

QUALIDADE DE GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS APÓS A SECAGEM EM FUNÇÃO DO TEOR DE ÁGUA DE COLHEITA

Mabasso, Geraldo Acácio¹; Cantambo, Sábado Jorge Armando¹; João, Gila Abílio¹; Covane, Yardy Isac Artur Lacita Estofo¹; Tiribangana, Nilton Anastácio Charamba¹, Cangela, Geraldo Luís Charles²; Salgado, Indira da Paz¹

¹Faculdade de Engenharia Ambiental e dos Recursos Naturais (FEARN), Universidade Zambeze, Bairro 7 de Abril, Estrada Regional 523 - km 5, Cidade de Chimoio - Manica, Moçambique (E-mails: geral.do@hotmail.com; sabadojorge1@gmail.com; gila.joao@gmail.com; covaneyardy08@gmail.com; niltoncharamba@gmail.com; tximbessalgado@gmail.com); ²Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 57171-900, Recife – PE, Brasil (E-mail: gerrycangela@gmail.com).

RESUMO

A colheita antecipada de grãos reduz os riscos de perdas qualitativas e quantitativas associadas ao ataque de insetos e doenças, ou eventos climáticos adversos, melhorando a qualidade da semente para semeadura seguinte. A pesquisa objetivou-se avaliar a qualidade dos grãos de milho armazenados após a secagem em diferentes teores de água de colheita. O experimento foi montado em delineamento inteiramente casualizado no esquema fatorial 4×3, quatro repetições, sendo quatro teores de água de colheita (30.75±0.001, 25.48±0.018, 20.37±0.004, 16.02±0.003% b.u.) e três tempos de armazenamento (0, 45, e 90 dias). Os grãos de milho, variedade PRIS 601 foram secos em uma estufa de circulação forçada na temperatura e umidade relativa de 60 °C e 10.84±1%, respectivamente. A taxa de redução de água aumentou com o aumento do teor de água de colheita, e reduziu com o aumento do tempo de secagem. O teor de água decresceu com o aumento do tempo de armazenamento e não foi influenciado pelo teor de água de colheita. O índice de danos por fissura, condutividade elétrica e perdas por fungos aumentaram com o aumento do teor de água de colheita e aumento de tempo de armazenamento. **Palavras-chave:** *Zea mays* L., colheita antecipada, taxa de redução de água, armazenamento, índice de danos por fissura.

ABSTRACT

The early harvest of grains reduces the risks of qualitative and quantitative losses associated with the attack of insects and diseases, or adverse climatic events, improving the quality of the seed for next sowing. The research aimed to evaluate the quality of corn grains stored after drying in different levels of harvest moisture. The experiment was set up in a completely randomized design in a 4×3 factorial scheme, four replications, with four levels of harvest moisture (30.75±0.001, 25.48±0.018, 20.37±0.004, 16.02±0.003% w.b.) and three storage times (0, 45, and 90 days). The corn grains, variety PRIS 601, were dried in a forced circulation

oven at a temperature and relative humidity of 60 °C and 10.84±1%, respectively. The drying rate increased with increasing harvest moisture content, and decreased with increasing drying time. The moisture content decreased with increasing storage time and was not influenced by the harvest moisture content. The crack damage index, electrical conductivity and losses by fungi disease increased with the increase in the moisture harvest content and storage time.

Key words: *Zea mays* L., early harvest, drying rate, storage, crack damage index.

INTRODUÇÃO

A cultura do milho é produzida em quase todo mundo em decorrência da sua importância econômica e alimentar. A sua utilidade varia de acordo com os hábitos alimentares ou nível de desenvolvimento de cada país ou região. A indústria de rações e a produção de etanol, constituem uma das formas de uso, além do consumo humano nas mais diversas formas de processamento.

O milho tem se destacado entre os cereais produzidos em África e serve como base para a segurança alimentar e bem-estar econômico para maior parte da população da África Subsaariana (FISCHER *et al.*, 2014). Em países em desenvolvimento, como Moçambique, o cereal é produzido em larga escala pelos produtores rurais para consumo humano, vendendo apenas quando há excedente, havendo outros que produzam para fins comerciais.

Uma das principais preocupações que afetam os “produtores familiares” em países em desenvolvimento é a conservação do milho por um longo período por forma a garantir a segurança alimentar e melhores preços no momento da comercialização (MREMA *et al.*, 2011).

Bala (2017) afirma que, entre a colheita e o consumidor final, as perdas situam-se entre 10 a 25%, variando de acordo com as condições das infraestruturas de secagem e conservação. Para Santos (2006), a colheita tardia do milho proporciona aumento de perdas no campo, sendo a ocorrência de chuva a principal causa de perdas, pois possibilita o aparecimento e aumento de várias pragas e patógenos. O milho seco em campo por longo tempo, está sujeito a redução do potencial de armazenamento e a sua competitividade por parte do produtor. Com isso, o produtor é obrigado a comercializar a sua produção de forma imediata, e a baixos preços. Por outro lado, devido a baixa qualidade, a rejeição por parte das unidades de processamento é considerável.

