

EFEITO DA SECAGEM NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE AMENDOIM ARMAZENADAS

HARISSONE, C. A., MABASSO, G. A., COME, S. F., LANGUITONE, P. A. P., JOSSE, Q. A.

Faculdade de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais (FEARN), Universidade Zambeze, Bairro 7 de Abril, Estrada Regional 523 - km 5, Cidade de Chimoio - Manica, Moçambique. *Autor para correspondência. E-mail: alfredoclaudio126@gmail.com

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o efeito da secagem por ventilação natural e ventilação forçada sobre a germinação e vigor de sementes de amendoim durante o armazenamento. O experimento foi implementado por meio de um delineamento inteiramente casualizado, esquema fatorial 2×3 , que corresponde as duas formas de ventilação e três períodos de armazenamento (0, 45 e 90 dias) e quatro repetições. As sementes de amendoim, variedade Nematil, foram produzidas no campo Experimental da Faculdade de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais, e colhidas com teor de água inicial de $43.94 \pm 0.8\%$ (bu) e submetidas a secagem até atingir o teor de água final de $9.89 \pm 0.01\%$ (bu). Após a secagem as sementes foram armazenadas de forma convencional e as avaliações foram realizadas nos períodos 0, 45 e 90 dias. Foram realizadas avaliações de condutividade elétrica, germinação e emergência. Concluiu-se que os valores de condutividade elétrica foram maiores para o maior tempo de armazenamento para as duas condições de secagem, evidenciando uma maior danificação nas membranas; a germinação foi mais baixa para maior tempo de armazenamento, com melhores resultados na secagem com ventilação natural, e manteve-se dentro dos padrões de comercialização de sementes certificadas em Moçambique; em relação a emergência também foi observado menores valores aos 90 dias, revelando perda de vigor neste período de armazenamento.

Palavras-chave: *Arachis hypogaea* L.; Germinação; Vigor.

INTRODUÇÃO

O amendoim, *Arachis hypogaea* (L.) é uma planta originária da América do Sul, com provável centro de origem no Brasil ou no Peru (Nascimento et al 2020; Li et al., 2022). O amendoim adapta-se à climas secos, tendo a capacidade de enriquecer o solo através da fixação

de azoto. As sementes possuem um sabor agradável e são ricas em óleo (40-50%) e proteína digerível (20-30%) (Li et al., 2024).

A utilização de sementes de alta qualidade fisiológica é essencial para garantir um bom estabelecimento, vigor e produção de qualidade (Krzyzanowski et al., 2022). O ponto de maturidade fisiológica coincide com o máximo de acúmulo de matéria seca na semente, isso ocorre quando as sementes ainda apresentam alto teor de água, geralmente acima de 40% (bu), o que torna inviável a colheita sobretudo mecanizada devido aos danos mecânicos associados (Obura & Lamo, 2024). Segundo Rodrigues et al. (2021), visando obter sementes de melhor qualidade, a secagem é essencial desde que se minimizem os danos mecânicos decorrentes do conteúdo de água, permitindo assim a manutenção da qualidade e armazenamento seguro.

A qualidade fisiológica das sementes pode ser atestada por meio de germinação e testes de vigor. No geral, as sementes tendem a perder qualidade durante o armazenamento, porém, este efeito pode ser atenuado por uma combinação favorável dos fatores que levam a deterioração, mantendo assim baixos os níveis de atividade metabólica da semente (Krzyzanowski et al., 2022).

A antecipação da colheita torna-se fundamental para evitar danos qualitativos e quantitativos às sementes, sendo a secagem artificial imprescindível (Araujo et al., 2023). A operação tem sido caracterizada como uma operação viável por proporcionar a eliminação do excesso de água, dificultando, possíveis alterações químicas e físicas que possam ocorrer no produto durante o armazenamento (Rodrigues et al., 2021). Porém, cuidados devem ser adotados por forma a garantir que o processo ocorra de forma rápida sem comprometer a perda de qualidade, assim como, o potencial de armazenamento (Peske et al., 2019). Altas temperaturas são associadas a danos devido ao desequilíbrio entre a difusão e evaporação da água registada, principalmente na fase final, levando assim a danos (Berghetti et al., 2020; Huang et al., 2020). Temperaturas muito baixas favorecem ataque por microrganismos e fungos, devido ao processo de secagem ser mais lento, afetando negativamente a qualidade fisiológica das sementes.

