

# Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas e armazenadas sob diferentes temperaturas

*Physiological Quality of Corn Seeds Treated and Stored under Different Temperatures*

**Alessandra Libério dos Santos** (ORCID 0009-0007-0885-8537), **Sabrina de Cassia Senen** <sup>\*</sup>(ORCID 0009-0004-9811-1100), **Laís Fernanda Melo Pereira** (ORCID 0000-0001-8470-2082)

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Canoinhas, SC, Brasil. \*Autor para correspondência: senensabrinadecassia@gmail.com

Submissão: 10 de Outubro, 2024 | Aceite: 19 de Maio, 2025

## RESUMO

O tratamento de sementes de milho é uma prática comum nas unidades de beneficiamento de sementes, visto que o sucesso produtivo das lavouras depende da utilização de sementes de alta qualidade. O controle da deterioração no armazenamento, garante a manutenção da capacidade de germinação e vigor das sementes, permitindo que sejam capazes de tolerar fatores adversos quando semeadas no campo. O objetivo do trabalho foi analisar a qualidade de sementes de milho tratadas e armazenadas sob diferentes temperaturas. Sementes de milho da variedade AL Bandeirante foram submetidas ao tratamento químico com inseticidas (a base de Actellic 500 CE + K-obiol + Maxim X) e armazenadas nas temperaturas de 10 °C, 18 °C e 26 °C. Aos 0, 30, 60 e 90 dias o desempenho das sementes foi avaliado em parcelas subdivididas no tempo com quatro repetições por meio do teor de umidade, porcentagem de germinação, porcentagem de emergência em areia e teste de envelhecimento acelerado. A porcentagem de germinação das sementes se manteve dentro dos padrões de comercialização por até 90 dias de armazenamento nas temperaturas de 10 °C, 18 °C e 26 °C. No entanto, a avaliação do vigor a partir da porcentagem de emergência das plântulas e da porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado, foram reduzidas com o avanço da conservação das sementes, indicando alterações no vigor devido à temperatura de armazenamento.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Zea mays*. Conservação de sementes. Germinação. Teste de vigor.

## ABSTRACT

Corn seed treatment is a common practice in seed processing facilities, as the productive success of crops depends on the use of high-quality seeds. Controlling deterioration during storage ensures the maintenance of germination capacity and vigor, allowing the seeds to tolerate adverse factors when sown in the field. The aim of this study was to analyze the quality of corn seeds treated and stored under different temperatures. Corn seeds of the AL Bandeirante variety were subjected to chemical treatment with insecticides (based on Actellic 500 CE + K-obiol + Maxim X) and stored at temperatures of 10 °C, 18 °C, and 26 °C. At 0, 30, 60, and 90 days, seed performance was evaluated in time-subdivided plots with four repetitions through moisture content, germination percentage, sand emergence percentage, and accelerated aging test. The germination percentage of the seeds remained within commercial standards for up to 90 days of storage at temperatures of 10 °C, 18 °C, and 26 °C. However, the evaluation of vigor, based on the percentage of seedling emergence and germination percentage after accelerated aging, decreased as seed conservation progressed, indicating changes in vigor due to storage temperature.

**KEYWORDS:** *Zea mays*. Seed conservation. Germination. Vigor test.

**Publisher's Note:** UDESC stays neutral concerning jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

## INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual que pertence à Família Poaceae que possui grande importância socioeconômica, sendo considerada uma das principais *commodities* agrícolas, amplamente utilizada na indústria, na alimentação humana e animal (EMBRAPA 2021).

O sucesso das lavouras de milho depende diretamente do uso de sementes de boa qualidade e para alcançar a produção de sementes de alto padrão, se faz necessário implantar um programa de controle de qualidade. O controle de qualidade de sementes de milho vem se destacando cada vez mais pela sua eficiência, resultando no aumento de investimentos nessa área devido à competitividade do mercado (ESPINDOLA et al. 2018).

Diversos fatores podem afetar a qualidade das sementes, como o método de produção, a colheita, o beneficiamento e o armazenamento (MAIA et al. 2020). Dentre os atributos de qualidade das sementes mais avaliados, destacam-se a pureza genética que está relacionada com a presença ou não de outras variedades no mesmo lote de sementes; a qualidade sanitária que envolve a presença de patógenos, ataque de pragas e doenças nas sementes; a pureza física que se refere à porcentagem de sementes de outras espécies e materiais inertes no lote de sementes em questão; e a qualidade fisiológica que está relacionada com a capacidade da semente expressar seu potencial de germinação e vigor (KRZYZANOWSKI et al. 2018). Todos estes atributos podem ser avaliados por meio de testes em laboratório ou em campo.

O teste de germinação é realizado em laboratório com condições controladas de temperatura, umidade e luz, permitindo que as sementes manifestem seu potencial máximo. No entanto, este teste é limitado para prever o desempenho no campo, pois as condições ambientais nem sempre são ideais. A redução do vigor ocorre antes da redução da germinação, o que significa que lotes de sementes com taxas de germinação semelhantes podem apresentar níveis diferentes de vigor, afetando assim o desempenho das plântulas no campo (MARCOS FILHO 2020).

O armazenamento de sementes é uma etapa crucial que precede a semeadura e analisar a deterioração das sementes ao longo do período de conservação, possibilita o conhecimento prévio sobre a qualidade das sementes, visto que as condições de armazenamento exercem influência significativa na qualidade fisiológica do lote de sementes, especialmente no que se refere às condições térmicas (MARCOS FILHO 2015).

O aumento da temperatura no armazenamento, acelera as atividades metabólicas como a respiração, favorecendo a perda de vigor e o acúmulo de danos oxidativos às sementes (RODRIGUES et al. 2020, KRZYZANOWSKI et al. 2022). O armazenamento inadequado de sementes impacta negativamente o estabelecimento das plantas, resultando em uma distribuição desigual das plantas no campo levando a diminuição na produtividade geral da cultura (BAGATELLI et al. 2019).

O tratamento de sementes é uma prática comum nas unidades de beneficiamento de sementes, sendo realizado antes do ensacamento ou da entrega das sementes ao produtor. Pode ser realizado fazendo uso de diversos produtos como fungicidas, inseticidas, nematicidas, reguladores de crescimento, antibióticos, inoculantes, corantes, dentre outros, com a finalidade de melhorar o desempenho

germinativo das sementes (CARVALHO & NAKAGAWA 2012). Além de controlar os patógenos associados às sementes, o tratamento de sementes controla as pragas de solo, fungos de armazenamento e patógenos radiculares e foliares iniciais, podendo assegurar estande adequado, plantas vigorosas e atraso no início de epidemias (VAZQUEZ et al. 2014).