Geralmente, os pequenos produtores rurais esperaram que os grãos atinjam o teor de água ideal, expõe-nos à ação de fatores bióticos e abióticos, promovendo perdas do produto ainda em campo, depreciando a qualidade para o consumo e industrialização (ALVES *et al.*, 2001; GALINDO *et al.*, 2019). A qualidade dos grãos depende do estabelecimento de normas corretas de produção, colheita e pós-colheita. O estabelecimento do teor de água ideal de colheita é fundamental para minimização dos danos mecânicos e perdas ocorridas no campo, complementando a secagem de forma artificial (MILMAN, 2002). Segundo Alves *et al.* (2001) e Galindo *et al.* (2019), a melhor época de colheita dos grãos de milho ocorre quando estes apresentam teor de água próximo a 30% b.u, pois, neste estágio atingem o ponto de maturidade fisiológica, e apresentam máxima qualidade e acúmulo de massa seca.

A secagem artificial permite eliminar o excesso de água e possibilita a preservação da qualidade e aumento do potencial de armazenamento, deixando o produto livre de ataque de insetos, fungos e desencadeamento de reações que possam causar a deterioração ao grão (BARBOSA DE LIMA *et al.*, 2016, ELIAS *et al.*, 2017). A secagem artificial demanda

conhecimentos para a sua aplicação de forma eficaz, pois, o modo operacional influencia tanto a qualidade, quanto o gasto energético. Segundo Bala (2017) altas temperaturas do ar de secagem podem causar danos físicos como fissuras internas e superficiais, além da alteração da qualidade do grão, resultando em produto geralmente de baixo valor.

A eliminação do excesso de água reduz a sua actividade, reduzindo o potencial para desencadear várias reações metabólicas que levam a deterioração do produto armazenado (BRITO *et al.*, 2019) e permite antecipar a colheita (ANDRADE *et al.*, 2006). Grãos colhidos com alto teor de água e secos a temperaturas altas sujeitam-se a danos mecânicos decorrentes do processo, inviabilizando o processamento comercial dos grãos (ALVES *et al.*, 2001; MILMAN, 2002).

Quando os grãos são colhidos com teor de água alto, tendem a passar mais tempo sob ação do ar de secagem, e regista-se aumento de perdas de qualidade durante a operação. Os danos não são apenas físicos, o aumento da condutividade elétrica e a diminuição da porcentagem de germinação, são reflexos indiretos de danos ocorridos ao nível do sistema de membranas celulares (MILMAN, 2002; MARCOS FILHO, 2015; CORADI *et al.*, 2015).

Os grãos com um grande número de danos por fissuras são mais susceptíveis à quebra, absorvem água muito rapidamente e são mais susceptíveis a danos causados por insetos e fungos durante o armazenamento. Diante do exposto, objetivou-se avaliar a qualidade dos grãos de milho armazenados após a secagem em função de diferentes teores de água de colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi montado no laboratório da Faculdade de Engenharia de Ambiental e dos Recursos Naturais (FEARN), cidade de Chimoio, bairro 7 de abril a 7 km do município de Chimoio, no período de junho a setembro de 2020, tendo sido adotado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em um esquema fatorial 4×3 e 4 repetições, correspondendo a quatro teores de água de colheita (30.75 ± 0.001 , 25.48 ± 0.018 , 20.37 ± 0.004 e 16.02 ± 0.003 b.u.) e três períodos de armazenamento (0, 45 e 90 dias após a secagem). Os grãos foram submetidos a secagem na temperatura de 60 ± 1 °C e umidade relativa do ar de secagem de $10.84 \pm 1\%$, até atingir o teor de água ideal de $13 \pm 0.5\%$ em base úmida (b.u.). O teor de água inicial foi determinado a partir do método padrão de estufa, usando três repetições de 15 g para cada, na temperatura de 105 ± 1 °C por 24 horas (BRASIL, 2009a).

Os grãos de milho foram colhidos no campo experimental da FEARN. Após a colheita e debulha, os grãos de milho, da variedade PRIS 601, foram acondicionados em uma embalagem de polietileno e colocados no interior de uma incubadora do tipo BOD, da marca *Nahita*, modelo 639/250, na temperatura de 5 °C por 24 horas, para homogeneização das condições de teor de água e temperatura da massa dos grãos.

