéria seca por unidade de tempo.

$$TRA = \frac{Ma_0 - Ma_i}{MS(t_i - t_0)} \quad (10)$$

em que:

TRA: taxa de redução de água,  $\text{kg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ;

Ma<sub>0</sub>: massa de água total anterior, kg;

Ma<sub>i</sub>: massa de água total atual, kg;

MS: massa de matéria seca, kg;

t<sub>0</sub>: tempo total de secagem anterior, h; e

t<sub>i</sub>: tempo total de secagem atual, h.

### 3.2 Determinação do coeficiente de difusão efetivo

O coeficiente da difusão efetiva pode ser obtido, por meio do ajuste do modelo matemático difusão líquida (Equação 11) com os dados experimentais em razão de umidade resultantes da secagem das folhas de *A. edulis*. A equação apresentada possui solução analítica para a segunda lei de Fick, sendo utilizado uma aproximação de uma placa plana com 8 termos (BROKER et al., 1992).

$$RU = \frac{U - U_e}{U_i - U_e} = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n_i=0}^{\infty} \frac{1}{(2n_i+1)^2} \exp \left[ -(2n_i+1)^2 \cdot \pi^2 D_i \left( \frac{\theta}{4L} \right)^2 \right] \quad (11)$$

em que:

D<sub>i</sub>: coeficiente de difusão efetivo,  $\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ;

L: espessura do produto, m;

R<sub>e</sub>: raio equivalente, m; e

n<sub>i</sub>: número de termos.

Para realizar a determinação da espessura das folhas de *A. edulis*, foram mensuradas 50 folhas com o uso de um paquímetro digital com resolução de 0,01 mm, sendo realizado 3 medições em locais diferentes, obtendo-se uma média de 0,763 mm, sendo que a média da determinação foi utilizada no modelo de difusão efetiva (Equação 13).

### 3.3 Influência da temperatura

A influência da temperatura no coeficiente de difusão efetivo das folhas do *A. edulis* foram avaliadas através da equação de Arrhenius, apresentada na Equação 12.

$$D_i = D_o \exp\left(\frac{E_a}{R T_a}\right) \quad (12)$$

em que:

$D_o$ : fator pré-exponencial;

$R$ : constante universal dos gases,  $8,314 \text{ kJ} \cdot \text{kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ;

$T_a$ : temperatura, K; e

$E_a$ : energia de ativação,  $\text{kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

### 3.4 Análise estatística

Os modelos matemáticos (Tabela 1) foram ajustados aos dados observados, por meio da razão da umidade, durante a secagem das folhas de *A. edulis*, em diferentes condições do ar de secagem. O ajuste foi realizado por meio de análise de regressão não linear e empregando-se o método de Gauss-Newton, STATISTICA 8.0®.

A escolha do modelo matemático para descrever a secagem das folhas foi feita, por meio da avaliação do grau de ajuste de cada modelo experimental. Foram analisados os dados de Erro Médio Relativo (P), observados em relação aos valores estimados pelo modelo matemático em estudo (KASHANINEJAD et al., 2007), e, o Desvio Padrão da Estimativa (SE), que reflete a precisão do modelo. Draper e Smith (1998) afirmam, quanto menor o SE, melhor é o ajuste do modelo, sendo realizada a análise dos valores do coeficiente de determinação ajustado ( $R^2$ ).

Os cálculos para os valores de P e SE foram feitos utilizando-se as Equações 13 e 14, respectivamente.

$$P = \frac{100}{n_o} \sum_{i=1}^{n_o} \left( \frac{|Y - \hat{Y}|}{Y} \right) \quad (13)$$

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_o} (Y - \hat{Y})^2}{GLR}} \quad (14)$$

em que:

$n_o$ : número de observações experimentais;

$Y$ : valor observado experimentalmente;

$\hat{Y}$ : valor estimado pelo modelo; e

$GLR$ : graus de liberdade do modelo.

Adotou-se também como critério de seleção, a escolha de um modelo que se ajuste satisfatoriamente a todas as condições do ar de secagem estudadas neste trabalho.



## 4 RESULTADO E DISCUSSÃO

Os modelos matemáticos (Tabela 1) demonstraram um ajuste aos dados experimentais (Tabela 2), onde o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) se encontra superiores a 0,96, expressando uma alta representatividade.