O efeito do tratamento químico em sementes durante o armazenamento é bastante controverso, pois dependendo da combinação e da natureza dos produtos utilizados, pode ocorrer redução da qualidade fisiológica das sementes devido à fitotoxicidade. A resposta ao tratamento varia conforme a cultivar e o período de armazenamento (SALOMÃO et al. 2023).

Pesquisar sobre os efeitos de diferentes temperaturas de armazenamento em sementes de milho tratadas quimicamente, se faz necessário, pois é essencial identificar condições ideais de armazenamento que preservem a qualidade das sementes. Assim, o objetivou-se com este trabalho analisar a qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com inseticidas (Actellic 500 CE + K-obiol + Maxim X) e armazenadas sob três diferentes temperaturas ao longo de 90 dias.

## MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Fisiologia vegetal, análise e tecnologia de sementes e em área didática do Instituto Federal de Santa Catarina no município de Canoinhas-SC. Foram utilizadas sementes de milho representadas por três lotes da variedade AL Bandeirante obtidas de produtor rural da região de Canoinhas. O clima do município classifica-se como mesotérmico úmido, sem estação seca, com verões frescos e geadas frequentes em junho, julho e agosto. Ocorre uma média de 17,4 geadas ao ano, com precipitação pluviométrica média de 1.473,3 mm (KÖPPEN & GEIGER 1928). As sementes foram tratadas com inseticida a base de Actellic 500 CE, K-obiol e Maxim X e encaminhadas ao laboratório para a realização das análises fisiológicas.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas foram o tempo de armazenamento e as subparcelas as temperaturas. O armazenamento das sementes de milho foi realizado em embalagens de papel multifoliado e a conservação em câmaras do tipo DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) nas temperaturas de 10 °C, 18 °C e 26 °C.

Aos 0, 30, 60 e 90 dias após o armazenamento, a qualidade fisiológica das sementes de milho foi analisada, através dos testes de teor de umidade, porcentagem de germinação, porcentagem de emergência de plântulas em areia e teste de envelhecimento acelerado, sendo que o dia 0 correspondeu à primeira avaliação antes da conservação. As amostras de sementes foram coletadas de forma aleatória para realização dos testes.

O teor de umidade (%U) das sementes de milho foi avaliado através do aparelho medidor de umidade de grãos portátil (AL-102 Eco Agrologic) que comporta aproximadamente 500 gramas de sementes, em quatro repetições para cada tratamento. Em seguida, foi realizado o teste de germinação das sementes, distribuindo-as uniformemente entre duas folhas de papel germitest, umedecidas com volume de água destilada de 2,5 vezes do peso do papel seco, com quatro repetições

de 50 sementes para cada tratamento. Os rolos de papel contendo as sementes foram mantidos em sacos plásticos sob temperatura de aproximadamente 23 °C. A porcentagem da primeira contagem de germinação (%PCG) foi estimada aos quatro dias de semeadura e a porcentagem de germinação (%G) aos sete dias de semeadura (BRASIL 2025).

O teste de envelhecimento acelerado das sementes de milho foi realizado em estufa (Lucadema) com a temperatura ajustada previamente a 45 °C e a porcentagem de umidade de aproximadamente 90%. As sementes de cada tratamento foram acondicionadas em recipientes, considerando quatro repetições de 50 sementes, e estas mantidas na estufa por 72 h de exposição. Logo após, as amostras foram submetidas ao teste de germinação em papel germitest para avaliação da porcentagem da primeira contagem de germinação (%PEN) aos quatro dias e a porcentagem de germinação de sementes envelhecidas (%EN) aos sete dias (VIEIRA et al. 2005).

O teste de emergência das plântulas de milho foi realizado em ambiente protegido de 18 m<sup>2</sup>, formado por uma estrutura de pilares de concreto com plástico de estufa instalado a 4 m, sendo as laterais cobertas com sombrite. Utilizou-se areia como substrato, acondicionada em bandejas plásticas, na qual a semeadura foi feita na profundidade de aproximadamente 2,0 cm do substrato, com quatro repetições de 25 sementes por bandeja, em cada tratamento. Após a semeadura, as regas e as contagens foram realizadas diariamente até sete dias de semeadura (BRASIL 2025). Foram determinadas a porcentagem da primeira contagem de emergência (%PCE) no quarto dia de semeadura e a porcentagem de emergência (%E), o índice de velocidade de emergência (IVE), o tempo médio de emergência (TME) e a velocidade média de emergência (VME) ao sétimo dia de semeadura.

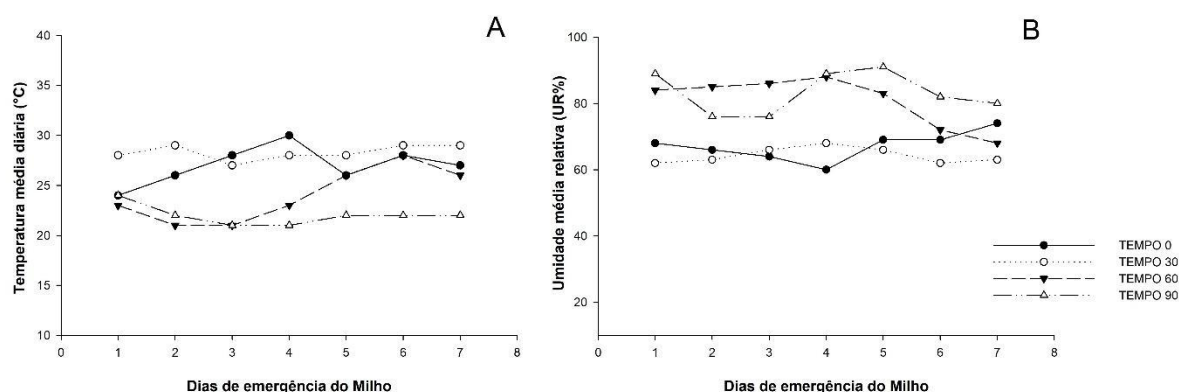
O IVE foi determinado através da fórmula elaborada por MAGUIRE (1962):

$IVE = (N_1/D_1 + N_2/D_2 + \dots N_7/D_7)$ , onde, N corresponde ao número de plântulas emergidas em determinado dia e D ao número de dias após a implantação do teste.

O TME e o VME foram estimados a partir das fórmulas propostas por LABOURIAU & VALADARES (1976):

$TME = (N_1 + N_2 + \dots + N_7/D_7)$  e  $VME = 1/TME$ , onde, N corresponde ao número de plântulas emergidas em determinado dia e D corresponde ao número total de plântulas emergidas aos sete dias.

