

ESTRESSE HÍDRICO SIMULADO EM SEMENTES DE MILHO, EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.

SILVA, Thiago Antonio Celso da¹

PELEGRINI, Luciana Luiza²

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) originado da América Central é uma gramínea de grande importância por possuir grande habilidade em armazenar fotoassimilados, além de ser uma cultura de grande interesse econômico e por apresentar grande participação na alimentação humana e animal. O objetivo deste trabalho foi avaliar a germinação de sementes de milho híbrido submetidos a estresse hídrico simulado com Polietilenoglicol 4000. As unidades experimentais se fundamentam em 4 tratamentos, ambos compostos por 4 repetições, cada repetição com 25 sementes. Utilizou-se caixas do tipo *gerbox*, com duas camadas de papel filtro, além de 12 ml de solução contendo PEG 4000. Após a preparação, levou-se a germinadora à temperatura de 25°C. Os melhores resultados foram obtidos nos potenciais osmóticos de -0,0 Mpa e -0,2 Mpa. Avaliou-se índice de germinação, comprimento de raízes e crescimento inicial. Sendo assim, nas condições em que o experimento foi realizado a medida em que o potencial osmótico foi mais negativo, diminuiu também germinação, crescimento de raízes e crescimento inicial de plântula, mostrando a correlação existe entre eles.

Palavras-chave: *Zea mays*. Potencial Osmótico. Germinação.

ABSTRACT

The corn (*Zea mays* L.) originated in Central America is a grass importance because it has great ability to store photo-assimilates, besides being a culture of great economic interest and for presenting a huge participation in human and animal feeding. The aim of this paper was to evaluate the germination of hybrid corn seeds submitted to simulated water stress with Polyethyleneglycol 4000. The experimental units are based on 4 treatments, all composed by 4 repetitions, each repetition containing 25 seeds. It were used boxes from the *gerbox* type, with two layers of filter paper, in addition to 12 ml of solution containing PEG 4000. After the preparation, they were taken into the germinator to the temperature of 25°C. The best results were obtained at osmotic potentials of -0.0 Mpa and -0.2 Mpa. It has been assessed the germination rates, the lengths of the roots and their initial growth. Therefore, in the conditions in which the experiment was carried out as far as the osmotic potential declines, the germination, the growth of the roots and the initial growth of the seedling declined as well, showing the existing correlation among them.

Keywords: *Zea mays*. Osmotic Potential. Germination.

¹ Acadêmico do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (eng-thiagosilva@camporeal.edu.br).

² Docente orientadora do curso de Engenharia Agrônômica do Centro Universitário Campo Real, Guarapuava – PR, Brasil. (prof_lucianapelegrini@camporeal.edu.br).

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma gramínea de grande importância agrônômica e econômica do Brasil e teve origem na América Central. Esta cultura possui grande habilidade em armazenar fotoassimilados, tornando-se, assim, uma das culturas que mais armazenam energia (EMBRAPA, 2015).

A cultura do milho está entre as mais importantes de interesse econômico dos cereais, com uma grande participação na utilização para alimentação animal, com cerca de 70% a nível mundial, variando de 70 a 80% para o uso no Brasil. Além disso, tem uma boa participação na alimentação, com o uso de seus derivados (EMBRAPA, 2021).

Segundo Moura (2021), por se tratar de uma cultura de grande importância a nível mundial, além da grande participação na economia dos países, a cultura do milho apresenta mais de 3500 formas em que se pode ser utilizado, ou seja, desde o processo de alimentação até fins industriais.

A safra verão 22/23 está sendo vista com bons olhos, motivada pelo bom desempenho do mercado de grãos. Ao todo, são esperados cerca de 308 milhões de toneladas de grãos produzidos nesta safra, sendo que 125,5 milhões de toneladas serão provenientes da cultura do milho. Conta-se com um aumento de produtividade, tendo em vista a safra passada, onde houveram perdas significativas com relação ao estresse hídrico ocorrido (CONAB, 2022).

De acordo com a CONAB (2022), estima-se um aumento nas áreas de milho para o ano de 2022/2023, cerca de 2,9% em relação a safra anterior, chegando a 76,6 milhões de hectares. Para o milho cultivado em primeira safra, estima-se uma redução de 1,5% em áreas cultiváveis, fato que leva em consideração a alta de preços de adubos, fertilizantes, defensivos, etc. Mesmo com o decréscimo em área cultivada, espera-se um aumento na produtividade da cultura, cerca de 14,6%, passando para 28,69 milhões de toneladas.