**Tabela 2.** Desvio padrão da estimativa (SE), erro médio relativo (P) e coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de modelos matemáticos ajustados aos dados de razão de umidade obtidos na cinética de secagem das folhas de *Alibertia edulis* para as diferentes condições do ar de secagem.

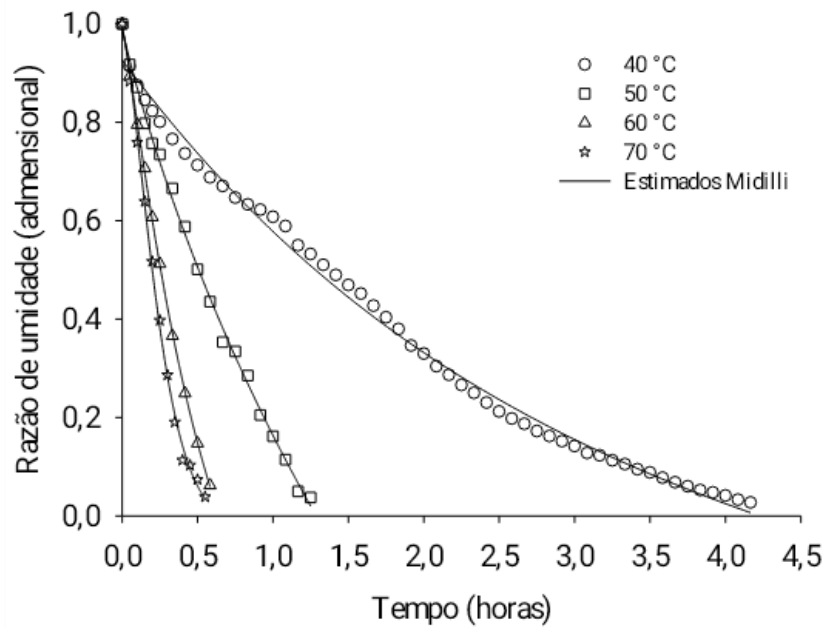
40°C			
Modelos	SE (decimal)	P (%)	$R^2$ (decimal)
(2)	0,0396	18,8041	0,9811
(3)	0,0428	28,6980	0,9783
(4)	0,0397	19,8348	0,9806
(5)	0,0419	28,6987	0,9783
(6)	0,0210	8,0817	0,9947
(7)	0,0217	8,7201	0,9944
(8)	0,0416	21,3401	0,9787
(9)	0,0431	26,8558	0,9771
50°C			
Modelos	SE (decimal)	P (%)	$R^2$ (decimal)
(2)	0,0182	5,4999	0,9970
(3)	0,0562	35,1252	0,9735
(4)	0,0377	24,4107	0,9864
(5)	0,0295	35,1252	0,9735
(6)	0,0159	6,0095	0,9977
(7)	0,0159	6,6600	0,9979
(8)	0,0372	21,7854	0,9867
(9)	0,0555	37,4995	0,9705
60°C			
Modelos	SE (decimal)	P (%)	$R^2$ (decimal)
(2)	0,0512	24,2914	0,9775
(3)	0,0658	24,5526	0,9720
(4)	0,0278	12,4691	0,9933
(5)	0,0570	24,5532	0,9720
(6)	0,0100	3,0558	0,9992
(7)	0,0073	1,4042	0,9996
(8)	0,0232	9,2705	0,9955
(9)	0,0645	28,0086	0,9642
70°C			
Modelos	SE (decimal)	P (%)	$R^2$ (decimal)
(2)	0,0339	19,0857	0,9908
(3)	0,0687	34,5425	0,9699
(4)	0,0259	13,4837	0,9946
(5)	0,0615	34,5408	0,9699
(6)	0,0338	17,9675	0,9918

