



CAROLINE TINOCO DE ABREU

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE *MORINGA*
OLEIFERA LAM. SECOS EM ALTAS TEMPERATURAS
DO AR DE SECAGEM E SEUS EFEITOS NA EFICIÊNCIA
DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO**

**LAVRAS-MG
2022**

CAROLINE TINOCO DE ABREU

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE *MORINGA OLEIFERA* LAM.
SECOS EM ALTAS TEMPERATURAS DO AR DE SECAGEM E SEUS
EFEITOS NA EFICIÊNCIA DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

Ma. Bárbara Lemes Outeiro Araújo

Coorientadora

LAVRAS-MG

2022

CAROLINE TINOCO DE ABREU

**PROPRIEDADES FÍSICAS DE GRÃOS DE *MORINGA OLEIFERA* LAM.
SECOS EM ALTAS TEMPERATURAS DO AR DE SECAGEM E SEUS
EFEITOS NA EFICIÊNCIA DE EXTRAÇÃO DO ÓLEO**

**PHYSICAL PROPERTIES OF GRAINS OF *MORINGA OLEIFERA* LAM.
DRIED IN HIGH DRYING AIR TEMPERATURES AND THEIR EFFECTS ON
OIL EXTRACTION EFFICIENCY**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Agrícola, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em

Prof. Dr. Ednilton Tavares de Andrade

Orientador

Ma. Bárbara Lemes Outeiro Araújo

Coorientadora

**LAVRAS-MG
2022**

DEDICATÓRIA

*Dedico esta vitória primeiramente a Deus,
em seguida aos meus pais que tanto
fizeram por mim e estiveram comigo ao
longo de todo este período de graduação.*

AGRADECIMENTOS

Chegar até este momento sozinha seria impossível, se não fossem os olhos e as mãos de Deus durante todo este processo de graduação certamente eu não estaria aqui. Ele colocou pessoas certas no meu caminho para me guiar, assim como permitiu que meus pais estivessem presentes me auxiliando durante todo esse tempo, desde a UFRRJ até a UFLA. Sem eles nada disso seria possível, obrigada por todo o amor e suporte destinados a este objetivo até hoje. Agradeço à Deus pela oportunidade e aos meus pais, por não terem desistido em nenhum momento desses longos anos. Juntamente a isto, retorno todo o amor e carinho as minhas tias Tia Ana, Marlene, Agda e Ruth. Assim como o André Teixeira, que esteve presente comigo em momentos de angústias e felicidades, agradeço por todo o amor, ensino e parceria durante a caminhada. Além disso, tenho grandes amigos que levarei comigo para a vida que fizeram a graduação se tornar mais leve durante todo o trajeto. Um agradecimento especial ao Zé Alfredo que tornou meu ano de 2019 muito mais especial, Matheus Palheta, Marianna Severo, Sabrina Teodoro, Pedro Estima, Alexander Ramos, João Arêdes, Thais Machado, Ana Carolina Carvalhaes, Cláudio Leonel e Erli Vieira. Por fim, gostaria de agradecer pela oportunidade de ser orientada pelo professor Edniton Tavares, que durante a graduação me permitiu participar de projetos de iniciação que me agregaram em conhecimentos até o atual momento. Juntamente a isto, gratidão a Bárbara Lemes que coorientou este estudo com grande maestria, proporcionando apoio e parceria desde o início do processo deste trabalho. E a todos que de alguma forma participaram comigo dessa trajetória nesses anos e contribuíram para minha formação, muito obrigada.

RESUMO

A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta de origem indiana, caracterizada por seu rápido crescimento, resistência a seca, e por conter grãos ricos em óleo, podendo ser empregada em diversos setores da indústria. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da secagem de grãos de *moringa oleifera* em altas temperaturas do ar, nas propriedades físicas destes e no rendimento de extração de óleo. Os grãos foram provenientes da cidade de Barreirinhas (MA) e o experimento conduzido na Universidade Federal de Lavras. A secagem foi feita em secador mecânico de laboratório em camada fixa com convecção forçada, nas temperaturas do ar de 40°C e 70°C, de 30 em 30 min, nas primeiras 3 horas e posteriormente, de 1 em 1h, para obtenção das curvas de secagem dos dados experimentais. As avaliações físicas foram feitas antes e depois das secagens, determinando o teor de água, esfericidade, área projetada, massa específica e contração volumétrica. A extração do óleo foi realizada por prensa mecânica, determinando posteriormente, o rendimento e eficiência desta. Os resultados não apresentaram diferenças significativas para os parâmetros de esfericidade e área projetada, nos diferentes tratamentos de secagem, entretanto os resultados da massa específica e contração volumétrica dos grãos secos à 70°C foram significativamente maiores, influenciando no rendimento de extração de óleo. A eficiência da prensa mecânica para os grãos úmidos e secos à 40°C foi de respectivamente 67,26% e 67,48%, diferindo estatisticamente dos secos à 70°C, com apenas 18,50%. A secagem dos grãos de moringa com a temperatura do ar de 40°C, não interferiu na otimização da extração de óleo, além de apresentar menores modificações estruturais nestes.