As condições de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram registradas por meio de datalogger (Tzone, TempU03) por todo o período experimental durante o teste de emergência de plântulas de milho (Figura 1). De modo geral, a temperatura variou de 21 °C a 30 °C nas avaliações até os 90 dias. No dia da semeadura (tempo 0), a temperatura média foi de 26,3 °C. Aos 30 dias, a média foi de 28 °C e na avaliação aos 60 dias a temperatura média foi de 24 °C. Aos 90 dias, a temperatura média foi de 22 °C (Figura 1A). A umidade média relativa do ar, foi em torno de 69% no tempo 0, 65% no tempo 30, 80% no tempo 60 e 84% no tempo 90 (Figura 1B). Verificou-se que as médias de temperaturas e umidade relativa do ar estavam dentro do recomendado para emergência do milho (EMBRAPA 2021).



**Figura 1.** Médias diárias de temperatura (A) e umidade relativa do ar (B), registradas ao longo do período de avaliação de emergência de plântulas de milho AL Bandeirante.

**Figure 1.** Daily averages of temperature (A) and relative air humidity (B) recorded during the evaluation period of AL Bandeirante maize seedling emergence.

Os dados foram submetidos à análise de variância e quando significativo, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico SISVAR (FERREIRA 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Analisando a qualidade fisiológica das sementes de milho AL Bandeirante armazenadas sob diferentes temperaturas, foram identificadas a partir da análise de variância, diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) na interação entre os fatores tempo e temperatura de armazenamento para a maioria das variáveis estudadas, com exceção da porcentagem de germinação (%G) e do tempo médio de emergência (TME) (Tabela 1).

O teor inicial de umidade das sementes antes do armazenamento (dia 0), estava diferente entre os tratamentos de temperatura, porém verificou-se que houve redução ao longo do tempo. As sementes armazenadas na temperatura de 26 °C apresentaram %U superior aos demais tratamentos a partir dos 30 dias, com média de 12% aos 30 e 60 dias de armazenamento e média de 10% aos 90 dias. Em relação a temperatura de 18 °C, verificou-se que a umidade foi em média de 11% aos 30 e 60 dias, reduzindo aos 90 dias com média de 9%. Os teores mais baixos de umidade foram observados nas sementes conservadas a 10 °C, com média de 8% a partir dos 60 dias de armazenamento (Figura 2).

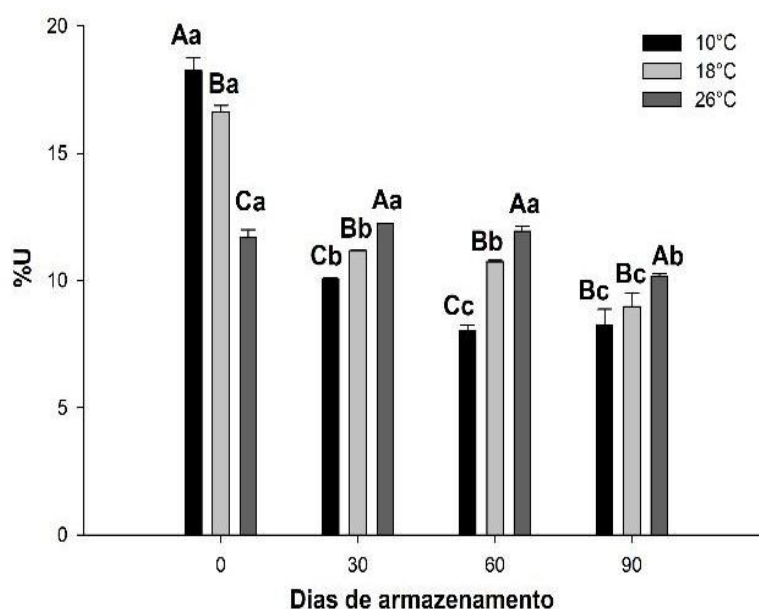
A diferença nos teores de umidade das sementes entre os tratamentos de temperatura observados inicialmente, se deve provavelmente, pelas variações de evaporação e as condições ambientais que afetaram a umidade das sementes antes do armazenamento. De modo geral, a redução no teor de umidade nas sementes após o armazenamento, ocorreu possivelmente pelo equilíbrio higroscópico delas com a temperatura de conservação.

**Tabela 1.** Valores de F da análise de variância do teor de umidade (%U), porcentagem da primeira contagem de germinação (%PCG), porcentagem de germinação (%G), porcentagem da primeira contagem após o envelhecimento acelerado (%PEN), porcentagem de germinação após envelhecimento acelerado (%EN), porcentagem da primeira contagem de emergência (%PCE), porcentagem de emergência (%E), índice de velocidade de emergência (IVE), tempo médio de emergência (TME) e velocidade média de emergência (VME) de sementes de milho AL Bandeirante, armazenadas sob diferentes tempos e temperaturas.

**Table 1.** F values of analysis of variance for moisture content (%U), percentage of first germination count (%PCG), percentage of germination (%G), percentage of first count after accelerated aging (%PEN), percentage of germination after accelerated aging (%EN), percentage of first emergence count (%PCE), percentage of emergence (%E), emergence speed index (IVE), mean emergence time (TME), and mean emergence speed (VME) of AL Bandeirante corn seeds, stored under different times and temperatures.

Valores de F											
Fonte de variação	GL	%U	%PCG	%G	%PEN	%EN	%PCE	%E	IVE	TME	VME
Tempo	3	365,1*	583,9*	23,0*	83,9*	48,3*	74,2*	16,5*	58,5*	27,2*	25,5*
Temperatura	2	6,3*	5,2*	1,8 <sup>ns</sup>	33,4*	40,9*	13,6*	3,4*	6,2*	4,7*	3,2*
Tempo x Temperatura	6	68,8*	2,7*	1,1 <sup>ns</sup>	6,1*	4,7*	4,3*	7,7*	7,3*	1,3 <sup>ns</sup>	1,0*
CV parcela (%)		4,3	6,0	3,7	27,7	17,7	20,5	13,4	12,0	6,4	6,5
CV subparcela (%)		5,0	8,5	6,3	17,	13,2	21,2	11,5	11,5	6,4	7,1

Tempo: parcela; Temperatura: subparcela; GL: graus de liberdade; \*: significativo a 5% pelo teste Tukey; ns: não significativo; CV%: coeficiente de variação.