Com base nestas abordagens, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a qualidade fisiológica de sementes de amendoim submetidas a secagem por ventilação natural e ventilação forçada durante o armazenamento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório da Faculdade de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais (FEARN), Universidade Zambeze, Chimoio - Moçambique. As sementes de amendoim, variedade Nematil, variedade local, foram colhidas manualmente com teor de água de $43.94 \pm 0.8\%$ em base úmida (bu) na forma de fruto e submetidas a duas condições de secagem (ventilação natural – ao sol e ventilação forçada – na estufa de circulação forçada do ar a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Depois da trilha e limpeza, os frutos de amendoim foram submetidos às duas condições de secagem até atingir teor de água final de $9.89 \pm 0.01\%$ (bu). A secagem por ventilação forçada do ar foi realizada em uma estufa da marca INDERLAB, na temperatura de $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, valor que está de acordo com a recomendação para várias sementes (Amaro et al., 2019; Qu et al., 2020). Para a secagem por ventilação natural, as sementes foram expostas a radiação solar, com o intuito de simular uma das condições comumente adotada por pequenos produtores no contexto de práticas adotadas pelos pequenos produtores em Moçambique.

Após a secagem, as vagens foram debulhadas e as sementes armazenadas de forma convencional, com possibilidade de trocas gasosas, por meio de frascos devidamente fechados com uma flanela, impedindo a entrada de insetos. Ao longo do armazenamento, foram monitoradas as condições de temperatura e umidade relativa em intervalos diários, com recurso ao psicrómetro analógico montado no laboratório. O teor de água das sementes foi determinado pelo método padrão de estufa, utilizando temperatura de $105 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 h (BRASIL, 2009).

Para a condução de teste de germinação, foram preparadas 4 subamostras de 50 sementes para cada repetição, as quais foram semeadas em papel toalha umedecido com água destilada na proporção de 2.5 vezes a massa do substrato de papel, sendo enrolado e mantido em uma câmara de germinação, do tipo B.O.D, a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas seguindo a metodologia descrita nas Regras de Análise de Sementes, contabilizando como germinadas as sementes com raiz primária visível entre até ao 8º dia (BRASIL, 2009).

O teste de emergência foi realizado em condições de campo. Para tal, as sementes foram divididas em 4 amostras de 50 sementes por repetição. Cada amostra foi constituída por uma linha de semeadura em substrato de solo. As linhas de semeadura foram distanciadas 10 cm uma da outra. Foram realizadas regas diárias para condições de umidade para induzir a germinação e emergência. As avaliações foram feitas aos 15 dias, sendo os resultados expressos

em porcentagem média de plântulas normais observadas para cada amostra, conforme RAS (BRASIL, 2009).

O teste de condutividade elétrica foi determinado usando o método de condutividade em massa, com 4 subamostras de 50 sementes por repetição, pesadas individualmente em copos descartáveis de 200 mL, posteriormente foram adicionados em cada copo 75 mL de água destilada. Em seguida, os copos contendo as amostras foram acondicionadas em uma câmara do tipo B.O.D por 24 horas a uma temperatura de 25 °C, com fotoperíodo. Após 24 horas de embebição, foi determinada a condutividade elétrica e o resultado foi depois dividido pela massa para obter os valores em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$.

Os dados foram analisados por meio de um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), esquema fatorial 2×3 (duas condições de secagem \times três períodos de armazenamento) e quatro repetições. Foi realizada uma análise de variância por meio do *software* SISVAR 5.6® (Ferreira, 2019), em seguida, as médias foram comparadas utilizando os testes t e Tukey para avaliar as condições de secagem e tempo de armazenamento, em nível de $p < 0.05$ de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentados os valores diários de temperatura e umidade relativa do ar ambiente durante o armazenamento das sementes. Os valores de temperatura e umidade relativa apresentaram uma variação de 31 a 23 °C e 84 a 56% respectivamente, com valores médios de 26.9 °C e 72.3%. Observa-se que a temperatura e umidade relativa do ar ambiente apresentaram um comportamento variado e os picos máximos de umidade relativa do ar coincidem com registro de temperaturas mais baixas. As variações da temperatura e umidade relativa do ar ambiente influenciam as condições de armazenamento, condicionando o equilíbrio higroscópico do produto armazenado (Wenneck et al., 2020). Ainda de acordo com os mesmos autores, a temperatura e umidade relativa do ar podem ser usados para mensurar o comportamento do teor de água da semente em relação ao teor de água de equilíbrio.