O plantio da safra de milho, primeira safra, ou safra verão, se inicia ao final de agosto, para a região Sul do Brasil, estendendo-se até os meses de novembro e dezembro para as regiões do Sudeste e Centro-Oeste. Este período é onde está concentrado um período de chuvas, fator ideal para instalação da cultura no campo (EMBRAPA, 2015).

Costa e Andrade (2017) relatam que Guarapuava apresenta uma média de pluviosidade de 1961 mm ao ano e temperatura média anual de 17 °C. No mês em que se inicia a safra verão de milho, a média histórica da região é de 93 mm. Segundo dados obtidos no ano de 2016, agosto apresentou uma média de precipitação de 195 mm.

Durante todo o processo de estabelecimento de uma cultura a campo, diversos fatores vêm a ser discutidos, porém, buscam-se os melhores momentos e situações para que se possa atingir o máximo desempenho e teto produtivo da cultura, como: condições climáticas, índices pluviométricos, temperatura, fotoperíodo, umidade do solo, densidade de plantio,

época, profundidade, dentre outros demais fatores (EMBRAPA, 2015).

O estresse hídrico presente em diversas regiões do Brasil afeta e prejudica diretamente o ciclo da cultura, se tornando assim, um dos contratempos mais importantes da agricultura (MOURA, 2021).

Ponto importante para correlacionar o ambiente externo e a planta, baseado nas relações hídricas, destaca-se o potencial hídrico. O potencial hídrico está relacionado com o potencial químico da água presente no solo, a energia envolvida neste processo, sendo importante para a determinação das situações geradas entre planta e ambiente externo. Para esta determinação, podemos destacar pela seguinte equação (Equação 1) (CORREIA, 2014).

$$\Psi_w = \Psi_s + \Psi_p \quad \text{Equação 1.}$$

onde:

Ψ_w representa o potencial hídrico;

Ψ_s , representa o potencial osmótico;

Ψ_p representa o potencial de pressão

A germinação de sementes está diretamente relacionada com o processo de consumo da energia proveniente das próprias reservas da semente, resultado do processo de respiração desta semente (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A partir do ponto de vista bioquímico, o processo de germinação é dividido em 3 fases principais: a primeira, onde ocorre o processo de degradação de reservas contidas na semente; a segunda, em que essas substâncias degradadas anteriormente estão sendo transportadas para os tecidos meristemáticos e começo de desenvolvimento do eixo embrionário; contudo, é somente na fase três em que este eixo embrionário estará visível, e é nesta mesma fase em que todas as substâncias degradadas e transportadas, se direcionaram para formação de protoplasma e parede celular do eixo embrionário (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A água é o fator determinante para o processo de embebição da semente, o qual consiste em umas das etapas do processo germinativo. Com isso, o plantio do milho é sempre direcionado em solos que contenham uma boa umidade, a fim de favorecer o processo de germinação da semente e evitar perdas significativas nesta etapa (SERT & KOKUBO, 2017).

Para o processo de embebição da semente, a água deve manter-se em uma constante entrada para as partes do interior da semente, na qual consiste em um processo físico. Sendo assim, a molécula da água possui “energia livre”, associada aos processos osmóticos, de menores e maiores potenciais hídricos. Quando este potencial é elevado, observamos a presença de uma água pura. A adição de solutos sobre a água, faz com que haja uma redução significativa na disponibilidade desta energia livre (SERT & KOKUBO, 2017).

Buscando resultados com relação a déficit hídrico, a utilização de polietileno glicol 4000

(PEG 4000) simula este efeito, porém poderá resultar em um retardo no processo de germinação das sementes (PELEGRINI et al., 2013). O PEG é considerado um óxido de etileno, a qual possui ação de bloqueio da absorção de água, resultando em um processo de dessecação da plântula (GIRARDI. 2008).

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo avaliar a germinação de sementes de milho híbrido submetidos a estresse hídrico simulado com Polietilenoglicol 4000, buscando observar o potencial de desenvolvimento da semente nas suas etapas iniciais, assim como o efeito negativo causado pelas concentrações de PEG.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no laboratório de Fitotecnia do Centro Universitário Campo Real, localizado no município de Guarapuava, Paraná, durante o período de agosto a outubro de 2022. Foram utilizadas sementes de milho híbrido Agroeste AS1757 PRO3, frequentemente usadas nas safras da região, em vista de sua elevada produtividade.