(7)	0,0182	6,7736	0,9979
(8)	0,0180	6,6694	0,9974
(9)	0,0705	40,6933	0,9603

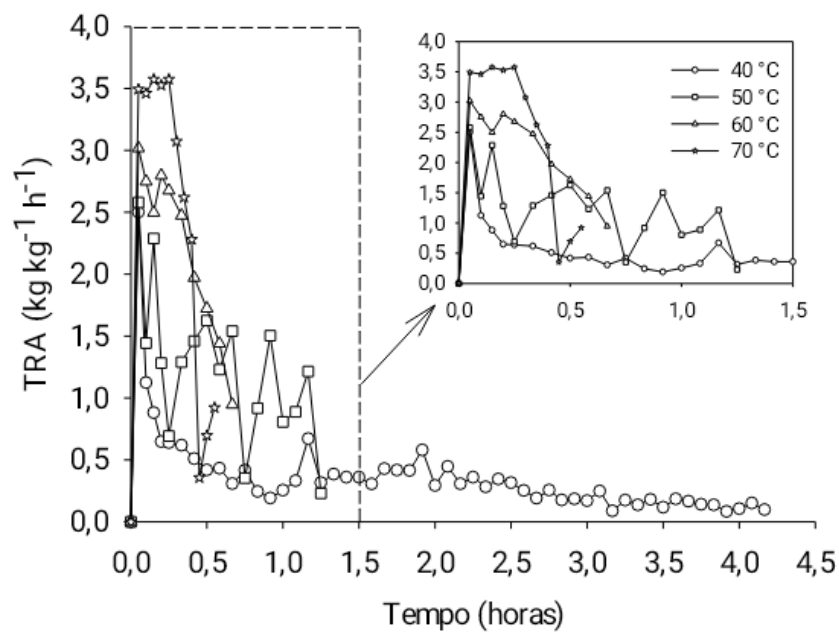
Conforme citado por Moraes et al., 2013, o erro médio relativo (P) deve ser inferior a 10% e apresentar baixo desvio padrão de estimativa (SE). O modelo matemático que melhor se ajustou foi de Midilli (7), se ajustando aos dados da secagem das folhas de *A. edulis* foram devidamente avaliadas (Tabela 2). Os modelos matemáticos Logarítmico (6), Midilli (7) e Page (8) obtiveram um excelente resultado, por apresentaram valores de erro médio relativo menor que 10% (Tabela 2). Observou-se que na temperatura de 60°C ocorreram os dois melhores resultados com modelos diferentes, no modelo de Logarítmico (6), demonstrando ser um excelente modelo para essa temperatura a ser trabalhada na secagem. Por outro lado, nas temperaturas de 50 °C e 70 °C, o modelo de Midilli, demonstrou um ótimo ajuste. Entretanto, em todas as temperaturas, conforme o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) apresentaram valores superiores a 0,96 considerado satisfatório por Kashaninejad et al. (2007).

A eficácia do modelo de Midilli, em representar a cinética de secagem de plantas medicinais, deve-se, principalmente à rápida perda de água na fase inicial da secagem, gerando assim um declínio na curva, que é identificada e demonstrada pela formulação matemática desse modelo (Goneli et al., 2014).

A validação do modelo de Midilli (7) é confirmada, por meio da correlação entre os dados experimentais e a curva teórica (Figuras 9 e 10) em todas as condições testadas, o que tende a reforçar a sua eficácia, utilizando-se os dados de cinética de secagem das folhas da *A. edulis*., no domínio experimental. Em Estudos prévios acerca de secagem de folhas de plantas medicinais o modelo de Midilli foi o que mais se apresentou com o melhor ajustou e aos dados estatísticos, como exemplo a espécie de hortelã-pimenta (GASPARIN et al., 2017), capim-cidreira (GOMES et al., 2017), jurubeba (MARTINS, 2019), pariparoba (Dorneles, 2022) e manjerição-anis (SANTOS; SILVA, 2024).



**Figura 9.** Razão de umidade, experimental e estimada pelo modelo de Midilli, para a secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC., em diferentes temperaturas e, na velocidade do ar de 0,4 m.s<sup>-1</sup>.



**Figura 10.** Taxa de redução de água (TRA) para a secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC., em diferentes temperaturas e na velocidade do ar de 0,4 m s<sup>-1</sup>.

Essa redução do tempo ocorre devido à diferença entre a pressão parcial de vapor do ar de secagem e do produto (SIQUEIRA et al., 2012), resultando em altos valores na taxa de redução de água (Figura 10). Observou-se em todas as temperaturas (40, 50, 60 e 70 °C), que, ao iniciar o processo de secagem, há perda de água das folhas de forma mais acelerada quando comparado ao final do processo. Esse fenômeno tende a deve-se devido à camada de água superficial ser a primeira a ser evaporada, devido ser afetada com alta intensidade (Figura 10). Zilio e Queiroz (2024), reforçam que a elevação da temperatura do ar de secagem é um fenômeno que tende reduzir o tempo de secagem, sendo previsto e descrito em diversos trabalhos com plantas medicinais (GONELI et al., 2014; GOMES et al., 2017; e MARTINS., 2019).