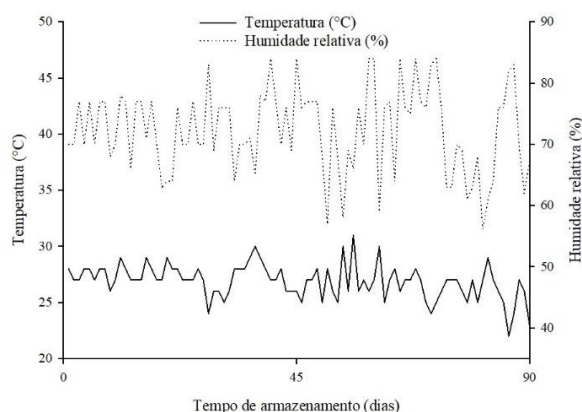


Figura 1 - Valores diários da temperatura e umidade relativa do ar durante o armazenamento das sementes de amendoim em ambiente não controlado.

No geral, todas as características avaliadas foram influenciadas pelo tempo de armazenamento, e houve interação apenas para condutividade elétrica. A condição de secagem apenas influenciou a porcentagem de germinação de forma isolada (Tabela 1).

Tabela 1 - Análise de variância para Teor de água (TA), Porcentagem de Germinação (PG), Porcentagem de Emergência (PE) e Condutividade elétrica (CE).

Variáveis	FV	QM	F	CV (%)
TA (%)	CS	0.002	0.108 ^{ns}	1.63
	ARM	31.835	2067.556 ^{**}	
	CS×ARM	0.006	0.394 ^{ns}	
PG (%)	CS	28.167	4.418 [*]	2.69
	ARM	175.073	27.462 ^{**}	
	CS×ARM	9.448	1.482 ^{ns}	
PE (%)	CS	41.344	1.850 ^{ns}	5.50
	ARM	970.042	43.401 ^{**}	
	CS×ARM	38.000	1.700 ^{ns}	
CE ($\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$)	CS	111.327	30.838 ^{**}	6.10
	ARM	1644.909	455.649 ^{**}	
	CS×ARM	40.097	11.107 ^{**}	

FV – Fonte de variação; CS – Condição de secagem; ARM – Armazenamento; QM – Quadrado médio; F – Valor calculado pelo teste de Fisher; CV – Coeficiente de Variação; ** Efeito significativo em nível de $p < 0.01$, * efeito significativo em nível de $p < 0.05$ e ns – efeito não significativo pelo teste F.

O teor de água (TA) das sementes foi mais baixo para o período de armazenamento de 90 dias, revelando que as condições do ar foram favoráveis para processo de dessorção durante o período de armazenamento (Figura 2). Este período também coincidiu com menores picos de

umidade relativa, propiciando assim a perda de água (Figura 1). As reduções do TA resultam em parte pela higroscopicidade face as condições do ar durante o armazenamento. Em caso de sementes oleaginosas, assim como ocorre com o amendoim, devido a menor afinidade de água com a matéria seca, por um lado, quanto maior o TA maior é o risco de deterioração, por se encontrar de forma livre (Amaro et al., 2019; Bertin et al., 2021).