Palavras-chave: Processamento de grãos. Contração volumétrica. Prensa mecânica. Rendimento. Pós colheita.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
2 REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 <i>Moringa oleifera</i> Lam	9
2.2 Propriedades físicas dos grãos	9
2.3 Processamento de produtos agrícolas	10
2.3.1 Secagem de grãos	10
2.3.2 Efeitos da temperatura do ar de secagem na extração de óleo	11
3 MATERIAL E MÉTODOS	12
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	15
5 CONCLUSÃO.....	18

1 INTRODUÇÃO

A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta presente no continente asiático, de origem indiana, caracterizada por seu rápido crescimento e resistência a seca, tornando-a muito versátil. Além disso, possui ampla empregabilidade por seus grãos conterem alto teor lipídico e proteico, em torno de 40% e 78%, respectivamente, e ainda abundância na capacidade nutritiva, sendo uma ótima indicação para quem possui alimentação vegana, como também ser empregada na complementação alimentar de crianças e lactantes, auxiliando no combate à desnutrição.

Apesar da potencialidade diversificada do uso de moringa, as pesquisas relacionadas ao processamento de pós-colheita dos grãos ainda são escassas. Tendo em vista que estes são colhidos com alto teor de água, a secagem é um fator essencial a ser estudado, por garantir a manutenção da qualidade durante o armazenamento, possibilitando o aumento da vida útil, devido a diminuição da quantidade de água livre, desacelerando o seu envelhecimento, além de contribuir na menor incidência de microrganismos como os fungos. Entretanto, se a secagem não for feita adequadamente, pode afetar de forma negativa a rentabilidade e qualidade do produto final, pela ocorrência de mudanças físicas e químicas durante o processo, sendo a temperatura um dos principais fatores que podem influenciar nesta etapa.

A ocorrência das modificações estruturais dos grãos, dependendo da intensidade temperatura do ar de secagem, pode influenciar ainda na eficiência da extração mecânica de óleo, o que não é desejável já que este consiste no componente de maior valor agregado da moringa, acarretando prejuízos financeiros. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo estudar o efeito da secagem de grãos de *Moringa oleifera* em temperaturas do ar de 35°C e 70°C, nas propriedades físicas destes e no rendimento da extração mecânica do óleo. O trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da secagem de grãos de *Moringa oleifera* em temperaturas do ar de secagem de 40°C e 70°C, nas propriedades físicas dos grãos e no rendimento de extração mecânica do óleo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Moringa oleifera* Lam.

A *Moringa oleifera* Lam. é uma planta de origem indiana, de grande interesse econômico, medicinal e industrial, e por possuir grandes atributos nutricionais, é também conhecida como Árvore Milagrosa (SILVA *et al.*, 2021). Esta possui diferentes propriedades que podem se destacar tanto na área ambiental como medicinal. Segundo Leone *et al.* (2016) as folhas por exemplo, possuem ação anti-inflamatória, hepatoprotetora, antioxidante e antidiabético, podendo servir no tratamento de doenças humanas e animais.

Os grãos de moringa têm se mostrado como um excelente coagulante natural, sendo uma alternativa interessante quando comparada a coagulantes químicos no tratamento de água. O extrato destes, por conter alto teor de proteína catiônica, age como agente clarificante (FIGUEIREDO *et al.*, 2022). Além disso, os grãos possuem em torno de 35 a 40% de óleo, com características bem próximas ao azeite de oliva, além da excelente estabilidade oxidativa, podendo ser utilizado em diversos setores da indústria, como na confecção de cosméticos e biocombustíveis, despertando o interesse em pesquisadores e agricultores a utilizarem a espécie de inúmeras maneiras (OLIVEIRA, 2012; BITU, 2018; CAMPOS *et al.*, 2018).

2.2 Propriedades físicas dos grãos

Os grãos possuem propriedades diferentes de acordo com as características de cada espécie, sendo que algumas questões como cultivares e variedades podem gerar ainda diferenciação dentro desta mesma. As definições como forma, volume, tamanho, porosidade, massa específica, velocidade terminal, são informações importantes para se obter, na comercialização do produto (RODRIGUES *et al.*, 2019).

O conhecimento sobre a massa específica, por exemplo, se faz essencial para o processo pós-colheita e de armazenagem dos grãos, auxiliando no dimensionamento de silos e embalagens, secadores, transporte, entre outros. Além disso, pode ser uma ferramenta no monitoramento da qualidade do produto armazenado, na identificação de danos causados por insetos ou deterioração por fungos (SILVA *et al.*, 2018).