**Tabela 3.** Parâmetros do modelo de Midilli (a, k, n, b) e Coeficiente de difusão efetivo ( $D_i$ ) para as diferentes temperaturas durante a secagem das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC.

Temperatura (°C)	a	k	n	b	$D_i \times 10^{-11} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$
40	0,9264	0,4072	1,0067	-0,0385	3,0999
50	0,9921	0,7950	0,9017	-0,2843	7,8726
60	0,9947	2,6628	1,1709	-0,3125	14,8443
70	0,9845	7,1662	1,4767	-0,0283	21,1703

O parâmetro “k” do modelo de Midilli tende por ser um indicador de suma importância, devido aos efeitos sobre as condições externas de secagem, como a temperatura e velocidade do ar. Por outro lado, a difusividade efetiva está relacionada durante à fase da cinética de secagem. Conforme Babalis e Belessiotis, 2004 o parâmetro “k” tende a ser utilizado no processo de secagem como uma aproximação para descrever o impacto da temperatura. Portanto, o aumento nos valores evidencia forte relação entre o gradiente térmico com a taxa de secagem, confirmando a hipótese de que, em altas temperaturas a remoção da umidade no material são aceleradas (COSTA et al., 2007). Já em altas temperaturas fornecem uma maior quantidade de energia térmica para as moléculas de água, de modo que, supera a energia de ativação necessária para a difusão, agindo de forma que a água do interior das células migre com uma maior facilidade para a superfície da folha, acelerando a secagem. A difusidade refere-se à facilidade com que a água é transferida de dentro de um material para a sua superfície durante o processo de secagem. Na Tabela 3, são apresentados os valores médios do Coeficiente de Difusão Efetivo ( $D_i$ ), obtidos durante o processo de secagem das folhas de *A. edulis* em

diferentes temperaturas do ar, considerando a espessura foliar média de 0,763mm. Observa-se o aumento em torno de sete vezes entre as temperaturas de 40°C a 70°C, reduzindo o tempo de secagem.

A energia de ativação ( $E_a$ ), obtida por meio dos coeficientes da equação de Arrhenius ajustados aos valores de  $D_i$  para as folhas de *A. edulis* durante a secagem foram calculados de acordo com a Equação 12, sendo de 57,44 kJ mol<sup>-1</sup> para as folhas secas utilizando-se a velocidade do ar de secagem de 0,4 m s<sup>-1</sup>, para a faixa de temperatura do ar de secagem de 40 a 70 °C. Kashaninejad et al. (2007) e Zilio et al. (2024) afirmam que, quanto menor a energia de ativação maior será a difusividade de água do material, assim representando uma barreira que necessita ser superada para dar início ao processo de difusão do material. A redução do teor de umidade resulta em uma maior difusividade de água no processo de secagem.

A energia de ativação, calculada para as folha de *A. edulis* apresentaram valores semelhantes aos observados em diversos estudos de secagem de plantas medicinais, em diferentes temperaturas e velocidades do ar de secagem, como para as folhas de *Hyptis suaveolens*, que foram de 62,513 e 61,289 kJ mol<sup>-1</sup> (Alves et al., 2017), *Morus nigra* L., de 65,94 e 66,08 kJ mol<sup>-1</sup> (Martins et al., 2018), *Ocimum selloi* Benth, de 66,90 kJ mol<sup>-1</sup> e 55,25 kJ mol<sup>-1</sup> (Santos et al., 2024) e *Casearia sylvestris* Swartz de 66,234 e 65,571 kJ mol<sup>-1</sup> (Zilio et al., 2024).

## 5 CONCLUSÃO

O modelo matemático de Midilli foi o que mais se ajustou satisfatoriamente aos dados experimentais da cinética de secagem das folhas de *A. edulis*, para a faixa de temperaturas de 40 °C a 70°C e velocidade do ar de 0,4 m s.<sup>-1</sup>;

A elevação da temperatura do ar de secagem proporciona maiores taxas de redução de água nas folhas de *A. edulis*, assim como aumento da difusividade efetiva da água no interior do produto.