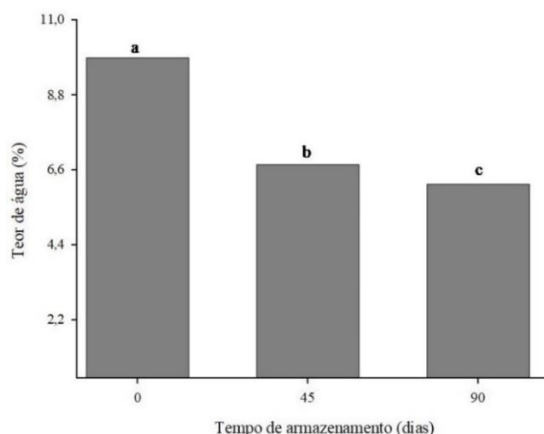


Figura 2 - Valores médios do teor de água (bu) de sementes de amendoim durante armazenamento. Par de medias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a $p < 0.05$ pelo teste de Tukey

Com a redução, reduz significativamente o risco de deterioração, permitindo assim a manutenção da qualidade, uma vez que menos água se encontra disponível para promover processos metabólicos que levam a deterioração, com destaque para a respiração, que se intensifica na presença de outros agentes bióticos (Berghetti et al., 2020).

A redução de TA durante o armazenamento pode ser explicada pelas variações de umidade relativa do ar e temperaturas, sendo que conferiram para alcance higroscópico do produto com ambiente de armazenamento, conforme trabalho de Wenneck et al. (2020). A secagem por ventilação natural apresentou maiores valores médios em relação a secagem por ventilação forçada (Tabela 1), os resultados obtidos corroboram com que foi encontrado por Xie et al. (2022).

As sementes mantiveram máximo potencial germinativo até aos 45 dias de armazenamento. Aos 90 dias houve redução, fato que é coerente com vários estudos, uma vez que o processo de deterioração, mesmo que a níveis baixos é inevitável (Krzyzanowski et al., 2022), corroborando com estudo de Jesus et al. (2020) onde observaram a redução da germinação de sementes de amendoim durante a armazenamento. Porém, o valor registado está

dentro das especificações para semente certificada em Moçambique, que define 80% como valor mínimo aceitável para comercialização de sementes (MINAG, 2013).

Tabela 1 - Valores médios de porcentagem de germinação em função de condição de secagem e tempo de armazenamento

PG (%)	Tempo de armazenamento (dias)		
	0	45	90
	97.86 a	94.81 a	88.69 b
CS	Ventilação forçada	92.71 B	
	Ventilação natural	94.88 A	

Par de médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a $p < 0.05$ pelo teste de Tukey e teste t respectivamente

Para porcentagem emergência (PE) foram observados maiores valores no período inicial, com redução aos 45 e 90 dias (Figura 4), evidenciando assim o efeito deletério da semente para maiores períodos de armazenamento. O teste de emergência é importante para complementação do teste de germinação, por simularem melhor as condições de campo, contrapondo os resultados da germinação, cujo teste é realizado em condições controladas de temperatura, umidade relativa e luz (Ferreira & Bazzo, 2020; Obura & Lamo, 2024).

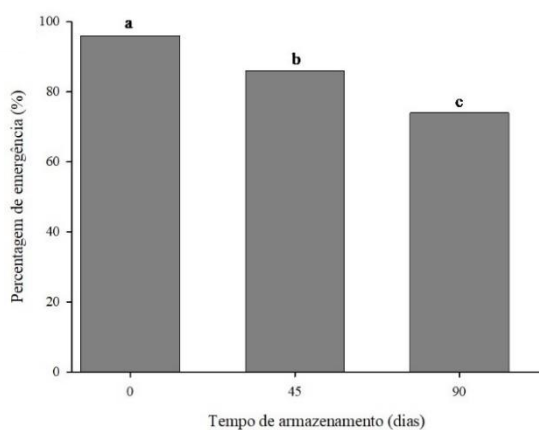


Figura 4 - Valores médios de porcentagem de emergência em função tempo de armazenamento. Par de medias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si a $p < 0.05$ pelo teste de Tukey

Conforme se observou, embora se tenham registado reduções apenas no período de 90 dias quanto a germinação, o vigor da semente, medido por meio de PE, também registou decréscimo no período de 45 dias, reforçando assim a perda de qualidade a partir desse período. Segundo Amaro et al. (2021), a permanência das sementes em condições adversas em campo ou durante o armazenamento resulta em perda de viabilidade. Para o teste de condutividade

elétrica (CE), observou-se apenas aos 90 dias maior valor para as sementes secas usando ventilação forçada (estufa) (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores médios de condutividade elétrica de sementes em função de condição de secagem e tempo de armazenamento.