Saath (2019) discorre sobre a influência da transferência de calor e massa no processo de secagem, nas propriedades físicas dos grãos, relatando os efeitos deste na alteração da massa específica e teor de água, em comparação com grãos in natura. Segundo Souza (2017), durante o processamento de secagem, na grande maioria das espécies, as modificações mais visíveis são forma, tamanho e volume das sementes. Este ainda, observou que existe uma diminuição no volume da massa dos grãos ao longo da secagem, sendo um fator diretamente ligado com a redução de água no interior dos grãos, em função da temperatura do ar de secagem.

A velocidade em que ocorre a saída de água dos grãos durante a secagem, pode causar variações nas propriedades físicas destes, como a contração volumétrica, propiciando a necessidade de modificações nos processos industriais, projetos e dimensionamento de equipamentos usados nas operações de pós-colheita, além de refletir no estado de conservação dos produtos (RESENDE *et al.*, 2005).

De acordo com Carvalho (2010), quando direcionamos o assunto para equipamentos destinados ao uso pós-colheita de produtos agrícolas, os aspectos mais importantes a serem compreendidas são a classificação, o dimensionamento e o tipo de processamento que serão utilizados, além de dados específicos dos grãos, especialmente no que tange as características geométricas, como tamanho, volume e porosidade, além do teor de água, para que se possa determinar as condições ideais da série de secagem e armazenagem, que influenciarão na manutenção da qualidade até a sua comercialização.

2.3 Processamento de produtos agrícolas

2.3.1 Secagem de grãos

O trabalho com grãos de alta qualidade, está diretamente relacionado a etapa de colheita e pós-colheita da cultura, em que para obter o mínimo de perda, se faz importante a análise do estágio de maturação fisiológica para a determinação da melhor época de colheita dos grãos, sendo o ideal que o intervalo seja o menor possível, a fim de contribuir para o processamento seguro e eficiente (BOTELHO *et al.*, 2018).

Os grãos ao serem colhidos, de forma geral, possuem alto teor de água com relação aos valores ideais para a manutenção da qualidade durante o período de armazenagem. A secagem é um procedimento realizado para a diminuição da quantidade de água livre dos grãos, com o propósito de redução da atividade biológica e de reações bioquímicas, que

ocasionam a degradação e contaminação por microrganismos. Alguns fatores como tamanho das partículas, constituição química e teor de água, podem influenciar na taxa e curvas de secagem das sementes (BOTELHO *et al.*, 2018).

Existem diferentes métodos de secagem, que para sua escolha, precisam ser considerados alguns aspectos como o tipo de cultura, o tempo disponível para o processo, clima, entre outros. O aquecimento é um dos principais mecanismos utilizados na secagem de grãos, podendo ser por meio de convecção, condução ou radiação. (SILVA, 2018). Além desses processos de secagem, existem alguns utilizados para a obtenção de alimentos em pó, como por exemplo a liofilização, spray drying, drum drying, cast-tape e drying (SILVA, 2021).

Entre os diversos tipos de secagem, os mais comuns são a secagem natural, feita em terreiros por meio de aquecimento solar, e a artificial, no qual é utilizada secador mecânico, com circulação de ar forçada (SILVA *et al.*, 2021). Este último, é muito utilizado por cooperativas e agricultores, por ser um método mais rápido, de fácil operação e proporcionar uniformidade na secagem dos grãos (BORGES *et al.*, 2019).

No processamento de grãos, a secagem é uma das etapas que mais precisam de atenção, já que se esta não for realizada da maneira correta, pode gerar prejuízos e deterioração do produto, propiciando a susceptibilidade à quebra, alteração estrutural não desejável, mudanças químicas dos componentes, entre outros (MAFRA *et al.*, 2021).

A temperatura do ar de secagem é um fator de suma importância, já que pode influenciar na velocidade do processo, por seu incremento aumentar a pressão de vapor no interior dos grãos, reduzindo o teor de água em menor tempo, em contrapartida, pode também afetar a qualidade do produto, degradando componentes termosensíveis (CAVALCANTE, 2020).

2.3.2 Efeitos da temperatura do ar de secagem na extração de óleo

A extração de óleo de grãos pode ser realizada por diferentes métodos, sendo os mais comuns por prensa mecânica e com solventes químicos. Este último é normalmente o mais eficiente, sendo que fatores como tamanho da partícula e tipo de solvente podem influenciar no rendimento de extração. Neste caso, os grãos devem ser triturados para facilitar a penetração do solvente orgânico e arraste do óleo, que ocorre com a utilização de extrator Soxhlet (AQUINO, 2018). Já a extração mecânica é realizada meio de uma

prensa, em que os grãos são comprimidos a altas pressões, para o rompimento das paredes celulares e liberação dos glóbulos de óleo (CARIA JUNIOR, 2020).