Para realização do experimento, foram preparadas soluções de Polietilenoglicol 4000, com os respectivos potenciais osmóticos: -0,2; -0,4; -0,8 MPa; além da testemunha. As sementes de milho foram dispostas sob caixas plásticas *gerbox* (11 x 11 cm), com duas camadas de folha do tipo *germitest* umedecidos com 12 ml das respectivas soluções preparadas. Para as soluções de Polietileno glicol (PEG 6000) utilizou-se a tabela citada por Villela et al. (1991).

Em cada *gerbox* foram dispostas 25 sementes de milho híbrido, com quatro repetições, totalizando 100 sementes por tratamento. Instalada as sementes nas *gerboxes* com as soluções, ambas foram acondicionadas na germinadora do tipo Manglesdorf, sob luz fria contínua e temperatura de 25 ± 2 °C.

As avaliações do percentual de germinação foram realizadas sete dias após a instalação. A porcentagem de germinação foi representada pelo número total de sementes de milho germinadas, utilizando a fórmula descrita por Borghetti e Ferreira (2004), contida na Equação 2.

$$\%G = (\sum ni \cdot N - 1) \cdot 100$$

Equação 2.

onde:

$\sum ni$ corresponde ao número total de sementes germinadas

N corresponde ao número de sementes dispostas para germinar.

O comprimento das raízes e crescimento inicial de planta foram medidas com auxílio de um paquímetro digital. Avaliou-se 5 plantas por *gerbox*, escolhidas aleatoriamente,

totalizando 20 plantas totais avaliadas por tratamento.

Utilizou-se como desenho experimental, inteiramente casualizados, consistindo de quatro tratamentos (Testemunha; -0,2; -0,4 e -0,8 MPa). As análises estatísticas foram realizadas com os dados das variáveis obtidas e submetidos ao teste de Tukey, em um nível de confiança de 95%, utilizando o programa estatístico AgroStat (BARBOSA & MALDONADO, 2005).

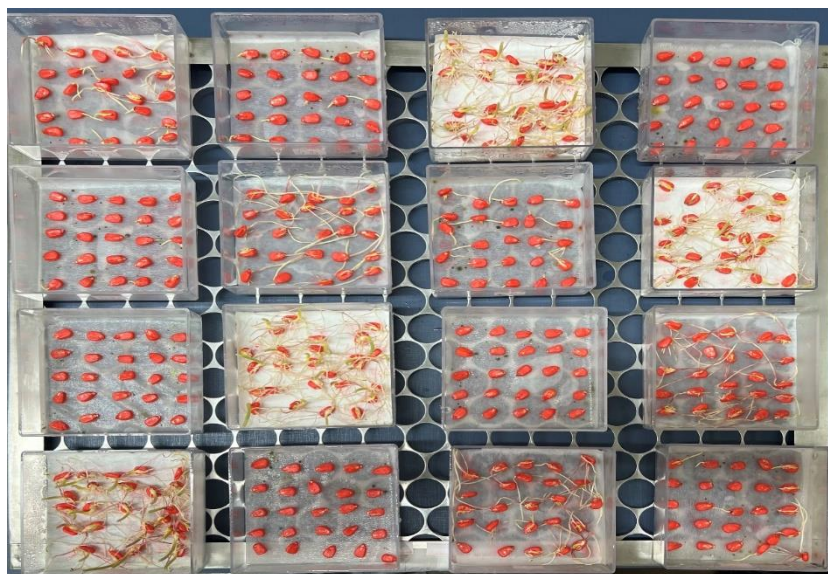
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As sementes de milho foram avaliadas durante sete dias, após a instalação do experimento. Sendo assim, somente após o segundo dia de instalação, é que foi possível verificar uma mudança nas sementes e essa mudança se deu pelo início da emissão de radícula.

Os resultados obtidos mostram uma significativa dificuldade do desenvolvimento das sementes de *Zea mays* quando submetidas aos potenciais osmóticos mais negativos, sendo os potenciais osmóticos de Polietilenoglicol -0,4 e -0,8 MPa (Tabela 1). Foi possível constatar a baixa porcentagem de germinação e crescimento de hipocótilo nas sementes nesses potenciais osmóticos mais baixos. A indisponibilidade de água nestas concentrações causou um atraso em dias no processo de germinação e conseqüentemente atraso no crescimento do hipocótilo.

Considerando a testemunha, verifica-se que, a água foi totalmente aproveitada pela semente, fato retratado pelo papel *germitest* seco nas *gerbox* (Figura 1).

Figura 1. Sementes de milho em diferentes concentrações de PEG 4000, após 7 dias. Guarapuava - PR, 2022.



Fonte: O autor (2022).