A secagem dos grãos de milho foi feita em uma estufa de circulação forçada da marca *Indelab*, na temperatura de 60 ± 1 °C e umidade relativa do ar de $10.84 \pm 1\%$, por meio de quatro bandejas metálicas, com diâmetro maior e menor de 20.03 e 15.38 cm, respectivamente, e altura de 6.05 cm, com o fundo totalmente perfurado, contendo cada 400 ± 0.5 g de grãos de milho. A temperatura foi regulada por meio do sensor interno da estufa e aferida pelo termômetro de mercúrio. A secagem foi monitorada por meio da perda de massa dos grãos, pesando cada bandeja em uma balança semi-analítica da marca *Kern*, modelo *PLE 4200-2N*, com resolução

de 0.01 g, em intervalos regulares de 10 minutos, com revolvimento da massa visando uniformizar as condições de secagem na massa de grãos.

Após a secagem, os grãos foram resfriados e acondicionados em frascos de vidro. Os frascos foram fechados com uma flanela de malha fina para permitir a circulação do ar e impedir a entrada de insetos. Com os registros ao longo da secagem, foram determinados os valores da taxa de redução de água. Visando avaliar a qualidade dos grãos, as avaliações foram feitas em intervalos regulares de 45 dias até 90 dias de armazenamento.

Taxa de redução de água

A taxa de redução de água foi determinada pela razão entre a diferença dos teores de água e o tempo de secagem (Equação 1), considerando o teor de água inicial e final nos diversos intervalos ao longo da secagem (PARK et al., 2007; MABASSO et al., 2020).

$$\text{TRA} = \frac{X_0 - X_i}{t_i - t_0} \quad (1)$$

Em que: TRA - taxa de redução de água ($\text{kg kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$); X_0 - teor de água anterior (decimal b.s.); X_i - teor de água atual (decimal b.s.); t_i - tempo total de secagem atual (h); e t_0 - tempo total de secagem anterior (h).

Teor de água

A determinação de teor de água dos grãos foi realizada pelo método gravimétrico, usando quatro repetições de 15 g em triplicata para cada tratamento. As amostras foram pesadas inicialmente por meio de uma balança analítica da marca *kern*, modelo ACJ 220-4M, com resolução de 0.0001 g e, posteriormente, colocadas em uma estufa de circulação forçada, da marca *INDELAB*, a uma temperatura de 105 ± 1 °C por um período de 24 horas. Depois de 24 horas as amostras foram retiradas e pesadas individualmente para aferir a massa final e deduzir a quantidade de água perdida pela diferença de massa das amostras no início e no final do processo. O teor de água foi então determinado por meio da Equação 2.

$$X_{b.u.} = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (2)$$

Em que: $X_{b.u.}$ - teor de água (% , base úmida); m_i - massa inicial ou total da amostra (g); m_f - massa final (g).

Índice de danos por fissura (IDF)

Danos por fissura foram determinados por meio de observações dos grãos na lupa estereoscópica da marca *Optica Italy*, modelo STX, na resolução de 10X (Figura 1A). Foram usadas quatro repetições de 100 grãos selecionados ao acaso em cada tratamento (AKOWUAH et al., 2018). O IDF foi calculado por meio da Equação 3, respeitando a escala de intensidade da fissura (Figura 1B).

$$\text{IDF} = \text{FS} + 3 \times \text{FD} + 5 \times \text{FM} \quad (3)$$

Em que: IDF - índice de danos por fissura (adimensional); FS - número de grãos com fissuras simples ou única; FD - número de grãos com fissuras duplas; e FM - número de grãos com fissuras múltiplas.