CE ($\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$)		Tempo de armazenamento (dias)		
		0	45	90
CS	Ventilação forçada	16.49 cA	34.02 bA	49.33 aA
	Ventilação natural	15.71 cA	31.21 bA	39.40 aB

Par de médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si a $p < 0.05$ pelo teste de Tukey e teste t respectivamente.

Em relação ao tempo de armazenamento verificou-se maiores valores para maior período de armazenamento, independentemente das condições de secagem, reforçando assim a perda de qualidade da semente para maiores períodos de armazenamento, corroborando com os resultados de germinação e emergência, uma vez que, maiores valores indicam maior danificação das membranas, e por via disso perda de reservas usadas para induzir o processo de germinação.

O teste de CE baseia-se na avaliação indireta da qualidade fisiológica por meio da determinação da quantidade de lixiviados na solução de embebição das sementes (Wenneck et al., 2020; Berghetti et al., 2020). Os menores valores correspondem à menor intensidade de desorganização dos sistemas de membranas das células (Ferreira & Bazzo, 2020; Krzyzanowski et al., 2022; Obura & Lamo, 2024). No armazenamento há tendência de redução na qualidade do produto, podendo ser verificada pelo aumento da condutividade elétrica, sendo influenciado principalmente por condições de alta temperatura e umidade relativa elevada (Nunes et al., 2023 Rodrigues et al., 2024).

CONCLUSÕES

Independentemente da condição de secagem, a qualidade fisiológica da semente de amendoim foi mais baixa para sementes armazenadas em maiores tempos de armazenamento. Apesar da perda de qualidade, considerando 90 dias como tempo máximo de armazenamento, as sementes de amendoim mantiveram o seu padrão de qualidade como sementes certificadas, à luz da legislação Moçambicana sobre a produção e comercialização de sementes.

REFERÊNCIAS

- AMARO, H. T. R.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S.; DAVID, A. M. S. S.; SILVA, F. W. S. Secagem e armazenamento de sementes de culturas oleaginosas. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**. 2019; 25(n.1/2): p. 105-119.
- AMARO, H. T. R.; ARAUJO, E. F.; ARAUJO, R. F.; DIAS, L. A. S.; SILVA, F. W. S.; DAVID, A. M. S. S. Maturation fruits and drying on quality of crambe seeds. **Journal of seed science**. 2021; 43(3): p. 01-12.
- ARAUJO, L. E. P.; ANJOS, D. N.; MENDES, H. T. A.; ARAUJO, L. L. P. Qualidade fisiológica das sementes de duas cultivares de soja em diferentes épocas de colheita. **Revista PesquisAgro**. Confresa (MT). ISSN: 2596-0644. 2022; 6(2): p. 23-33.
- BERGHETTI, J.; PADILHA, M. S.; DE BORBA, P. T. D.; COELHO, C. M. M. Physiological Changes In Wheat Seeds During The Artificial Drying Process., **Engenharia na Agricultura**. 2020; 28: p. 336-342.
- BERTIN, Y. K.; KOFFI, A.; JOSEPH, K. K.; HILAIRE, K. T. Effect of drying temperature and conservation conditions on seed viability and seedling vigour in oleaginous gourd (*Lagenaria siceraria*). **Journal of Applied Biosciences**. 2020; 155: p. 16034 – 16048.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília: MAPA/ACS. 2009; 365 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects Split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**. 2019; 37(4): p. 529-535.
- FERREIRA, M. DE F.; BAZZO, J. H. B. Tipos De Embalagens E Ambientes De Armazenamento No Potencial Fisiológico De Sementes De Soja. **Rev. Terra & Cult., Londrina**. 2020; 36(70): p. 157-171.
- HUANG, Y.; WU, W.; ZOU, W.; WU, H.; CAO, D. Drying temperature affects rice seed vigor via gibberellin, abscisic acid, and antioxidant enzyme metabolism. **Zhejiang Univ-Sci B (Biomed & Biotechnol)**. 2020; 21(10): p. 796-810.
- JESUS, M. A.; BARBOSA, R. M.; VIEIRA, R. D. Controle estatístico de processo aplicado ao processamento de sementes de amendoim. **South American Sciences**. 2020; 1(2): p. 1-13.
- KRZYZANOWSKI, F. C.; DIAS, D. C. F. DOS S.; FRANÇA-NETO, J. DE B. **Deterioração e vigor da semente**. Londrina., PR, 2022. 191 p.
- LI, G.; GUO, X.; SUN, W.; HOU, L.; WANG, G.; TIAN, R., WANG, X.; QU, C.; ZHAO, C. Nitrogen application in pod zone improves yield and quality of two peanut cultivars by modulating nitrogen accumulation and metabolism. **BMC Plant Biology**. 2024; 24(48): p. 01-12.
- LI, L.; CUI, S.; DANG, P.; YANG, X.; WEI, X.; CHEN, K.; LIU, L.; CHEN, Y. C. GWAS and bulked segregant analysis reveal the Loci controlling growth habit-related traits in cultivated Peanut (*Arachis hypogaea* L.). **BMC Genomics**. 2022; 23: p. 403.
- MINAG. Regulamento de sementes. Conselho de Ministros. I Série – Número 29. 2013. 216-240p.
- NASCIMENTO, E. F. DE M. B.; LEAL-BERTIOLI, S. C. DE M.; BERTIOLI, D. J.; CHAVARRO, C.; FREITAS F. O.; MORETZSOHN, M. De C.; GUIMARÃES, P. M.; VALLS, J. F. M.; ARAUJO, A. G. Brazilian Kayabi Indian accessions of peanut, *Arachis hypogaea* (Fabales, Fabaceae): origin, diversity and evolution. **Research Article Plant Genetics**. 2020; 43(4): p. 1-12.