Verifica-se que os potenciais osmóticos de -0,0 e -0,2 MPa, quando analisado o percentual de germinação das sementes de milho e crescimento de raízes, não obtiverem diferenças estatísticas entre os tratamentos (Tabela 1, Figura 2).

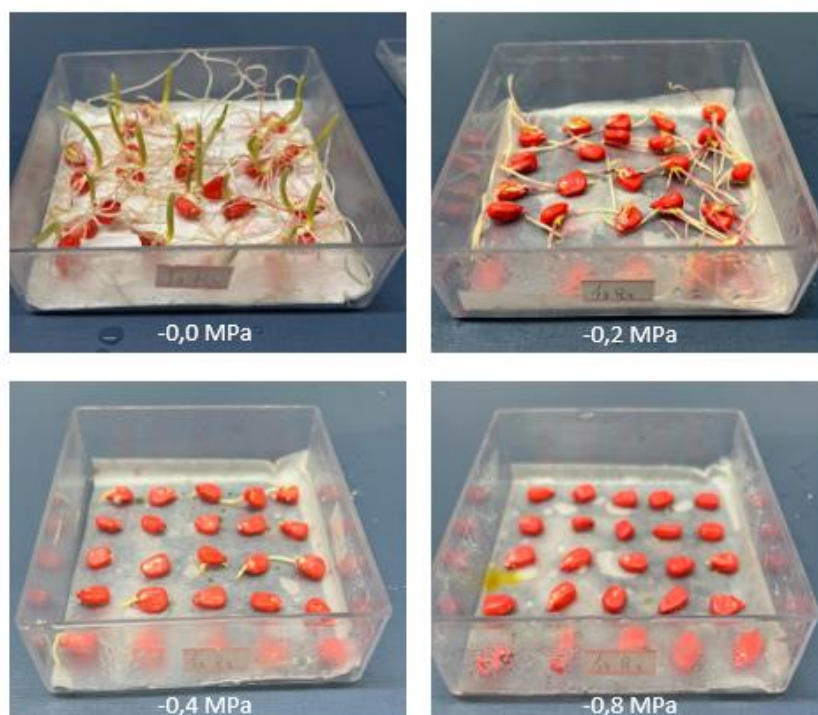
Tabela 1. Percentagem de germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea e de raízes de plântulas de milho em diferentes concentrações de PEG 4000. Guarapuava - PR, 2022.

Tratamentos	Germinação (%)	IVG (dias)	Comprimento de raiz (mm)	Comprimento de parte aérea (mm)
Testemunha	99,0 a	1,3 a	49,5 a	30,0 a
-0,2 MPa	96,0 a	1,0 a	43,4 a	5,1 b
-0,4 MPa	48,0 b	0,5 b	26,4 b	2,8 bc
-0,8 MPa	0,0 c	0,0 c	0,0 c	0,0 c

*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, de acordo com o teste de Tukey ($p \leq 0,05$)

Fonte: O autor (2022).

Figura 2. Germinação de plântulas de milho em diferentes concentrações de PEG 4000, após 7 dias. Guarapuava - PR, 2022.



Fonte: O autor (2022).

Quando atingido o potencial osmótico de -0,8 MPa, não há mais desenvolvimento da semente, em todas as avaliações realizadas, sendo definido como limite de concentração, ou seja, todo potencial que se mantiver abaixo desta concentração terão resultados negativos e nulos. Esses resultados corroboram com Oliveira *et al* (2014), o qual também relata comportamento semelhante em milho doce, quando atingido o potencial osmótico de -1,0 MPa.

Segundo Monterle *et al.* (2008), ao avaliar o processo de germinação de sementes de

catorze híbridos de milho-pipoca, utilizando polietilenoglicol para simulação do efeito, concluiu que, ao atingir o potencial osmótico de -0,3 MPa, observou-se uma redução de 20 a 87% na germinação das sementes, tendo em vista que somente os híbridos E e N apresentaram maior percentagem de germinação, concluindo também que alguns híbridos foram tolerantes ao estresse. Ainda segundo o autor, essa redução se justifica pela não disponibilidade da água no sistema solo-semente.

Pelegri et al. (2013), ao avaliar o processo de germinação em sementes de *Erythrina falcata*, observou uma redução em plântulas germinadas ao atingir o potencial osmótico de -1,0 MPa, ao utilizar PEG 6000 como forma de déficit hídrico. Fanti e Perez (2004) mostraram que houve uma redução de 50% na germinação de sementes de paineira quando foram submetidas a um potencial osmótico de -0,48 MPa, com a utilização de PEG 6000. Resultados similares foram alcançados no presente trabalho, mostrando que a semente de milho também é sensível as variações osmóticas.