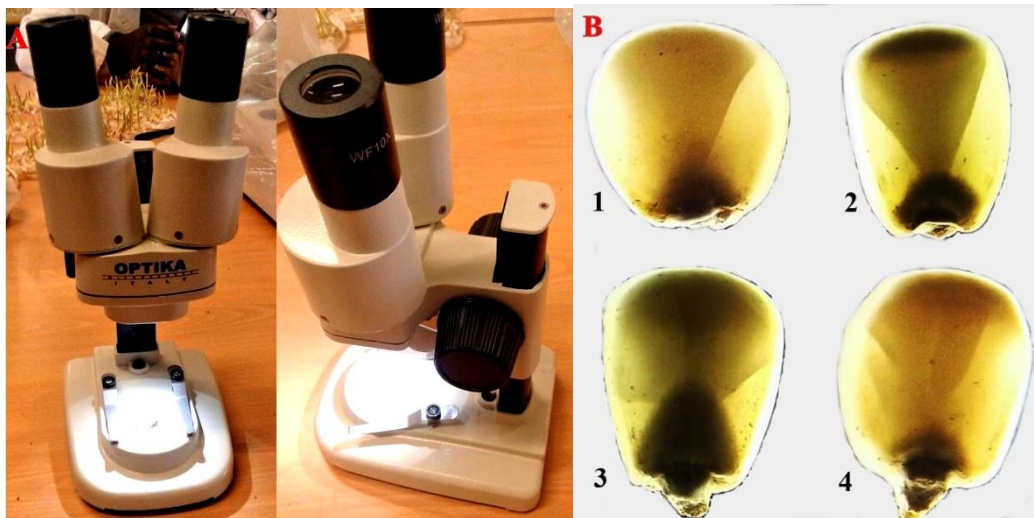


Figura 1: Lupa estereoscópica usada para observação das fissuras nos grãos (A) e escala ou intensidade das fissuras (B): 1 - fissura simples, 2 - fissuras duplas, 3 e 4- fissuras múltiplas.

Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada usando o método de massa. Utilizou-se quatro repetições de 50 grãos em quadruplicata para cada tratamento, suas massas foram determinadas com auxílio de uma balança analítica com resolução de 0.0001 g, da marca kern, modelo ACJ 220-4M. Depois da pesagem, os grãos foram acondicionados em copos descartáveis de 100 mL, e acrescentado 75 mL de água destilada. Em seguida, os copos foram colocados em incubadora do tipo BOD da marca *Nahita*, modelo 639/250, regulada à temperatura de 25 °C por 24 horas. Decorridas 24 horas, as amostras foram submetidas para leitura em um condutivímetro da marca EUTECH, modelo COND 6+, devidamente calibrado. Os valores lidos em $\mu\text{S cm}^{-1}$ foram convertidos para $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ dividindo os valores pela massa obtida em cada subamostra depois de deduzir o valor da condutividade da água usada (VIEIRA; KRZYZANOWSKI, 1999).

Perdas por fungos

A perda por fungos foi determinada pelo teste de sanidade, por meio do método de incubação em substrato de papel, usando quatro repetições de 16 subamostras com 25 grãos cada. Os 25 grãos de cada amostra foram dispostos individualmente em uma placa de *Petri* contendo duas folhas de papel toalha humedecido, mantendo-as com distanciamento de 1 cm. As placas de *Petri* contendo grãos foram então colocadas dentro da incubadora do tipo BOD, da marca *Nahita*, modelo 639/250, na temperatura de 20 °C, pelo período de 7 dias com fotoperíodo de 12 horas. Após 7 dias, os grãos foram examinados individualmente com auxílio de uma lupa, observando a ocorrência de frutificações típicas do crescimento de fungos

(BRASIL, 2009b). A quantificação da incidência de fungos foi calculada pela Equação 4 (BENTO *et al.*, 2012).

$$PF = (NGF/NGT) \times 100 \quad (4)$$

Em que: PF - Porcentagem de perda por fungos (%); NGF - Número de grãos fungados; NGT - Número total de grãos incubados.

Análise de dados

Os dados foram analisados usando pacote estatístico Sisvar 5.6® e o *software SigmaPlot* 11.0®. Com os pacotes, procedeu-se a análise de variância, construção e análise dos modelos de regressão pelo teste F em nível de 5% de probabilidade, significância dos coeficientes e o coeficiente de determinação (R^2).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A taxa de redução de água reduziu com o aumento do tempo de secagem, independentemente do teor de água inicial ou de colheita (Figura 2). Os valores da taxa de redução de água foram maiores no início da secagem em resultado de maior disponibilidade de água. Com o aumento do tempo de secagem a água tende a sair com maior dificuldade, devido ao desequilíbrio gerado entre o movimento de difusão e a evaporação que ocorre na superfície do grão. Os tempos de secagem foram: 6.58, 4.67, 3.17 e 1.33 h para os teores de água de colheita de 30.75 ± 0.001 , 25.48 ± 0.018 , 20.37 ± 0.004 , 16.02 ± 0.003 % b.u., respectivamente. Quanto maior o teor de água inicial, maior é o tempo de exposição a que o produto fica sujeito, considerando condições similares do processo de secagem.

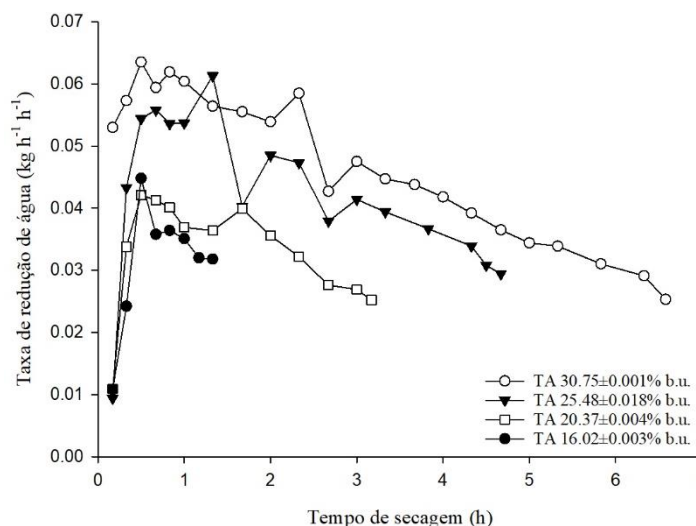


Figura 2: Taxa de redução de água de grãos de milho ao longo do tempo de secagem em função do teor de água no momento da colheita.