NUNES, C. F.; CORADI, P. C.; JAQUES, L. B.; RIBEIROTEODORO, L. P.; PAULO EDUARDO TEODORO, P. E. Sensor-cable-probe and sampler for early detection and prediction of dry matter loss and real-time corn grain quality in transport and storage. **Scientific Reports**. 2023; 13: p. 5686.

OBURA, M.; LAMO, J. **Influence of Seed Development and Maturation on the Physiological and Biochemical Seed Quality**. Seed Biology – New Advances, 2024. 01-15p.

PESKE, S. T.; VILLELA, F. A.; MENEGHELLO, G. E. **Sementes: Fundamentos científicos e tecnológicos**, Pelotas: Becker e Peske, 2019. 579 p.

QU, C.; WANG, X.; WANG, Z.; YU, S.; DIANXUAN WANG, D (2020). Effect of Drying Temperatures on the Peanut Quality during Hot Air Drying. **Journal of Oleo Science**. 2020; 69(5): p. 403-412.

RODRIGUES, D. M.; CORADI, P. C.; TEODORO, L. P. R.; TEODORO, P. E.; MORAES, R. DOS S.; LEAL, M. M. Monitoring and predicting corn grain quality on the transport and post-harvest operations in storage units using sensors and machine learning models. **Scientific Reports**. 2024; 14: p. 6232.

RODRIGUES, M. H. B. S.; DO NASCIMENTO, D. M.; DE MELO, E. N.; DE PÁDUA, G. V. G.; MEDEIROS, M. L. S.; ABREU, K. G.; SILVA, G. R.; SOUZA, G. L. R. Fatores Que Afetam A Qualidade De Sementes De Hortaliças: Da Colheita Ao Armazenamento. **Ensaio Em Agropecuária E Meio Ambiente**. 2021. 13-20p.

WENNECK, G. S.; SAATH, R.; SANTI, D. C.; ARAÚJO, L. L.; SANTOS, J. P.; OLIVEIRA, G. G. F. (2020). Hygroscopic balance in pumpkin seeds. **Revista de Agricultura Neotropical**. 2020; 7(2): p. 17-26.

XIE, Y.; LIN, Y.; LI, X.; YANG, H.; HAN, J.; SHANG, C.; LI, A.; XIAO, H.; LU, F. **Peanut Drying: Effects of various drying methods on drying kinetic models, physicochemical properties, germination characteristics, and microstructure**. Elsevier B.V, 2022. 2214-3173p.