O processo de extração mecânica do óleo é mais realizado, por ser vantajoso pela facilidade de operação, não precisando de mão de obra especializada, e não necessitar de locais específicos para operação, por não ter riscos químicos, podendo ser feito inclusive em propriedades rurais. Além disso, por ser um método que não utiliza altas temperaturas, corrobora para a manutenção da qualidade do produto, quando comparado ao de extração química (BERY, 2019).

Apesar dos benefícios da extração de óleo com prensa mecânica, esta não possui eficiência total, deixando um percentual retido na torta, o que pode não ser interessante do ponto de vista econômico. Lala (2002) fez a extração do óleo de uma mesma amostra de grãos de moringa pelo método mecânico e químico com solvente hexano, e obteve como resultado os teores médios de 25% e 40% respectivamente, o que demonstrou uma eficiência de extração por prensa em torno de 38% menor do que a com solvente orgânico.

Outro fator que pode influenciar a extração mecânica de óleo é a temperatura do ar de secagem em que os grãos foram submetidos, já que seu incremento aumenta a pressão de vapor no interior destes, reduzindo o teor de água em menor tempo, o que pode gerar modificações físicas estruturais, como a contração volumétrica, dificultando a ruptura das paredes dos grãos pela prensa, tornando a extração menos eficiente (BRESSAN *et al.*, 2018; PIGHINELL *et al.*, 2010).

3 MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi iniciada na cidade de Barreirinhas (MA), na qual foram colhidos grãos de *Moringa oleifera* Lam. pré-secos na safra do segundo semestre de 2018 e o experimento foi desenvolvido na Universidade Federal de Lavras (UFLA). O processo de secagem foi realizado no Laboratório de Processamento de Produtos Agrícolas. Além disso, extração de óleo e as análises foram realizadas no Laboratório de Plantas Oleaginosas, Óleos, Gordura e Biodiesel, no Departamento de Engenharia Agrícola da UFLA. Após atingirem o ponto de maturidade fisiológica, os grãos foram colhidos e retirados manualmente, em seguida passaram pelo processamento de pré-limpeza (AGUSTINI *et al.*, 2015).

A secagem artificial dos grãos foi realizada por meio de um secador mecânico de laboratório em camada fixa com convecção forçada, na velocidade do ar de $0,33 \text{ m.s}^{-1}$ em temperatura controlada do ar de secagem de 40°C e 70°C , sendo pesadas as amostras de 30 em 30 minutos (nas primeiras 3 horas) e posteriormente de 1 em 1 horas, até atingirem o equilíbrio higroscópico. A temperatura foi monitorada por meio da central de dados de cabos termopares tipo J na bandeja do secador e na parte externa Dataloggers, modelo LG820-UM-851, obtendo a umidade relativa do ar ambiente. As curvas experimentais da secagem foram obtidas a partir do cálculo da razão de umidade, de acordo com a Equação 1.

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

Onde:

RU: razão de teor de água do produto (adimensional);

U: teor de água do produto ($\text{kg de água. kg de matéria seca}^{-1}$);

U_i : teor de água inicial do produto ($\text{kg de água. kg de matéria seca}^{-1}$);

U_e : teor de água de equilíbrio do produto ($\text{kg de água. kg de matéria seca}^{-1}$).

Para o cálculo da umidade de equilíbrio (U_e), utilizou-se a Equação 2, descrita pelo modelo determinado por Barbosa (2021):

$$U_e = 0,2574 \left(\frac{UR^{0,8912}}{T^{0,2885}} \right) \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

U_e : Teor de água do produto (b.s.);

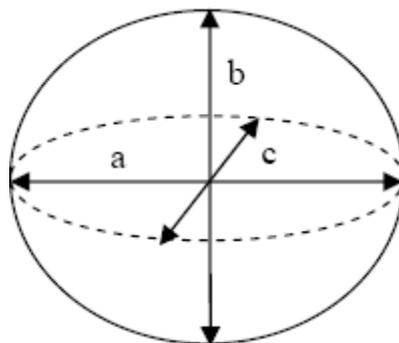
UR: Umidade relativa do ar de secagem (decimal);

T: Temperatura do ar de secagem ($^\circ\text{C}$).

As análises físicas dos grãos foram realizadas antes e depois do procedimento de secagem. Foi utilizado o método de estufa à $105 \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$, para determinação do teor de água dos grãos, durante 24 horas. A massa específica aparente foi realizada por meio de peso hectolitro, de acordo com as Regras de Análise de Sementes (BRASIL, 1992).

As dimensões dos grãos, foram obtidas por meio da ferramenta do paquímetro digital com resolução de $0,001 \text{ mm}$, as características analisadas foram circularidade, esfericidade e área projetada. Pode-se identificar os parâmetros pela Figura 1.

Figura 1 - Desenho esquemático do grão de moringa.



Fonte: Do autor (2022).

No qual:

a: maior dimensão característica do fruto, mm;

b: dimensão característica média do fruto, mm;

c: menor dimensão característica do fruto, mm.