Quando os grãos são colhidos com teor de água alto, tendem a passar mais tempo sob ação do ar de secagem, sendo assim propensos a ocorrência de danos pelo tempo de exposição contínua ao ar quente (MILMAN, 2002). Corrêa *et al.* (2001) também observaram maiores valores da taxa de redução de água nos grãos de milho-pipoca no princípio do processo de secagem e redução com o aumento do tempo de secagem.

O teor de água dos grãos de milho reduziu com o aumento do tempo de armazenamento e do teor de água de colheita (Figura 3), porém, o efeito do teor de água de colheita não foi significativo. Segundo Park *et al.* (2007) os grãos submetidos a mesma umidade relativa e temperatura do ar tendem a atingir ao mesmo tempo o equilíbrio higroscópico considerando igual teor de água inicial. A redução da água durante o armazenamento, está relacionada com a migração de umidade, que ocorre de forma natural em sistemas de armazenamento a granel, sendo esse fenômeno o maior causador dos danos que ocorrem aos grãos armazenados (MILMAN, 2002).

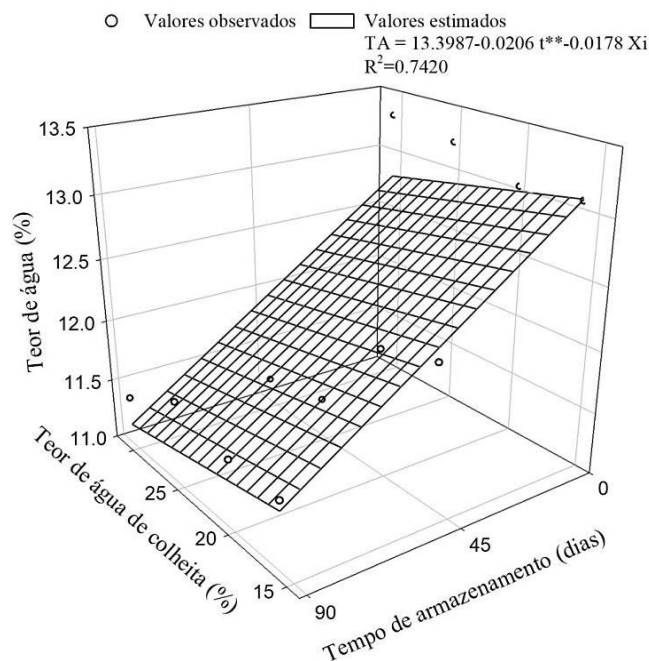


Figura 3: Comportamento do teor de água de grãos de milho em função do teor de água no momento da colheita e do tempo de armazenamento. ** Significativo em nível de 1% pelo teste F. t - Tempo de armazenamento; Xi - Teor de água de colheita.

O índice de danos por fissuras aumentou com o aumento do tempo de armazenamento e do teor de água de colheita dos grãos de milho submetidos a secagem na temperatura de 60 °C (Figura 4). Quanto maior o teor de água de colheita, maior é o tempo de exposição do produto ao ar de secagem e conseqüentemente, maior será o índice de fissuras, pois, os danos de secagem resultam da ação de temperaturas altas e tempo a que o produto está exposto ao ar de secagem (MILMAN, 2002; CORADI *et al.*, 2015).