**Figura 2.** Teor de umidade (%U) das sementes tratadas de milho AL Bandeirante, armazenadas sob diferentes tempos e temperaturas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam as temperaturas em cada tempo e letras minúsculas comparam a temperatura isolada ao longo do tempo. As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

**Figure 2.** Moisture content (%U) of treated AL Bandeirante corn seeds stored at different times and temperatures. Means followed by the same letter do not differ by the Tukey test at 5% probability, uppercase letters compare temperatures at each time point and lowercase letters compare isolated temperatures over time. The bars indicate the standard error of the mean of four replicates.

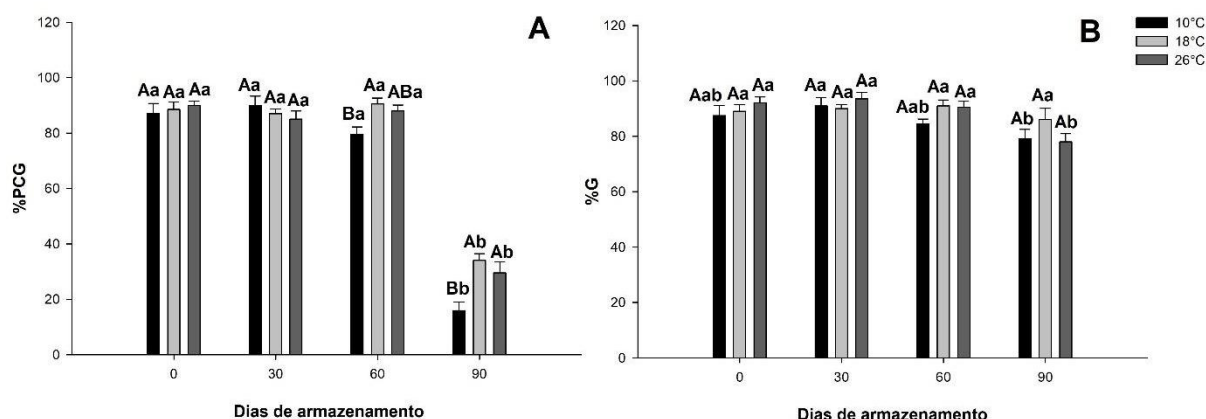
Segundo CARVALHO et al. (2014) é essencial levar em conta o tempo e as condições ambientais durante o armazenamento das sementes. A conservação de sementes durante o armazenamento, pode ser atribuída aos teores iniciais de água e às condições do ambiente de armazenamento, com as reações hidrolíticas estimuladas quando as sementes estão com teor de umidade mais elevado (OLIVEIRA et al. 2021).

No armazenamento seguro de sementes, preconiza-se temperatura do ar inferior a 18 °C e umidade relativa do ar entre 50% e 60%. Essas condições são fundamentais para preservar a viabilidade das sementes ao longo do tempo, minimizando a atividade metabólica e prevenindo a deterioração causada por condições adversas. Manter a temperatura baixa reduz a taxa de envelhecimento das sementes, enquanto a umidade controlada evita a germinação prematura e o desenvolvimento de fungos. Dessa forma, assegura-se que as sementes permaneçam em condições ideais para futuras plantações, garantindo sua qualidade e potencial germinativo (MENEHELLO 2014). Durante o armazenamento das sementes de milho nas diferentes temperaturas, constatou-se que todas as câmaras de DBO encontravam-se com umidade do ar em torno de 50%, estando de acordo com a recomendação.

Analisando a %PCG das sementes de milho, verifica-se que até aos 30 dias de armazenamento não houve diferença entre os tratamentos térmicos. Aos 60 dias, as sementes armazenadas a 18 °C e 26 °C apresentaram média de 89% de germinação, e aquelas sob 10 °C tiveram média de 79,5%. Entretanto, com o avanço do tempo ocorreu redução na %PCG, com média de 16% no tratamento de 10 °C e média de 31,7% nas temperaturas de 18 °C e 26 °C (Figura 3A). A porcentagem da primeira contagem de germinação é essencial para avaliar a porcentagem de plântulas normais e determinar o vigor das sementes. Nos lotes de sementes que apresentam porcentagens de germinação semelhantes, muitas vezes são observadas variações na velocidade de germinação, indicando que pode haver diferenças no vigor entre os lotes (CARVALHO & NAKAGAWA 2012).

Quanto à %G, não houve diferença entre as temperaturas em todo o período experimental. No entanto, as sementes conservadas a 10 °C e 26 °C apresentaram diferenças ao longo dos dias de armazenamento, com destaque aos 90 dias, no qual estas demonstraram média de 78,5% de germinação (Figura 3B). No presente estudo, a capacidade de germinação das sementes de milho foi em média de 87% até 90 dias de armazenamento, independente do tratamento, portanto, as sementes utilizadas poderiam ser comercializadas de acordo com a legislação brasileira (BRASIL 2013).

Os resultados de germinação corroboram com MORAES et al. (2022) que verificaram a capacidade germinativa de dois híbridos de milho (BM 950 PRO3 e BM 709 PRO2), em sementes tratadas com inseticidas e armazenadas a 10, 20 e 30 °C, constatando que cada híbrido apresentou porcentagem de germinação diferente nas condições térmicas de armazenamento, porém se manteve dentro dos padrões mínimos de comercialização até 360 dias de conservação, independente dos tratamentos.



**Figura 3.** Porcentagem da primeira contagem de germinação (%PCG) (A) e porcentagem de germinação (%G) (B) das sementes tratadas de milho AL Bandeirante, armazenadas sob diferentes tempos e temperaturas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam as temperaturas dentro de cada tempo e letras minúsculas comparam a temperatura isolada ao longo do tempo. As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

**Figure 3.** Percentage of first germination count (%PCG) (A) and germination percentage (%G) (B) of treated AL Bandeirante corn seeds, stored at different times and temperatures. Means followed by the same letter do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability, uppercase letters compare temperatures within each time, and lowercase letters compare isolated temperature over time. Bars indicate the standard error of the mean of four replicates.

Após seis meses de armazenamento em laboratório, PEREIRA et al. (2005) verificou que as sementes de milho dos híbridos AG9010 e AG122 tiveram germinação acima do estabelecido para comercialização, com 97%, constatando que o tratamento com produtos fitossanitários, inseticida e inseticida+fungicida, foi responsável pela redução no percentual desses patógenos antes e durante o armazenamento. Mesmo que as sementes tenham um alto potencial germinativo no início do armazenamento, se forem submetidas a condições inadequadas para preservar sua qualidade fisiológica, a taxa de germinação pode diminuir com o tempo, podendo gerar falhas no estabelecimento da cultura e reduzir a produtividade.