A energia de ativação foi de 57,44 kJ mol<sup>-1</sup> para as folhas secas de *A. edulis* utilizando a velocidade do ar de secagem de 0,4 m s.<sup>-1</sup>, para a faixa de temperatura de 40 °C a 70°C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AQUINO, D. F. S. et al. *Alibertia edulis* (L.C. Rich.) A.C. Rich – Um potente diurético proveniente de espécies indígenas brasileiras. **Revista de Etnofarmacologia**, v. 196, p. 193-200, 2017. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874116323704?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- BABALIS, S. J.; BELESSIOTIS, V. G. Influência das condições de secagem nas constantes de secagem e na difusividade da umidade durante a secagem em camada fina de figos. **Revista de Engenharia de Alimentos**, v. 65, n. 3, p. 449-458, 2004. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/223932282\\_Influence\\_of\\_the\\_drying\\_conditions\\_on\\_the\\_drying\\_contents\\_and\\_moisture\\_diffusivity\\_during\\_the\\_thin\\_layer\\_drying\\_of\\_figs](https://www.researchgate.net/publication/223932282_Influence_of_the_drying_conditions_on_the_drying_contents_and_moisture_diffusivity_during_the_thin_layer_drying_of_figs)>. Acesso em: 15 nov. 2025.
- BENTO, L. F. et al. Armazenamento de sementes de *Alibertia edulis*: Influência do teor de água e das condições de armazenamento. **Revista Africana de Pesquisa Agrícola**, v. 11, n. 18, p. 1646-1655, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.5897/AJAR2016.10871>>. Acesso em: 21 ago. 2024.
- CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 19 p. (Documentos, 276). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883845/1/doc276.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- CONSOLARO, H. N. **A distília em espécies de Rubiaceae do bioma cerrado**. 2008. 115 f. Tese (Doutorado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Instituto de Ciências Biológicas, Departamento de Ecologia, Brasília, DF.
- CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 25, n. 1, p. 134-142, 2001. Disponível em: DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i8.17334>. Acesso em: 14 jul 2025.
- CPT. **Qual a importância da secagem das plantas medicinais?** [S. l.]: CPT, [2025?]. Disponível em: <https://www.cpt.com.br/dicas-cursos-cpt/qual-a-importancia-da-secagem-das-plantas-medicinais>. Acesso em: 14 jul. 2025.
- DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Análise de regressão aplicada**. 3th ed. New York: John Wiley & Sons, 1998. 712 p.
- FONSECA, W. O. et al. A família Rubiaceae no Parque Nacional de Boa Nova, Estado da Bahia, Brasil. **Hoehnea**, São Paulo, v. 47, e462019, 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-46/2019>. Acesso em: 13 jun. 2025.
- GENTIL, E. P.; SILVA, O. C. da. Estudo sobre o impacto do processo de secagem nas características finais do fruto Puruí (*Alibertia edulis*) desidratado. **Revista Brasileira de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 43695-43703, abr. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/29084>. Acesso em: 13 out. 2025.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/gn5mhqcFHSbXXgTKNLJTS9t/?lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2025.

GOMES, N. H. F. et al. Cinética de secagem de folhas de *Cymbopogon citratus*. **Engevista, Niterói**, v. 19, n. 2, p. 328-338, maio 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.22409/engevista.v19i2.837>. Acesso em: 15 nov. 2025.

GONELI, A. L. D. Projeto experimental de secador para produtos agrícolas. **Revista da Associação Brasileira de Engenharia Agropecuária**, v. 36, n. 5, p. 938-950, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v36n5p938-950/2016>. Acesso em: 28 jun. 2025.

GONELI, A. L. D. et al. Cinética de secagem de folhas de erva baleeira (*Cordia verbenacea* DC.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v. 16, n. 2, supl. 1, p. 434-443, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbpm/a/m3n64LHvFBQ7cNVNwc7RTvJ/?format=html&lang=pt>. Acesso em: 21 out. 2025.

GONELI, A. L. D.; VIEIRA, M. C.; BENITEZ, H. C. V.; GONÇALVES, A. A. Modelagem matemática e difusividade efetiva de folhas de aroeira durante a secagem. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 56-64, 2014a. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000100005>. Acesso em: 5 jul. 2025.