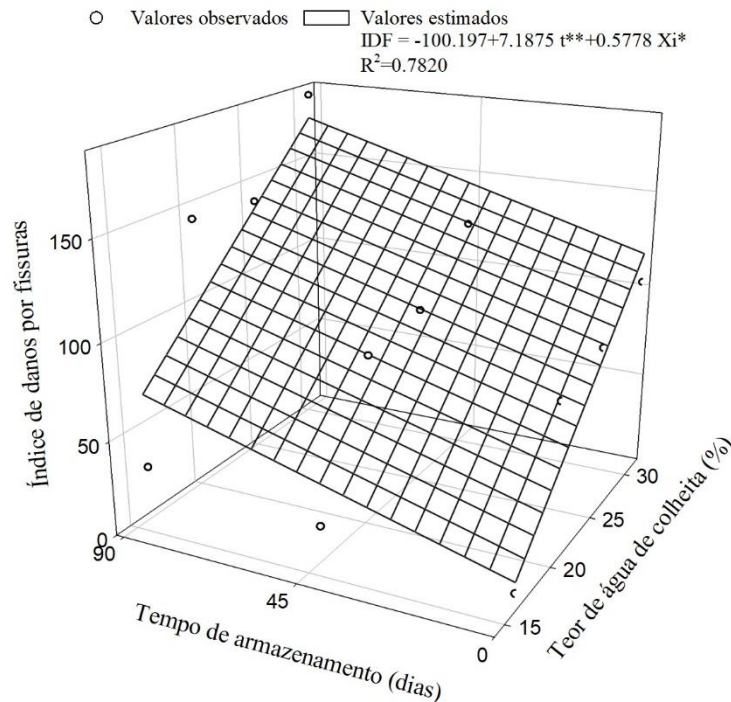


Figura 4: Índice de danos por fissuras de grãos de milho em função dos teores de água de colheita e tempo de armazenamento, após a secagem. ** Significativo em nível de 1% e *significativo em nível de 5% de probabilidade pelo teste F. t - Tempo de armazenamento; Xi - Teor de água inicial.

Segundo Mabasso *et al.* (2020), quando o grão é sujeito ao fluxo contínuo de ar de secagem, em decorrência da pressão exercida pela temperatura para remoção de água, na parte final do processo, quando a disponibilidade de água é menor, gera-se um maior gradiente hídrico e desequilíbrio entre a evaporação e a difusão. Como consequência, ocorre aumento do risco de ocorrência de fissuras, desestruturação celular e quebra do grão.

Quando os grãos perdem água, sofrem compressão externa, a pressão interna aumenta e as camadas mais centrais do grão, expandem-se, causando danos devido a limitação da capacidade de expansão para suportar tensões mecânicas muito elevadas (BARBOSA DE LIMA *et al.*, 2016; MILMAN, 2002; CORADI *et al.*, 2015). Alves *et al.* (2001) também observaram diminuição de danos nos grãos com a diminuição do teor de água de colheita.

Durante o armazenamento, ocorre o aumento da desorganização no sistema de membranas, condicionados pela variação da temperatura e umidade de ar ambiente. Para Paulsen *et al.* (2019) o índice de danos de grãos por fissura não deve ser superior a 140, caso contrário o seu valor comercial fica comprometido. No geral os valores do índice de danos por fissuras variaram de 9.5 à 185.5 logo após o armazenamento e aos 90 dias para os teores de água de 16.02±0.003 e 30.75±0.001% respectivamente.

A condutividade elétrica dos grãos de milho aumentou linearmente com o aumento do teor de água de colheita e do tempo de armazenamento (Figura 5A-B), porém, o teor de água de colheita foi significativo para $p=0.0774$ (Figura 5A).

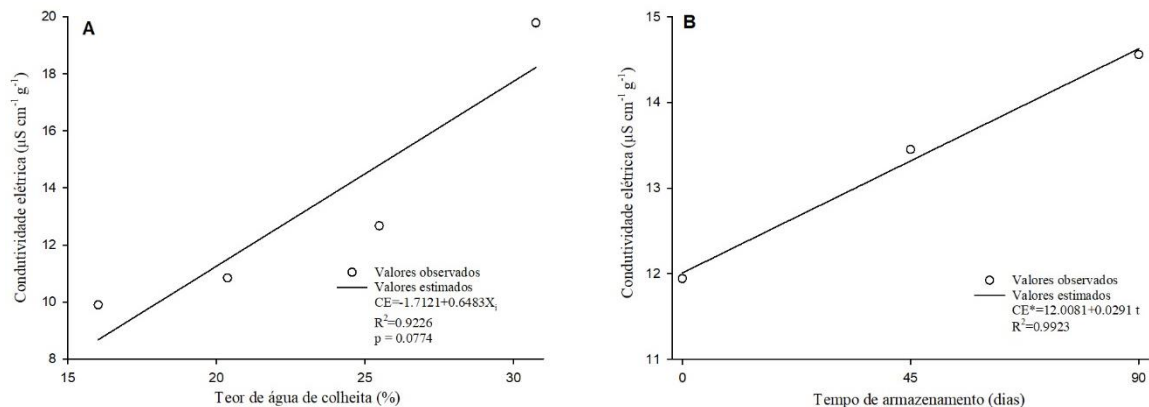


Figura 5: Condutividade elétrica de grãos de milho armazenados após a secagem em função dos teores de água de colheita (A) e em função do tempo de armazenamento após a secagem (B). * Significativo em nível de 5% pelo teste F. Xi – Teor de água inicial, t – Tempo de armazenamento.