Analisando a capacidade de germinação de sementes de milho durante 450 dias de armazenamento, HEBERLE et al. (2019) observaram diminuição nas taxas de germinação de todos os lotes após 90 dias, independentemente das condições do ambiente, os autores enfatizaram que temperaturas baixas e umidade relativa reduzida são cruciais para preservar a qualidade das sementes por um período prolongado, garantindo que elas permaneçam adequadas para comercialização.

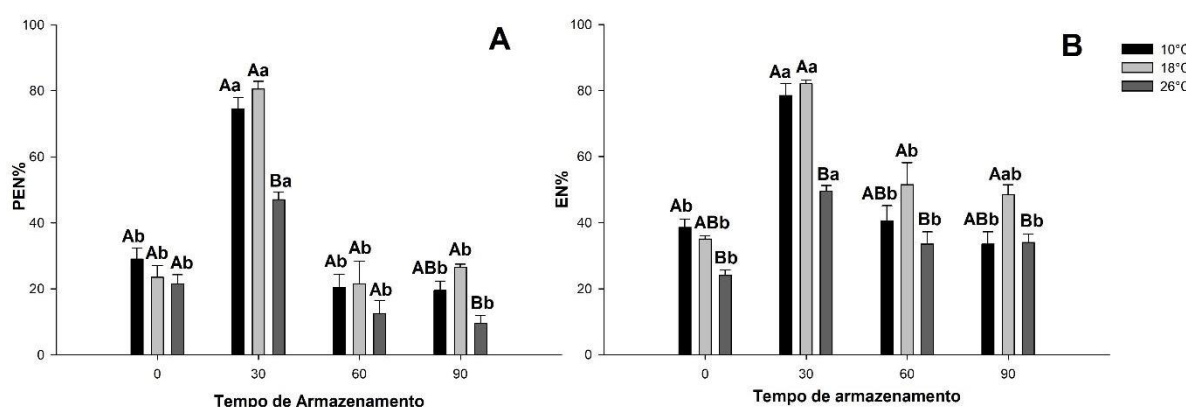
O teste de germinação, apesar de ser usado na rotina de avaliação das sementes, é um teste com limitações, como salienta MARCOS FILHO (2015), pois nele é avaliado o poder germinativo das sementes sob condições ideais de ambiente e que para a diferenciação de qualidade de lotes é necessário o uso de testes de vigor. O mesmo autor destacou também que o teste de germinação não deve ser substituído pelos testes de vigor e que estes devem ser um complemento para detectar diferenças que não podem ser visualizadas no teste de germinação.

No teste de envelhecimento acelerado, verificou-se que não houve diferença na %PEN entre os tratamentos térmicos aos 0 dias, no entanto, aos 30 dias as sementes



sob temperatura de 26 °C apresentaram redução na germinação, com média de 47%. Diferenças significativas foram observadas com o avanço do tempo de armazenamento, onde aos 90 dias a média de germinação no tratamento de 10 °C foi de 19%, no tratamento de 18 °C média de 26% e no tratamento de 26 °C média de 9,5% (Figura 4A).

Verificou-se que as sementes armazenadas a 26 °C tiveram as médias mais baixas da porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado (%EN), com média de 24% no dia 0, 49,5% aos 30 dias, 33,5% aos 60 dias e 34% de germinação aos 90 dias. Pode-se observar que aos 30 dias de armazenamento, houve a maior porcentagem de germinação após o envelhecimento acelerado, nas sementes submetidas a 10 °C e 18 °C, com média de 80%, havendo reduções com avanço da conservação (Figura 4B).



**Figura 4.** Porcentagem da primeira contagem de germinação (%PEN) (A) e porcentagem de germinação (%EN) (B), ambos após o teste de envelhecimento acelerado das sementes tratadas de milho AL Bandeirante, armazenadas sob diferentes tempos e temperaturas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam as temperaturas em cada tempo e letras minúsculas comparam a temperatura isolada ao longo do tempo. As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

**Figure 4.** Percentage of first germination count (%PEN) (A) and germination percentage (%EN) (B) after the accelerated aging test of treated AL Bandeirante corn seeds, stored under different times and temperatures. Means followed by the same letter do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability, uppercase letters compare temperatures at each time point and lowercase letters compare isolated temperature over time. Bars indicate the standard error of the mean of four replicates.

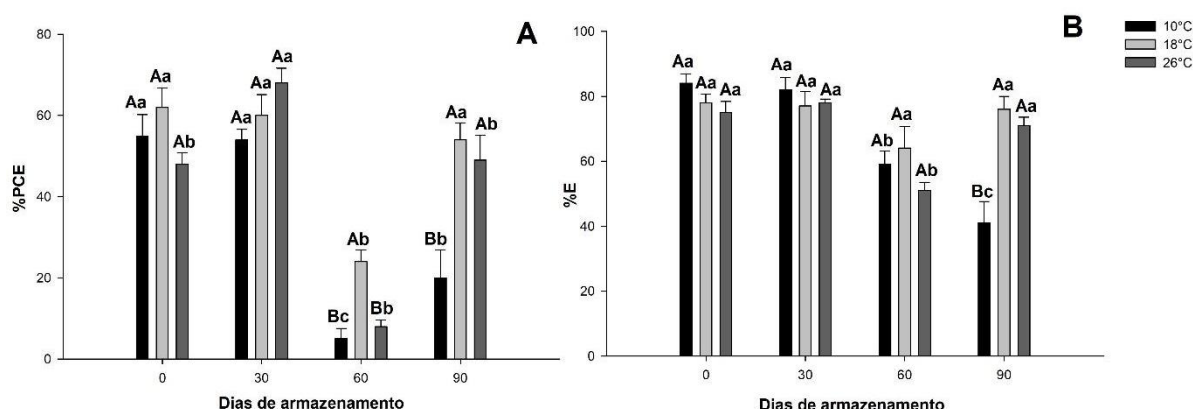
FORTI et al. (2009) explicam que variações no teor de água das sementes afetam a velocidade de umedecimento e a intensidade da deterioração, já que sementes com teor de água mais baixo possuem gradiente hídrico mais elevado, absorvendo água mais rapidamente que sementes com maior teor de água, consequentemente resultando em diferenças na deterioração das sementes. No entanto, verificou-se que possivelmente as variações de germinação após o envelhecimento acelerado, ocorreram principalmente pela influência da temperatura de armazenamento, visto que os teores de umidade estavam entre 8 e 10% aos 90 dias de conservação (Figura 2).