O PEG 6000 apresenta alto peso molecular, sendo assim, reduz o oxigênio que estaria a disposição para que o processo de germinação seja iniciado, além de que o PEG 6000 dificulta ainda mais a penetração da água nas membranas celulares da semente (Fanti & Perez, 2004).

Na germinação, a fase inicial do processo da embebição, denominada de fase I, é baseada em um processo físico dependente do gradiente de potencial hídrico. Esta fase é rápida, ao ponto de que, quando atingida a hidratação de todas as matrizes da semente, quem demanda água para o interior da semente é o potencial osmótico, a fim de balancear o potencial de turgor. Após ocorrer esse balanceamento, há a preparação para a fase II. A fase II é a etapa onde ocorre a ativação do metabolismo da semente, em que as células atingem o máximo de absorção de água e os potenciais osmóticos e de turgor se igualam. A duração dessa fase varia conforme a temperatura em que ela acontece, além de que as sementes nesta fase podem ser tolerantes à desidratação e à dessecação. Na fase III, verifica-se um aumento no conteúdo de água da semente, que se relaciona com o crescimento do embrião. Tendo iniciado este processo, a semente está vinculada diretamente com o processo de germinação, sofrendo grandes consequências ao serem expostas aos estresses do ambiente. Quando a água não está disponível, a fase I é diretamente afetada, tendo em vista que a célula não ficará turgida e não haverá disponibilidade de água para continuação até a fase III (CASTRO et al., 2004).

De acordo com Lucchese *et al.* (2018), quando submetidas à análise de tolerância as condições impostas ao ambiente sobre o processo germinativo de sementes de cedro-australiano, observou-se que condições simuladas por polietilenoglicol 6000, ao atingir potencial osmótico de -0,5 MPa, houve a inibição total da germinação. Segundo ele, sementes que germinam com maior velocidade, possuem maiores chances de sobrevivência a campo,

sendo assim, quando analisadas, as sementes em que se utilizou PEG 6000, se mostraram mais sensíveis ao estresse hídrico do que comparado ao estresse salino. Importante ressaltar que, quando utilizado polietilenoglicol, a simulação do estresse hídrico é mais rigorosa. O PEG possui moléculas do polímero que são maiores, o que impede ainda mais o contato da água com as paredes celulares da semente.

Carvalho e Nakagawa (2000) ressaltam ainda fatores primordiais que afetam o desenvolvimento do processo germinativo de uma semente, e destacam, dentro de todos os fatores, a água. Segundo os autores, o processo de respiração é intensificado com maior força quando se tem a presença de água, o que resulta diretamente na retomada dos processos metabólicos e, conseqüentemente, na retomada do crescimento do eixo embrionário.

O Índice de Velocidade de Germinação (IVG) foi afetado pelos tratamentos com PEG 4000 (Tabela 1). Quanto mais negativo o potencial osmótico, mais baixo foi o IVG.

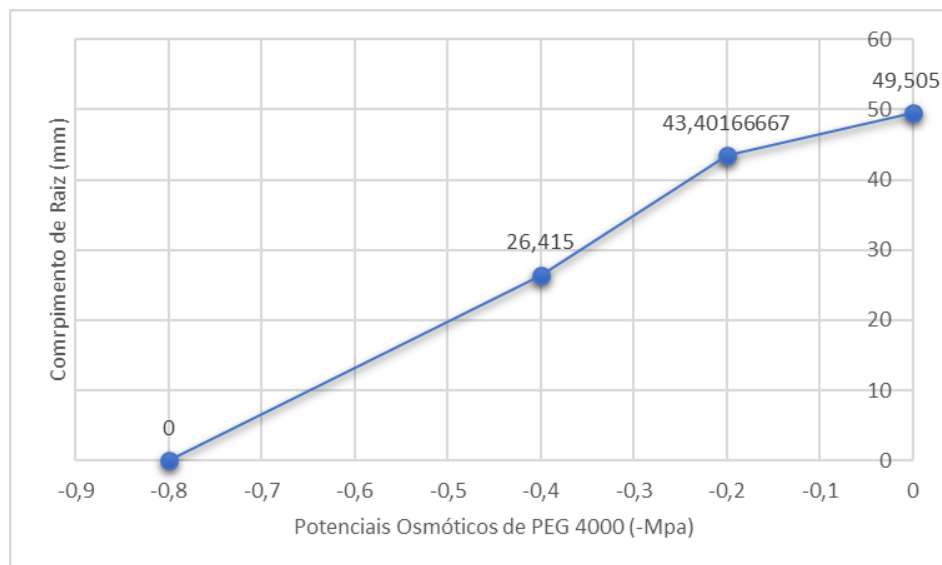
Segundo Junior e Silva (2020), ao avaliar germinação em sementes de *Samanea tubulosa*, demonstrou em seus resultados que, a partir de -0,3 MPa, já houve redução quando se trata em índice de germinação e de velocidade de germinação, e quando chega-se a concentração de -0,6 MPa, observa que os índices já são extremamente baixos, não ocorrendo o processo de germinação, além de apresentar os menores valores de IVG.