Um dos parâmetros que foram abordados foi a esfericidade, E , uma grandeza adimensional que fornece um resultado próximo a uma forma esférica. Seu resultado é apresentado em forma de porcentagem, para sua obtenção é utilizada a Equação 3.

$$E = \left[\frac{D_g}{\alpha} \right] \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Para o cálculo do diâmetro médio (mm), foi calculado utilizado a Equação 4.

$$D_g = (abc)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Equação 4})$$

A área projetada foi feita segundo a metodologia descrita por Mohsenin (1978), utilizando a Equação 5.

$$A_p = \frac{\pi ab}{4} \quad (\text{Equação 5})$$

Onde:

a: maior dimensão característica do grão, mm;

b: dimensão característica média do grão, mm; e

c: menor dimensão característica do grão, mm.

Para determinar o índice de contração volumétrica dos grãos (Ψ), foi utilizado o volume final (V) da massa de grãos secos em cada temperatura e o volume dos grãos antes da secagem (V_0). Sendo assim o cálculo foi realizado através da Equação 6.

$$\Psi = \frac{V}{V_0} \quad (\text{Equação 6})$$

A partir da diferença do teor de lipídio resultante da extração química realizada no início do experimento com o uso do solvente hexano, foi possível calcular o rendimento (Rm %) e a eficiência (Ef %) da extração de óleo (Tg) da prensa mecânica tipo expeller. Os resultados foram obtidos pelas Equações 7 e 8, respectivamente.

$$Rm (\%) = Tg - Tt \quad (\text{Equação 7})$$

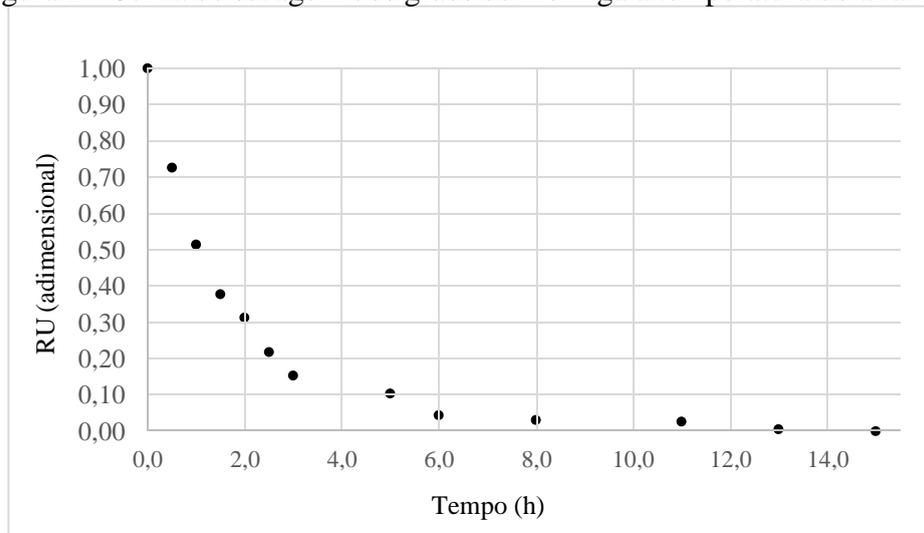
$$Ef(\%) = \frac{(Rm \times 100)}{Tg} \quad (\text{Equação 8})$$

Os resultados das análises físicas dos grãos, rendimentos e eficiências das extrações, dos diferentes métodos de secagem, foram verificados a partir da análise de variância e as médias comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o software SISVAR, versão 5.5.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

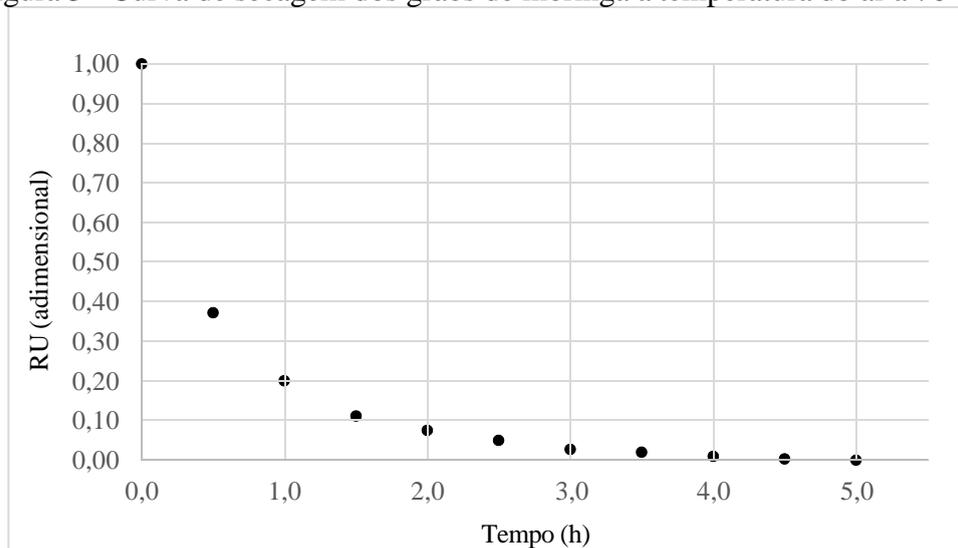
Nas Figuras 2 e 3 estão apresentadas as curvas de secagem dos dados experimentais, dos grãos de moringa quando secos com temperaturas do ar de secagem de 40°C e 70°C.