O envelhecimento acelerado é um dos métodos usados com excelentes resultados para avaliar a qualidade fisiológica de sementes, visto que, se relaciona

com o provável efeito deteriorante provocado pela exposição das sementes às condições do teste, temperatura e umidade relativa elevadas, procurando estimar o potencial de lotes de sementes (SPINOLA et al. 2000). A exposição das sementes a níveis elevados de umidade relativa do ar e temperatura resulta em um período de estresse, que é semelhante ao que ocorre no envelhecimento natural, porém em velocidade mais elevada.

A variação na resposta das sementes ao envelhecimento é o que determina a eficácia do teste, sementes mais robustas conservam sua habilidade de germinar e produzir plântulas normais mesmo após passarem por tratamentos de envelhecimento acelerado, ao passo que aquelas de vigor inferior mostram uma queda mais acentuada na capacidade de germinação e viabilidade durante esse processo (MARCOS FILHO 2015). Os tratamentos térmicos aliado ao tratamento químico das sementes de milho, prejudicaram o desempenho das sementes após a aplicação do teste de envelhecimento acelerado, visto que houve redução acentuada na porcentagem de germinação, indicando o baixo vigor das sementes (Figura 4).

Analisando o teste de emergência de plântulas de milho em areia, verifica-se que não ocorreu diferença entre os tratamentos térmicos para a %PCE nas avaliações até os 30 dias. Aos 60 dias, verificou-se redução na %PCE nas sementes sob as temperaturas de 10 °C e 26 °C, onde a média de emergência foi de 6,5%, enquanto na temperatura de 18 °C a média de emergência foi de 24% (Figura 5A).



**Figura 5.** Porcentagem da primeira contagem de emergência (%PCE) (A) e porcentagem de emergência (%E) (B) em areia de plântulas de milho AL Bandeirante armazenadas sob diferentes tempos e temperaturas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam as temperaturas dentro de cada tempo e letras minúsculas comparam a temperatura isolada ao longo do tempo. As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

**Figure 5.** Percentage of first emergence count (%PCE) (A) and percentage of emergence (%E) (B) in sand of AL Bandeirante corn seedlings stored under different times and temperatures. Means followed by the same letter do not differ from each other by the Tukey test at 5% probability, uppercase letters compare temperatures within each time, and lowercase letters compare isolated temperature over time. The bars indicate the standard error of the mean of four replicates.

Quanto à %E, não ocorreram diferenças entre as temperaturas de conservação até os 60 dias, com média geral de 79% até os 30 dias e média de 58% aos 60 dias. Entretanto, aos 90 dias, observou-se redução na porcentagem de emergência das

plântulas provenientes do tratamento térmico a 10 °C, com média de 41% (Figura 5B), esta redução pode estar relacionada a perda de vigor das sementes com o avanço do tempo de armazenamento. A porcentagem de emergência refere-se à proporção de sementes que germinam e emergem acima da superfície do solo ou substrato em relação ao total de sementes semeadas.

ROSA et al. (2012) destacam que a qualidade fisiológica das sementes após tratamento químico e armazenamento está fortemente ligada ao material genético utilizado no estudo. Isso significa que diferentes cultivares e híbridos respondem de maneira distinta aos tratamentos, tornando essencial determinar as condições específicas de tratamento e armazenamento adequadas para cada tipo de material genético.

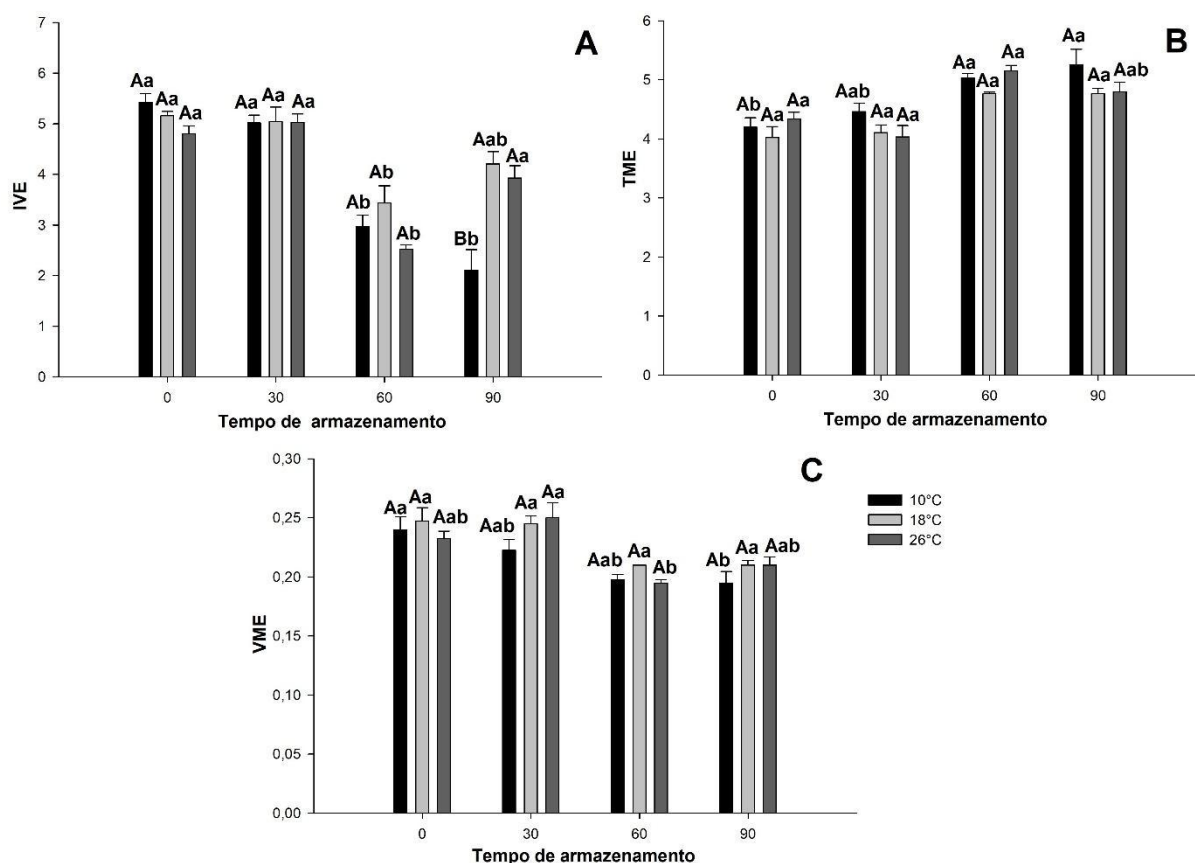
Vários autores afirmam que a qualidade das sementes armazenadas de milho híbrido tratadas com inseticidas é influenciada não só pelo produto químico empregado no tratamento das mesmas, mas também é dependente do genótipo e das condições do ambiente de armazenamento (BITTENCOURT et al. 2018).