Conforme Silva *et al.* (2016), o solo possui um nível e um valor de potencial hídrico, e esse nível é o que regula o bom desenvolvimento da semente. Ainda, segundo o autor, o estresse hídrico intervém no processo de velocidade e percentagem de germinação das sementes. Por mais que as sementes estejam dispostas ao processo de germinação, a baixa disponibilidade de água no solo inibe o crescimento de raízes primárias e impede que ocorra o processo de alongamento celular.

Moura (2021) afirmou que, quanto mais baixa for a disponibilidade hídrica para as sementes, a tendência é que a velocidade de germinação e a percentagem de germinação sofram uma redução significativa. Relata também que, quanto mais dias a semente for submetida ao estresse e a falta de água, maior será o tempo para que a germinação ocorra, ocasionando assim, uma maior suscetibilidade e exposição da semente ao ataque de pragas, causado por situações adversas.

Quando se trata de raiz, os comprimentos foram afetados conforme a concentração de potencial osmótico diminui, resultados que podem ser vistos na Tabela 1 e na Figura 3. Com essa diminuição de concentração, o metabolismo da semente é alterado, fazendo com que não haja a expansão celular e acarretando em uma redução da pressão de turgor, influenciando diretamente na instalação da cultura. Ainda ressalta-se que o efeito de estresse hídrico causado pelo PEG influencia diretamente no processo de transferência de energia das reservas da semente, deixando-as com uma quantidade restrita, fazendo com que o desenvolvimento das plântulas seja afetado (SOARES *et al.*, 2015).

Figura 3. Comprimento de raiz de plântulas de milho em diferentes concentrações de PEG 4000. Guarapuava - PR, 2022.



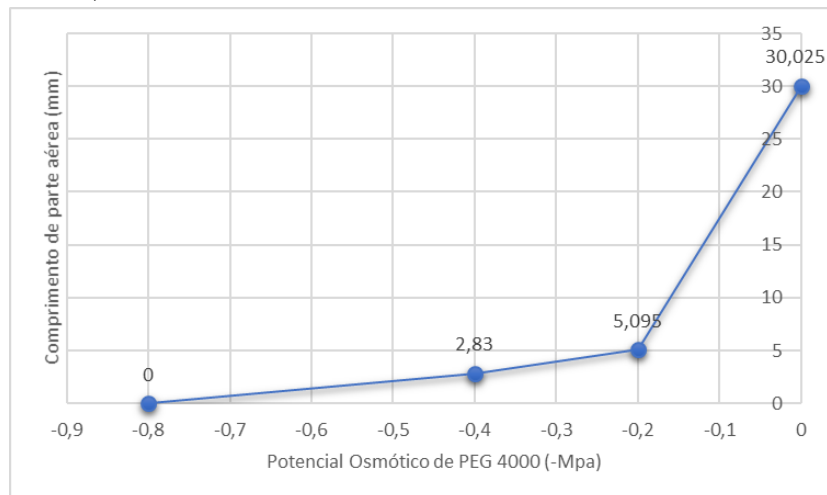
Fonte: O autor (2022).

Resultados semelhantes foram observados por Monterle et al. (2006), durante avaliações feitas em três cultivares de milho-pipoca, onde houve um declínio de maneira linear, quando considerado os potenciais e concentrações osmóticas menores. Observando também que a cultivar BRS-Angela foi a que menos sofreu com o processo de variação, quando comparada com as demais cultivares.

De acordo com Ávila *et al.* (2007), sementes de canola, quando submetidas a concentrações de potenciais osmóticos abaixo de -0,25 MPa, apresentam uma redução considerável quando analisados os índices de germinação. Relatou também, que sementes de canola, em níveis abaixo de -1,0 MPa, não houve se quer o início da emissão da raiz primária.

Conforme avaliado, mostrou-se resultados significativos, quando observado crescimento inicial de plântulas, segundo a Tabela 1 e a Figura 4, resultados que foram semelhantes aos obtidos quando avaliado germinação.