Os valores da condutividade elétrica estão coerentes com o tempo de exposição do produto ao ar de secagem, resultando numa maior danificação das membranas conforme se observou com o comportamento do índice de danos por fissuras (MILMAN, 2002; CORADI *et al.*, 2015). A condutividade elétrica aumentou durante o tempo de armazenamento, visto que o índice de danos por fissuras também teve mesmo comportamento, mostrando aumento da desorganização das membranas dos grãos, influenciado também pela variação da temperatura e umidade relativa do ar ambiente.

Segundo Barbosa de Lima *et al.* (2016) o desequilíbrio entre os fenômenos de difusão e evaporação estão associados ao próprio produto. Maior tempo de exposição do produto em fluxo contínuo de secagem acaba causando danos pelo elevado gradiente gerado na superfície, sendo importante observar a redução do tempo de secagem. Os danos estruturais têm fortes implicações em casos de mobilidade do produto posteriormente ao processo de secagem, afetando assim o seu potencial de armazenamento. Paraginski *et al.* (2015) também verificaram aumento da condutividade elétrica nos grãos de milho armazenados durante três meses na temperatura de 25 e 35 °C.

Na Figura 6 observa-se o aumento da porcentagem de perdas por fungos com o aumento do teor de água de colheita e o tempo de armazenamento. Este comportamento está relacionado com o índice de danos dos grãos durante a secagem, e com o aumento no tempo de armazenamento.

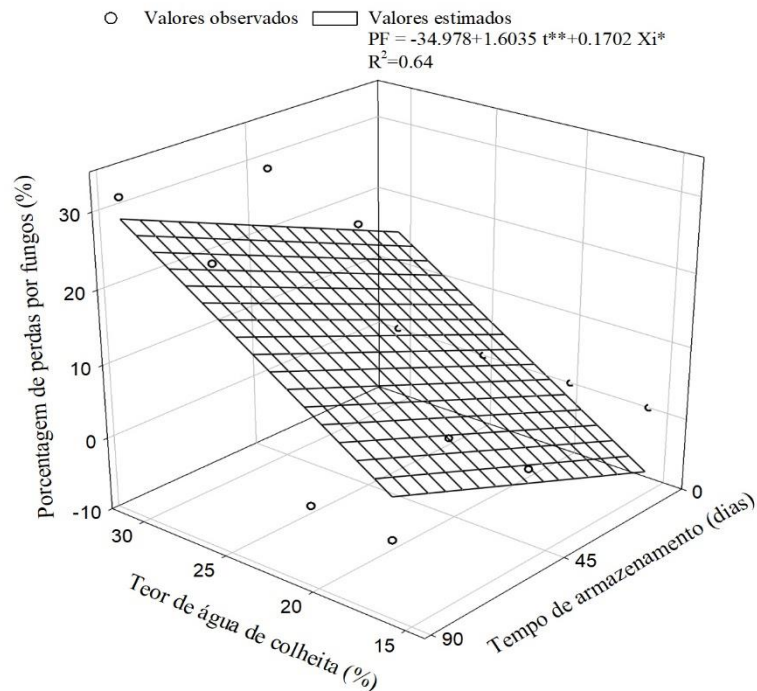


Figura 6: Porcentagem de perda de grãos de milho por fungos em função dos teores de água de colheita e tempo de armazenamento, após a secagem. ** Significativo em nível de 1% pelo teste F. t – Tempo de armazenamento; Xi – Teor de água inicial.

Os grãos colhidos com altos teores de água foram os que apresentaram maiores porcentagens de perdas por fungos ao longo do tempo de armazenamento. Segundo Paulsen *et al.* (2019) afirmam que, grãos com alto índice de danos são mais susceptíveis a perdas ocasionados por fungos ou outros factores. A perda de grãos por fungos é também influenciada pelo teor de água e temperatura de ar ambiente, pois maior parte dos fungos se proliferam quando grãos têm teor de água acima de 13%, numa faixa de temperatura 15 °C à 40 °C, umidade relativa acima de 65% (BALA, 2017), porém, fungos da espécie de *Aspergillus* são capazes de se desenvolver nos grãos com baixo teor de água, com umidade relativa de 65% (MARCOS FILHO, 2015; ELIAS *et al.*, 2017).