Os tratamentos térmicos não influenciaram o IVE até aos 30 dias. Aos 60 dias de armazenamento, houve decréscimo no IVE, onde a média para as temperaturas 10 °C e 26 °C foi em torno de 3,0% e no tratamento de 18 °C média de 3,5%. Aos 90 dias, a média do IVE no tratamento a 10 °C foi de 2,1% e de 4,0% para as temperaturas de 18 °C e 26 °C (Figura 6A). Quanto maior o valor do IVE, maior é a capacidade das sementes expressarem seu potencial germinativo, e este pode sofrer alterações dependendo das variáveis que forem analisadas (MARCOS FILHO 2015).

CARVALHO & NAKAGAWA (2012) evidenciam que qualquer atraso ou diminuição na velocidade do processo de germinação, aumenta a suscetibilidade das sementes a ataques de microrganismos presentes no solo, reduzindo a emergência de plântulas e comprometendo o estande final da lavoura.

Quanto ao TME, não houve diferença entre os tratamentos térmicos, porém houve diferença significativa na análise das temperaturas de forma isolada ao longo do período de armazenamento. Aos 60 e 90 dias as sementes conservadas a 10 °C, 18 °C e 26 °C apresentaram TME de aproximadamente 5,0 dias (Figura 6B). O TME é um critério importante na seleção e desenvolvimento de novas variedades de sementes, ajudando a identificar aquelas com melhor desempenho em condições variadas. É calculado a partir das observações do momento em que as sementes são plantadas até o momento que uma quantidade significativa delas emerge.

Analisando a VME aos 0 dias, verificou-se média de 0,23 dias<sup>-1</sup> e na última avaliação aos 90 dias o mesmo parâmetro obteve a média de 0,21 dias<sup>-1</sup> (Figura 6C). A VME está diretamente ligada ao vigor da semente, quanto mais rápido a semente germina, maior é o seu vigor. A velocidade média de emergência das sementes é um parâmetro importante para avaliar o desempenho e a sanidade das sementes durante o processo de germinação e crescimento inicial das plantas. Esse cálculo permite determinar a velocidade média necessária para que a maioria das sementes comece a germinar e emergir do solo e quanto menor o valor de velocidade média de emergência, maior o potencial fisiológico das sementes.



**Figura 6.** Índice de velocidade de emergência (IVE) (A), tempo médio de emergência (TME) (B) e velocidade média de emergência (VME) (C) de plântulas de milho AL Bandeirante, armazenadas sob diferentes tempos e temperaturas. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, letras maiúsculas comparam as temperaturas em cada tempo e letras minúsculas comparam a temperatura isolada ao longo do tempo. As barras indicam o erro padrão da média de quatro repetições.

**Figure 6.** Emergence speed index (IVE) (A), mean emergence time (TME) (B), and mean emergence rate (VME) (C) of AL Bandeirante corn seedlings stored under different times and temperatures. Means followed by the same letter do not differ by the Tukey test at 5% probability, uppercase letters compare temperatures within each time, and lowercase letters compare isolated temperature over time. The bars indicate the standard error of the mean of four replicates.

Considerando a Figura 6, constatou-se que os tratamentos térmicos não influenciaram as variáveis TME e VME durante o teste de emergência em areia, demonstrando que estas variáveis não foram eficientes para contrastar os tratamentos, principalmente a partir dos 60 dias de armazenamento, no qual foi observada as maiores variações no teste de emergência (Figura 5).

A desuniformidade da velocidade de emergência pode afetar o desenvolvimento vegetativo do milho, pois as plântulas que emergem primeiro sombreiam as que emergem depois e, conseqüentemente, prejudica o desenvolvimento das mesmas (HENRICHSEN 2021). TIMÓTEO & MARCOS-FILHO (2013), avaliando o desempenho de diferentes genótipos de milho, observaram que à medida que o tempo de armazenamento se estende, ocorre um aumento na deterioração da qualidade fisiológica das sementes.

As condições de armazenamento, especialmente a temperatura, desempenham um papel crucial na preservação dos atributos de qualidade das sementes.

Temperaturas mais baixas tendem a prolongar a viabilidade das sementes, enquanto temperaturas mais altas aceleram a deterioração. Considerando sementes tratadas com inseticidas, a deterioração pode ser ainda mais rápida. O controle rigoroso das condições de armazenamento e da qualidade fisiológica das sementes de milho são essenciais para garantir o uso de sementes viáveis e vigorosas no campo.

## CONCLUSÃO

O teor de umidade das sementes de milho AL Bandeirante tratadas com inseticida diminui ao longo do tempo de armazenamento, com reduções significativas nas temperaturas de 10 °C e 18 °C, indicando que temperaturas mais baixas são favoráveis para a conservação.

A porcentagem da primeira contagem de germinação é reduzida aos 90 dias de armazenamento, entretanto, a porcentagem de germinação é mantida acima de 80% das sementes de milho, independente das temperaturas de armazenamento de 10 °C, 18 °C e 26 °C.

O teste de envelhecimento acelerado demonstra perda de vigor das sementes tratadas de milho a partir de 30 dias de armazenamento. A porcentagem da primeira contagem de emergência também foi reduzida a partir deste período.

Apesar de não ocorrer diferenças entre os tratamentos térmicos sobre a porcentagem de emergência aos 60 dias de conservação, constata-se redução de aproximadamente 20% na emergência de plântulas com relação aos 30 dias de conservação.

O índice de velocidade de emergência é afetado a partir de 30 dias de armazenamento, porém o tempo médio de emergência se mantém constante nas sementes armazenadas a 10 °C, 18 °C e 26 °C até 90 dias. A velocidade média de emergência se mantém estável nas diferentes temperaturas, a partir de 60 dias de conservação.

Embora a porcentagem de germinação das sementes tratadas de milho não seja alterada nos tratamentos térmicos até 90 dias de armazenamento, o vigor das sementes é comprometido. Com base nos resultados, sugere-se o armazenamento de sementes de milho tratadas com inseticida por até 30 dias, visando a germinação rápida e uniforme, com formação de plântulas normais.

## CONTRIBUIÇÕES DO AUTOR

Conceitualização, metodologia e análise formal, SANTOS, AL; SENEN, SC e PEREIRA LFM; software e validação, SANTOS, AL; SENEN, SC e PEREIRA LFM; investigação, SANTOS, AL; recursos e curadoria de dados, PEREIRA LFM; redação - preparação do rascunho original, SANTOS, AL e PEREIRA LFM; redação - revisão e edição, SENEN, SC e PEREIRA LFM; visualização, SANTOS, AL; SENEN, SC e PEREIRA LFM; supervisão, PEREIRA LFM; administração do projeto, SANTOS, AL e PEREIRA LFM; obtenção de financiamento, PEREIRA LFM. Todos os autores leram e concordaram com a versão publicada do manuscrito.