Figura 4. Comprimento de parte aérea de plântulas de milho em diferentes concentrações de PEG 4000. Guarapuava - PR, 2022.



Fonte: O autor (2022).

Conforme Monterle *et al.* (2008), ao também avaliar comprimento de parte aérea, observou-se um resultado semelhante ao processo de avaliação de germinação, a qual respeitou o decréscimo da concentração dos potenciais osmóticos, quando atingido o potencial de -0,3 MPa, e mostrou resultados significativos. Segundo o autor, essa diminuição de comprimento de parte aérea está diretamente relacionada ao processo de digestão das reservas da semente e do fluxo dos produtos metabolizados, etapa que necessita da disponibilidade de água.

Ainda segundo Monterle *et al.* (2008), além de afetar primeiramente a fase I da germinação, o crescimento inicial da plântula é a etapa onde se percebe o efeito negativo do estresse hídrico, ocasionando em um decréscimo na turgescência celular e diminuição da expansão celular.

Constatou-se ainda que, quanto menor a concentração de Polietilenoglicol 4000, concentrações avaliadas de -0,4 e 0,8 MPa, há o aparecimento de fungos nas sementes de milho, fato que estimula ainda mais a perda de vigor e viabilidade das mesmas. Sendo assim, durante a hidratação das sementes de milho, ocorre a liberação de solutos, o que favorece o ambiente para proliferação de fungos e doenças (FANTI & PEREZ, 2004).

Por fim, de acordo com Bergamaschi *et al.* (2006), a germinação, a pré floração e o enchimento de grãos, são etapas cruciais para determinação da produtividade da cultura do milho, ou seja, o estresse hídrico disposto sobre estas etapas pode causar perdas irreparáveis na cultura. Durante o processo vegetativo, quando ocasionado o estresse, as perdas são relativamente pequenas, em comparação com o período crítico. Nesta etapa não há formação dos componentes de rendimento, ou seja, os grãos. Porém, quando o período crítico é afetado pela baixa disponibilidade de água, a capacidade produtiva do milho não é capaz de reverter

esta situação, tendo em vista que o processo reprodutivo é mais rápido que o vegetativo.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições em que este trabalho foi conduzido, as sementes de *Zea mays* foram diretamente afetadas com a diminuição dos potenciais osmóticos, propriamente ocasionadas por PEG 4000. Sendo assim, potenciais osmóticos abaixo de -0,4 MPa já apresentam resultados significativos e proporcionais conforme diminuí os potenciais, inibindo totalmente o processo de germinação das sementes de milho. Importante resultado para que se possa observar o real efeito causado pela diminuição da água no processo, e expressar as potenciais perdas causadas pela falta da mesma. Ressalta-se a importância do trabalho para estabelecer o melhor posicionamento para implantação da cultura, nas melhores condições de solo, com umidade ideal, a fim de garantir o estabelecimento da cultura e evitar perdas significativas.

5 AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus. Agradeço a minha família por todo o esforço e carinho investido, por me incentivarem a superar todos os obstáculos e desafios, não somente da graduação, mas também da vida. Agradeço a minha namorada por estar ao meu lado nesta etapa e me incentivando sempre. Agradeço a minha orientadora, por toda paciência e esforço realizado para a conclusão do trabalho. Agradeço aos demais professores e amigos que fizeram parte desta longa jornada acadêmica, transmitindo conhecimento e compartilhando histórias. Agradeço a Zeagro Comercial Agrícola pela oportunidade profissional que me concedeu durante a realização do curso. Agradeço também ao Centro Universitário Campo Real por todo espaço e pela qualidade de ensino que nos foi concedida.