Figura 2 - Curva de secagem dos grãos de moringa a temperatura do ar a 40°C.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 3 - Curva de secagem dos grãos de moringa a temperatura do ar a 70°C.



Fonte: Do autor (2022).

De acordo com os resultados apresentados, pode-se observar que a temperatura do ar de secagem é inversamente proporcional ao tempo, corroborando com o experimento realizado por Almeida *et al.* (2015), que justifica que o incremento da temperatura faz com que aumente a pressão de vapor no interior dos grãos e a água saia com mais rapidez. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados obtidos das análises físicas dos grãos de moringa, antes e depois da secagem, referente a teor de água, esfericidade, área projetada e massa específica.

Tabela 1 - Análises físicas dos grãos de moringa.

	Teor de água (b.s)	Esfericidade (adimensional)	Área projetada (mm ²)	Massa específica (g.cm ⁻³)
Úmida	0,1107	0,9735 ± 0,02 a	96,89 ± 3,19 a	0,1370 ± 0,01 a
40°C	0,0286	0,9536 ± 0,02 a	95,49 ± 3,19 a	0,1434 ± 0,01 a
70°C	0,0128	0,9783 ± 0,02 a	94,95 ± 3,19 a	0,1773 ± 0,01 b
CV (%)		7,02	14,89	1,23

Os valores com as mesmas letras na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey. Fonte: Do autor (2022).

A esfericidade é adimensional e refere-se à caracterização do formato dos grãos de moringa, apresentando valor entre 0,9536 a 0,9783, não apresentando diferença significativa quando comparado os tratamentos de secagem, observando que estes não alteraram esta propriedade, diferindo dos resultados obtidos por Oliveira *et al.* (2014), de secagem de milho, em que esta foi menor com a redução do teor de água. A área projetada

também não teve variação significativa, mas uma tendência na sua diminuição, quando o teor de água dos grãos é menor, sendo de 96,89mm², 95,49mm² e 94,95mm², para amostra úmida (0,1107 b.s), secas à 40°C (0,0286 b.s) e 70°C (0,0128 b.s), respectivamente, corroborando com o experimento feito com macaúba por Carvalho (2010).

Os grãos de moringa secos com temperatura do ar de secagem à 70°C, resultaram em maior massa específica aparente que os úmidos, o que não aconteceu significativamente quando secos à 40°C, indicando a contração volumétrica dos que foram submetidos à maior temperatura do ar, por esta análise representar a relação entre a massa e o volume ocupado, constatação feita também por Souza *et al.* (2021). Silva (2013) fez um estudo semelhante com crambe, não verificando diferenciação significativa da massa específica, para secagens feitas até a temperatura do ar de 40°C.

O emprego de altas temperaturas no processo de secagem, geram maior diferença entre a pressão parcial de vapor d'água do ar e do produto, promovendo altas taxas de remoção de água, refletindo na estrutura e qualidade deste (SIQUEIRA *et al.*, 2012). Na Tabela 2, estão apresentados os resultados do índice de contração volumétrica dos grãos, rendimento e eficiência de extração de óleo de moringa, submetidos às diferentes temperaturas do ar de secagem.

Tabela 2 - Índice de contração volumétrica dos grãos, rendimento e eficiência da extração mecânica do óleo.

	Índice de contração volumétrica (adimensional)	Rendimento (%)	Eficiência (%)
Úmida	1,000 a	16,5 % a	67,26 % a
40°C	0,9953 a	16,29 % a	67,48 % a
70°C	0,7730 b	4,58 % b	18,50 % b
CV (%)	1,33	5,79	6,81

Os valores com as mesmas letras na coluna, não diferem entre si em nível de 5% de significância, pelo teste de Tukey. Fonte: Do autor (2022).

Os resultados encontrados indicam que o incremento da temperatura do ar de secagem, acarretou na contração do volumétrica dos grãos, apresentando o valor de 0,7730 para os secos à 70°C, e de 0,9953 para 40°C, sendo que esta última, apesar de ter sido menor que 1,00, não diferiu significativamente da amostra úmida. Observou-se uma conformidade deste índice com a massa específica aparente dos tratamentos de secagem, podendo ser associada pela saída abrupta de água em temperaturas mais altas, relação vista também por Botelho *et al.* (2018), ao secar sorgo com temperaturas do ar acima de 60°C.