## **FINANCIAMENTO**

Este trabalho foi apoiado pelo Instituto Federal de Santa Catarina.

## **DECLARAÇÃO DO CONSELHO DE REVISÃO INSTITUCIONAL**

Não aplicável a estudos que não envolvam humanos ou animais.

## **DECLARAÇÃO DE CONSENTIMENTO INFORMADO**

Não aplicável porque este estudo não envolveu humanos.

## **DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS**

Os dados podem ser disponibilizados mediante solicitação.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecimento ao Programa de Apoio ao Desenvolvimento de Projetos de Pesquisa com finalidade didático-pedagógica em cursos regulares no campus Canoinhas (Edital 10/2024/DP/CAN) do Instituto Federal de Santa Catarina.

## **CONFLITOS DE INTERESSE**

Os autores declaram que não possuem conflitos de interesse relacionados a esta publicação.

## **REFERÊNCIAS**

- BAGATELLI JR et al. 2019. Productive performance of soybean plants originated from seed lots with increasing vigor levels. *Journal of Seed Science* 41: 151-159.
- BITTENCOURT SRM et al. 2018. Desempenho de sementes de milho tratadas com inseticidas sistêmicos. *Revista Brasileira de Sementes* 22: 86-93.
- BRASIL. 2013. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n 45, de 17 de setembro de 2013. Brasília: Diário Oficial da União. 18 set. 2013.
- BRASIL. 2025. Ministério da Agricultura e Pecuária. Secretaria de Defesa Agropecuária. Regras para Análise de Sementes - RAS. Capítulo 4: Teste de Germinação. Brasília: MAPA. Disponível em: [https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/cap\\_4\\_Germinacao\\_rev\\_1](https://wikisda.agricultura.gov.br/pt-br/Laborat%C3%B3rios/Metodologia/Sementes/cap_4_Germinacao_rev_1). Acesso em: 2 maio 2025.
- CARVALHO NM & NAKAGAWA J. 2012. Sementes: ciência, tecnologia e produção. Jaboticabal: Funep.
- CARVALHO ER et al. 2014. Alterações isoenzimáticas em sementes de cultivares de soja em diferentes condições de armazenamento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 49: 967-976.
- EMBRAPA. 2021. Milho. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Brasília: EMBRAPA. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/producao> Acesso em: 10 fev. 2025
- ESPINDOLA F et al. 2018. Qualidade fisiológica de sementes de milho tratadas com diferentes inseticidas. *Revista Engenharia na Agricultura* 26: 306-312.

- FERREIRA DF. 2019. Sisvar: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria* 37: 529-535.
- FORTI VA et al. 2009. Efeitos de potenciais hídricos do substrato e teores de água das sementes na germinação de feijão. *Revista Brasileira de Sementes* 31:63-70.
- HEBERLE E et al. 2019. Qualidade fisiológica e atividade enzimática de sementes de milho durante o armazenamento. *Revista de Ciências Agrárias* 42: 657-665.
- HENRICHSEN LH. 2021. Efeitos da desuniformidade de emergência na cultura do milho. *Brazilian Journal of Development* 37: 28382-28398.
- KÖPPEN W & GEIGER R. 1928. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes.
- KRZYŻANOWSKI FC et al. 2018. Alta qualidade da semente de soja: fator importante para a produção da cultura. Londrina: Embrapa. Circular técnica 136. 24p.
- KRZYŻANOWSKI FC et al. 2022. Deterioração e vigor da semente. Londrina: Embrapa. Circular técnica 191. 19p.
- LABOURIAU LG & VALADARES MB. 1976. On the germination of seeds of *Calotropis procera*. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 48: 174-186.
- MAGUIRE JD. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. *Crop Science* 2: 176-77.
- MAIA GC et al. 2020. Qualidade física e fisiológica de sementes de milho (*Zea mays* L.) após armazenamento. *Energia na Agricultura* 35: 276-286.
- MARCOS FILHO J. 2015. *Fisiologia de sementes de plantas cultivadas*. 2.ed. Londrina: Abrates. 660p.
- MARCOS FILHO J. 2020. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI FC et al (Ed.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: Abrates. 601p.
- MENEGHELLO GE. 2014. Qualidade de sementes, umidade e temperatura. Pelotas: SEEDnews. Disponível em: <https://seednews.com.br/artigos/258-qualidade-de-sementes-umidade-e-temperatura-edicao-novembro-2014>>. Acesso em: 10 abril 2024.
- MORAES LF et al. 2022. Physiological quality of corn seeds treated with insecticides and stored at different temperatures. *Pesquisa agropecuária brasileira* 57: 1-9.
- OLIVEIRA JA et al. 2021. Secagem de sementes. In: OLIVEIRA, J. A. (Ed). *Processamento pós-colheita de sementes: abordagem agrônômica visando aprimorar a qualidade*. Lavras: UFLA. pp.67-93.
- PEREIRA CE et al. 2005. Qualidade Fisiológica De Sementes De Milho Tratadas Associadas A Polímeros Durante O Armazenamento. *Ciência e agrotecnologia* 29: 1201-1208.
- RODRIGUES MHBS et al. 2020. Vigor de sementes: métodos para análise e que o influenciam. *Meio Ambiente* 2: 43-52.
- ROSA KC et al. 2012. Armazenamento de sementes de milho híbrido tratadas com tiametoxam. Londrina: Informativo Abrates. 65 p.
- SALOMÃO AN et al. 2023. Sementes: o produtor pergunta, a Embrapa Responde. Brasília: EMBRAPA. 308 p.
- SPINOLA MCM et al. 2000. Alterações bioquímicas e fisiológicas em sementes de milho causadas pelo envelhecimento acelerado. *Scientia Agricola* 57: 263-270.

- TIMÓTEO TS & MARCOS-FILHO J. 2013. Desempenho de sementes de diferentes genótipos de milho durante o armazenamento. *Jornal de Ciência de Sementes* 35: 207-215.
- VAZQUEZ GH et al. 2014. Tratamento químico de sementes de milho e o teste de condutividade elétrica. *Biosciense Journal* 30: 773-781.
- VIEIRA RD et al. 2005. Envelhecimento acelerado em sementes de milho: teor de água da semente e variações na temperatura e umidade relativa do ar em função do tipo de câmara. *Científica* 33: 7-11.