HALL, C. W. **Drying and storage of agricultural crops**. Westport: AVI, 1980.

KASHANINEJAD, M. et al. Características de secagem em camada fina e modelagem de pistaches. **Revista de Engenharia de Alimentos**, v. 78, n. 1, p. 98-108, 2007.

MARCINKOWSKI, E. A. **Estudo da cinética de secagem, curvas de sorção e modelagem matemática de sementes de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.

MARTINS, E. A. S. **Descrição da cinética e do efeito da secagem sobre a composição química de folhas e frutos de *Solanum paniculatum* L.** 2019. 96 f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS.

MARTINS, E. A. S. et al. Cinética de secagem de folhas de timbó (*Serjania marginata* Casar). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 3, p. 238-244, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/mqhJF3dm5S9JLL93yvwq9VG/?lang=pt>. Acesso em: 5 jul. 2025.

MARTINS, Elton Aparecido Siqueira. **Dimensionamento e experimentação de um secador de leito fixo para a secagem de produtos agrícolas**. 2015. 123p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados. Disponível em: <http://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/128>. Acesso em: 05 jul. 2025.

MARTINY, T. R. et al. Avaliação de técnicas de secagem e seu efeito no teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante de folhas de oliveira (*Olea europaea* L.). **Revista Científica da Jornada de Pós-Graduação e Pesquisa**, Bagé, v. 13, n. 1, p. 1-10, jan./jun. 2021.



Disponível em: <http://revista.urcamp.tche.br/index.php/rcjpgp/article/viewFile/4062/2993>. Acesso em: 13 out. 2025.

MENEGATI, Sara Emilia Lima Tolouei. **Avaliação da atividade antioxidante e dos perfis toxicológico e genotóxico do extrato aquoso das folhas de *Alibertia edulis* (Rich.) A. Rich. ex DC.** 2016. 70 f. Dissertação (Mestrado em Biologia Geral/Bioprospecção) – Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, MS, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/1459/1/SaraEmiliaLimaToloueiMenegati.pdf>. Acesso em: 21 set. 2025.

MORAIS, Simone Janaína da Silva et al. Modelagem matemática das curvas de secagem e coeficiente de difusão de grãos de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 44, n. 3, p. 455-463, set. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-66902013000300006>. Acesso em: 15 nov. 2025.

NELES, Luana do Nascimento Silveira. **Secagem e armazenamento de folhas de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*): caracterização de folhas e extratos aquosos.** 2022. 93 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

OLIVEIRA, D. E. C.; RESENDE, O.; COSTA, L. M. Cinética de secagem dos grãos de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 11, n. 3, p. 307-317, set./dez. 2012. Disponível em: [https://scholar.archive.org/work/fe46jemxpnhbkkcdewrjbfnnx4/access/wayback/http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/download/393/pdf\\_35](https://scholar.archive.org/work/fe46jemxpnhbkkcdewrjbfnnx4/access/wayback/http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/download/393/pdf_35). Acesso em: 13 out. 2025.

SANTOS, Leidimara Moreira dos; SILVA, Regianne Fernandes da. **Cinética de secagem de folhas de manjeriço-anis (*Ocimum selloi* Benth).** 2024. 27 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/5923/1/LeidimaraMoreiradosSantos-RegianneFernandesdaSilva.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SANTOS ARAUJO, F. M. dos et al. Fenologia e temperatura de secagem de frutos da aroeira pimenteira no rendimento de compostos bioativos. **Revista de Ciências da Educação e Saúde**, v. 1, n. 1, p. 560, 2025. Disponível em: <https://bio10publicacao.com.br/jesh/article/view/560>. Acesso em: 15 nov. 2025.

SOUZA, M. W. S.; FERREIRA, T. B. O.; VIEIRA, I. F. R. Composição centesimal e propriedades funcionais tecnológicas da farinha da casca do maracujá. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 19, n. 1, p. 33-36, jan./mar. 2008.

ZILIO, F. G.omes; QUEIROZ, Guilherme Fernando V.iera. **Cinética de secagem de folhas de guaçatonga (*Casearia sylvestris* Swartz var. *língua*).** 2024. 22 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/5920/1/FlavioGomesZilioGuilhermeFernandoVieiraQueiroz.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2025.