O rendimento e a eficiência de extração de óleo por prensa mecânica, foram de respectivamente 16,29%, 4,58% e de 67,48% e 18,50%, para os tratamentos de secagem de 40°C e 70°C, demonstrando baixíssimo aproveitamento do óleo das amostras de grãos secos com maior temperatura, indicando uma correlação desta com a contração volumétrica dos grãos, que pode influenciar dificultando a efetividade da fricção do eixo da prensa com estes, reduzindo a extração de óleo. A prensagem não é um processo de remoção completa do óleo, tendo sua eficiência afetada por diversos fatores como a estrutura física e percentual de fibras dos grãos, como também o tipo e os parâmetros de funcionamento da extratora mecânica (WIHELM *et al.*, 2014).

A otimização da extração do óleo de moringa reflete na rentabilidade financeira do produtor, tendo em vista a valorização deste produto no mercado, além do melhor aproveitamento da torta como coagulante natural, pela remoção do conteúdo oleico, já que esta contribui para menor turbidez na água tratada (SILVA, MATOS, 2008; ARAÚJO, 2020).

5 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos através do processo de secagem dos grãos de moringa em diferentes temperaturas do ar, notou-se que quando feita à 70°C, ocasionou alterações na estrutura destes, influenciando no rendimento e na eficiência de extração mecânica do óleo.

A secagem realizada com temperatura do ar de 40°C proporcionou menores impactos físicos nos grãos, o que contribui para redução da incidência de perdas no armazenamento, além de melhor rentabilidade do óleo.

REFERÊNCIAS

- AGUSTINI, Marcia Antonia Bartolomeu *et al.* Maturidade fisiológica de sementes de *Moringa oleifera* Lam. **Revista Cultivando o Saber**, Cascavel, v. 8, n. 3, p. 267-278, 2015.
- ALMEIDA, Fernanda Naiara Campos de *et al.* Cinética da secagem da semente de *Moringa oleifera* LAM. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS PARTICULADOS-ENEMP*, 2015, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Editora da UFSCAR, 2015. p. 1638-1647.
- AQUINO, Carolina Barros. **Desenvolvimento de biolubrificantes a base de óleo de moringa**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.
- ARAÚJO, Bárbara Lemes Outeiro *et al.* Eficiência da extração mecânica de *Moringa oleifera* de acordo com diferentes condições de secagem de grãos. **Research, Society and Development**, London, v. 9, n. 7, p. 93-97, 2020.
- BARBOSA, Maria Luiza de Oliveira. **Modelagem matemática da higroscopicidade dos grãos de *Moringa oleifera* Lam.** 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.
- BERY, Crislayne de Souza. **Potencial do uso do óleo de semente de moringa (*Moringa oleifera*) como suplemento para peixes**. 2019. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Sergipe, Aracaju, 2019.
- BITU, Samuel Guedes *et al.* **Biodiesel de *Moringa oleifera* Lam e seus ecodiesel: análise da eficiência no processo de armazenagem**. 2018. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2018.
- BOTELHO, Fernando Mendes *et al.* Cinética de secagem de grãos de soja: influência varietal. Embrapa Agrossilvipastoril. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 1, p.13-25, 2018.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Brasília, DF: SNDA/DNDV/CLAV, [1992]. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/laboratorios/arquivos-publicacoes-laboratorio/regras-para-analise-de-sementes.pdf/view>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- BRESSAN, Rodrigo Techio *et al.* **Análises físico-químicas e otimização da prensagem de crambe em extrusora mecânica sob variações de temperatura e umidade relativa dos grãos**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) - Universidade do Oeste do Paraná, Curitiba, 2018.
- CAMPOS, Alex Milton Albergaria; NOVACK, Kátia Monteiro; ASSIS, Paulo S. Utilização da casca da semente e do rejeito após extração do óleo da *Moringa oleifera* como fonte energética para produção de ferro gusa em siderúrgicas. *In: VII ENCONTRO NACIONAL DE MORINGA*, 2018, Salvador. **Anais [...]**. Salvador: Editora do IF Bahia, 2018. p. 297-303.

CARIA JUNIOR, Iray *et al.* **Utilização de processos industriais no desenvolvimento de coagulante orgânico à base de *Moringa oleifera* para área de saneamento.** 2020. Dissertação (Mestrado em Inovações Tecnológicas) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

CARVALHO, Fábila Martins de. **Influência da temperatura do ar de secagem e da utilização do ácido etilenodiaminotetracético na qualidade do óleo e caracterização do fruto de macaúba.** 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

CAVALCANTE, Atacy Maciel *et al.* Modelos de predição da cinética de secagem dos grãos da algaroba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 11192-11209, 2020.