CONCLUSÕES

A taxa de redução de água de grãos de milho aumentou com o aumento do teor de água de colheita e reduziu com o aumento do tempo de secagem. O teor de água reduziu com o aumento do tempo de armazenamento, porém, não foi influenciado pelo teor de água de colheita. O índice de danos por fissura, condutividade elétrica, perdas por fungos aumentaram com o aumento de teor de água de colheita e tempo de armazenamento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKOWUAH, J. O.; MAIER, D.; OPIT, G.; MCNEILL, S., AMSTRONG, P.; CAMPABADAL, C.; AMBROSE, K.; OBENG-AKROFI, G. Drying temperature effect on kernel damage and viability of maize dried in a solar biomass hybrid dryer. **Open Journal of Applied Sciences**, v. 8, n. 11, p. 506-517, 2018.
- ALVES, W. M.; FARONI, L. R.; QUEIROZ, D. M.; CORREA, P. C.; GALVÃO, J. C. Qualidade dos grãos de milho em função da umidade de colheita e da temperatura de secagem. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 5, n. 3, p. 469-474, 2001.
- ANDRADE, E. T. D.; CORRÊA, P. C.; TEIXEIRA, L. P.; PEREIRA, R. G.; CALOMENI, J. D. Cinética de secagem e qualidade de sementes de feijão. **Engevista**, v. 8, n. 2, p. 83-95, 2006.
- BALA, B. K. **Drying and storage of cereal grains**. 2 ed. West Sussex: John Wiley and Sons Ltd, 2017. 339 p.
- BARBOSA DE LIMA, A. G.; SILVA, J. V.; PEREIRA, E. M. A.; SANTOS, I. B.; BARBOSA DE LIMA, W. M. P. Drying of bioproducts: Quality and energy aspects. *In*: DELGADO, J. M. P. Q.; BARBOSA DE LIMA, A. G. (Ed.). **Drying and energy technologies**. Springer International, 2016. Cap. 1. p. 1-17.
- BENTO, L. F.; CANEPPELE, M. A.; ALBUQUERQUE, M. C.; KOBAYASTI, L.; CANEPPELE, C.; ANDRADE, P. D. Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Revista Institucional Adolfo Lutz**, v. 71, n. 1, p. 44-49, 2012.
- BRASIL. Manual de Análise Sanitária de Sementes, Anexo do Capítulo 9 (Teste de Sanidade de Sementes) das **Regras Para Análise de Sementes**. 1ª ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009b. 200 p.
- BRASIL. **Regras para análise de sementes**. 1 ed. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2009a. 366 p.
- BRITO, R. C.; BÉTTEGA, R.; FREIRE, J. T. Energy analysis of intermittent drying in the spouted bed. **Drying Technology**, v. 37, n. 12, p. 1498-1510, 2019.
- CORADI, P. C.; MILANE, M. L.; CAMILO, L. J.; ANDRADE, M. G.; LIMA, R. E. Qualidade de grãos de milho após secagem e armazenamento em ambiente natural e resfriamento artificial. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 3, p. 420-432, 2015.
- CORRÊA, P. C.; MACHADO, P. F.; ANDRADE, E. T. Cinética de secagem e qualidade de grãos de milho. **Ciências agrotécnicas**, v. 25, n. 1, p. 134-142, 2001.
- ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M.; VANIER, N. L. **Tecnologias de pré-armazenamento, armazenamento e conservação de grãos**. Pelotas, 2017. 102 p.
- FISCHER, T.; BYERLEE, D.; EDMEADES, G. Maize. *In*: FISCHER, T.; BYERLEE, D.; EDMEADES, G., **Crop yields and global food security**. Australian Government, ACIAR. 2014. Cap. 5, p. 181-241.
- GALINDO, F. S.; ZOCOLER, J. L.; FILHO, M. C.; BUZETTI, S.; ALVES, C. J.; SANTINI, J. M. Perdas ocorridas na colheita do milho em função do teor de água dos grãos na colheita. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 6, n. 1, p. 60-65, 2019.
- MABASSO, G. A.; SIQUEIRA, V. C.; QUEQUETO, W. D.; RESENDE, O.; GONELI, A. L. Compressive strength of corn kernels subjected to drying under different rest periods. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 51, n. 4. p. 1-8, 2020.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015. 659 p.

- MILMAN, M. J. **Equipamentos para pré-processamento de grãos**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2002. 209 p.
- MREMA, G. C.; GUMBE, L. O.; CHEPETE, H. J.; AGULLO, J. O (FAO). **Rural structures in the tropics: design and development**. Roma - Itália. 2011. 481p.
- PARAGINSKI, R. T.; ROCKENBACH, B. A.; SANTOS, R. F.; ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. D. Qualidade de grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.**, v. 19, n. 4, p. 358–363, 2015.
- PARK, K. J.; ANTONIO, G. C.; OLIVEIRA, R. A.; PARK, K. J. **Conceito de processo e equipamentos de secagem**. Campinas: UNICAMP, 2007. 127 p.
- PAULSEN, M. R.; SINGH, M.; SINGH, V. Measurement and Maintenance of Corn quality. In: AACC Internation Press. **Corn**. 2019. p. 165-211.
- SANTOS, J. P. **Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho**. Sete Lagoas MG: Embrapa, 2006. 20 p.
- VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: ABRATES, 1999. cap. 4, p. 1 - 26.