6 REFERÊNCIAS

- ÁVILA, M. R. *et al.* Influência do estresse hídrico simulado com manitol na germinação de sementes e crescimento de plântulas de canola. **Revista Brasileira de Sementes**, Maringá-PR, v. 29, n. 1, p. 98-106, 2007.
- BERGAMASCHI, H. *et al.* Deficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Porto Alegre, v. 41, n. 2, p. 243-249, fev./2006.
- CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. Semente: ciência, tecnologia e produção. 4 ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588p.
- CASTRO, R.D.; BRADFORD, K.J.; HILHORST, H.W.M. Embebição e reativação do metabolismo. In: FERREIRA, A.G.; BORGHETTI, F. (Org.). Germinação: do básico ao aplicado. Porto Alegre: Artmed, 2004. p.98-111.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conab prevê novo recorde na produção de grãos em 312,4 milhões de toneladas na safra 2022/23**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4774-conab-preve-novo-recorde-na-producao-de-graos-em-312-4-milhoes-de-toneladas-na-safra-2022-23>. Acesso em: 11 nov. 2022.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Safra 2022/23: Produção de grãos pode chegar a 308 milhões de t impulsionada pela boa rentabilidade de milho, soja e algodão**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/ultimas-noticias/4731-safra-2022-23-producao-de-graos-pode-chegar-a-308-milhoes-de-toneladas-impulsionada-pela-boa-rentabilidade-de-milho-soja-e-algodao>. Acesso em: 5 set. 2022.
- CONUS, L. A. *et al.* Germinação de Sementes e Vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, Dourados-MS, v. 31, n. 4, p. 67-74, jan./2009.
- CORREIA, Sandra. Potencial hídrico. **REVISTA DE CIÊNCIA ELEMENTAR**, Coimbra, v. 2, n. 3, p. 1-3, mar./2014.
- COSTA, Claudiane Da; ANDRADE, Aparecido Ribeiro. Dinâmica da precipitação pluviométrica na cidade de Guarapuava, PR: condicionantes locais e regionais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Guarapuava, v. 21, p. 205-224, dez./2017.
- CROSA, C. F. R; ORTIZ, Andrés Chacón; FELIPEZ, Winder. Germinação e desenvolvimento de sementes de dois híbridos de milho sob estresse hídrico. **Revista Científica Rural**, Bagé-RS, v. 23, n. 1, p. 1-2, jan./2021.
- EMBRAPA. **Milho**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/milho/pre-producao/socioeconomia/importancia-socioeconomica#:~:text=A%20import%C3%A2ncia%20econ%C3%B4mica%20do%20milho,cerca%20de%2070%25%20no%20mundo..> Acesso em: 12 set. 2022.
- FANTI, Silmara Cristina; PEREZ, S. C. J. G. D. A. Processo germinativo de sementes de paineira sob estresses hídrico e salino. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 9, p. 903-909, set./2004.
- GIRARDI, Eduardo Augusto. **Fisiologia da produção de mudas cítricas sob deficiência hídrica**. 2008. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
- JUNIOR, R. N. S; SILVA, A. G. D. Estresse osmótico na germinação de sementes de

Samanea tubulosa (Benth.) Barneby & J. W. Grimes. **Ciencia Florestal**, Santa Maria, v. 30, n. 4, p. 971-979, dez./2020.

LUCCHESI, J. R. *et al.* Estresse salino e hídrico na germinação e crescimento inicial de plântulas de *Toona ciliata* m. roem. var. australis. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 141-149, mar./2018.

MOURA, Lucas Bastos. **Germinação e crescimento de plântulas de genótipos de milho submetidos a simulação de déficit hídrico**. Orientador: Prof.^ª Dr. Nerison Luís Poersch. 2021. 42 f. TCC (Graduação) – Curso de Agronomia, Universidade Federal da Fronteira Sul, Cerro Largo, 2021. Disponível em: <https://rd.uffs.edu.br/bitstream/prefix/4319/1/MOURA.pdf>.

MOTERLE, L. M. *et al.* Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Maringá-PR, v. 28, n. 3, p. 169-176, jan./2006.

MOTERLE, L. M. *et al.* Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1810-1817, dez./2008.

OLIVEIRA, E. A. D. P. *et al.* Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 9, n. 4, p. 477-482, ago./2014.

PELEGRINI, L. L. *et al.* Efeito do estresse hídrico simulado com nacl, manitol e peg (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata benth.* **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 23, n. 2, p. 511-519, abr./2013.

SERT, Maria Aparecida; KOKUBO, Nelson Tadashi. Efeito do potencial osmótico na embebição de hidrogel e sementes de soja. **Arquivos do Mudi**, Maringá, v. 21, n. 02, p. 56-63, jan./2017.

SILVA, M. L. M. D. *et al.* Germinação de sementes de *Chorisia glaziovii* o. *kuntze* submetidas ao estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 26, n. 3, p. 999-1007, jul./2016.

SISTEMAS DE PRODUÇÃO EMBRAPA. **Cultivo do Milho**. Disponível em: https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducaolf6_1ga1ceportlet&p_p_lifecycle=0&p_p_state=normal&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&p_r_p_-76293187_sistemaProducaold=7905&p_r_p_-996514994_topicold=8662. Acesso em: 5 set. 2022.

SOARES, M. M. *et al.* Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, out./2015.

VILLELA, F. A. *et al.* Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, nov./dez. 1991.