DIAS, William Borges; FINZER, José Roberto Delalibera. Secagem de feijão carioca em secador rotativo. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 3, p. 2356-2365, 2019.

FIGUEIREDO, Maria Thalillian Santos *et al.* Tratamento de água utilizando extrato de sementes de *Moringa oleifera*: Uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, Londom, v. 11, n. 2, p. e41411225889-e41411225889, 2022.

LALAS, Stavros; TSAKINS, John. Characterization of *moringa oleifera* Seed oil Variety “Periyakulam 1”. **Journal of Food Composition and Analysis**, Amsterdam, v.15, p.65-77, 2002.

LEONE, Alessandro *et al.* *Moringa oleifera* seeds and oil: characteristics and uses for human health. **International Journal of Molecular Sciences**, New York, v. 17, n. 2141, p. 1-14.

MAFRA, Jouyce Bueno *et al.* Evaluation of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in the corn drying process. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 16, p. e403101622444, 2021.

MOHSENIN, Nuri. **Physical properties of plant and animal materials.** New York: Gordon and Breach Publishers, 1986. 841p.

OLIVEIRA, Daniel Emanuel Cabral; DOS SANTOS, Maria Nalbaline Sampaio; RUFFATO, Solenir. Forma e tamanho dos grãos de milho da cultivar P3646 submetidos a diferentes condições de ar de secagem. **Nativa**, Cuiabá, v. 2, n. 3, p. 162-165, 2014.

OLIVEIRA, Daniele Silva *et al.* Obtenção do biodiesel através da transesterificação do óleo de *Moringa oleifera* Lam. **Holos**, Natal, v. 1, n. 2, p. 49-61, 2012.

OLIVEIRA, Natalia Terezinha *et al.* Tratamento de água com *Moringa oleifera* como coagulante/floculante natural. **Revista Científica da Faculdade de Educação e Meio Ambiente**, Ariquemes, v. 9, n. 1, p. 373-382, 2018.

PIGHINELL, Ana Leticia Montenegro T. **Estudo da extração mecânica e da transesterificação etílica de óleos vegetais.** 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RESENDE, Osvaldo *et al.* Forma, tamanho e contração volumétrica do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) durante a secagem. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 7, n. 1, p. 15-24, 2005.

RODRIGUES, Gabrielly Bernardes *et al.* Propriedades físicas das sementes de sorgo granífero em função do teor de água. **Revista Engenharia na Agricultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 6, p. 490-497, 2019.

SAATH, Reni *et al.* Propriedades físicas da massa granular dos cafés em função do teor de água dos grãos. **Revista AgroFIB**, Bauru, v. 1, n. 1, 2019, p. 23-31.

SILVA, Fernando José Araújo; MATOS, José Everardo Xavier. Sobre dispersões de Moringa oleífera para tratamento de água. **Revista Tecnologia**, Fortaleza, v. 29, n.2, p. 157-163, 2008.

SILVA, Fernanda Pimentel *et al.* Propriedades físicas dos grãos de niger. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 507, 2018.

SILVA, Jonas da *et al.* **Produção e caracterização de milho verde em pó por cast-tape drying**. 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SILVA, Magnun Antônio Penariol da *et al.* Qualidade do óleo bruto de grãos de crambe (*Crambe abyssinica* Hochst) sob diferentes métodos de secagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 9, n.4, p. 193-199, 2013.

SILVA, Maria Vitoria Serafim; PADILHA, Rodrigo Tenório; PADILHA, Deborah De Melo Magalhães. Benefícios da *Moringa oleifera* para saúde humana e animal: Revisão de Literatura. **Research, Society and Development**, London, v. 10, n. 8, p. e50010817495-e50010817495, 2021.

SILVA, Paulo Leandro.; ASSIS, Luana Cunha.; LIMA, Alex Duarte. Comparativo de desidratação de batata por convecção e por radiação. *In: II ENCONTRO DE PROCESSOS DE DESENVOLVIMENTO AGROINDUSTRIAIS*, 2018, Uberaba. **Anais [...]**. Uberaba: Editora Uniube, 2018. p. 313-320.

SIQUEIRA, Valdiney Cambuy.; RESENDE, Osvaldo.; CHAVES, Tarcísio Honório Effective diffusivity of jatropha grains and fruits. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 6, p. 2919-1930, 2012.

SOUZA SMANIOTTO, Thaís Adriana *et al.* Physical properties of sunflower seeds during drying. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 38, n. 1, p. 157-164, 2017.

SOUZA, Ícaro Pereira; RUFFATO, Solenir. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho secados naturalmente. **Research, Society and Development**, London, v. 10, n. 8, p. e44010817334-e44010817334, 2021.

WILHELM, Allan Eduardo *et al.* Diferentes taxas de alimentação de prensa do tipo expeller na eficiência de extração e na qualidade do óleo de semente de maracujá. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 7, p. 1312-1318.