



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL**  
**CAMPUS CERRO LARGO**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**LUCAS BASTOS DE MOURA**

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE  
MILHO SUBMETIDOS A SIMULAÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO**

**CERRO LARGO**

**2021**

**LUCAS BASTOS DE MOURA**

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE  
MILHO SUBMETIDOS A SIMULAÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
grau de Bacharel em Agronomia Universidade  
Federal da Fronteira Sul.  
Orientador: Prof.<sup>a</sup>: Dr. Nerison Luís Poersch

**CERRO LARGO-RS**

2021

**Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS**

Moura, Lucas Bastos de  
GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE  
MILHO SUBMETIDOS A SIMULAÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO / Lucas  
Bastos de Moura. -- 2021.  
42 f.

Orientador: Doutor Nerison Luís Poersch

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) -  
Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de  
Bacharelado em Agronomia, Cerro Largo, RS, 2021.

1. 1.Zea mays (L.). 2.Estresse hídrico.  
3.Polietilenoglicol 6000.. I. Poersch, Nerison Luís,  
orient. II. Universidade Federal da Fronteira Sul. III.  
Título.

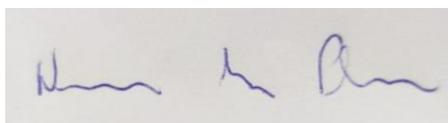
**LUCAS BASTOS DE MOURA**

**GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE PLÂNTULAS DE GENÓTIPOS DE  
MILHO SUBMETIDOS A SIMULAÇÃO DE DÉFICIT HÍDRICO**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentado como requisito para obtenção do  
grau de Bacharel em Agronomia Universidade  
Federal da Fronteira Sul.  
Orientador: Prof.<sup>a</sup>: Dr. Nerison Luís Poersch

Este trabalho foi defendido e aprovado pela banca em 11/05/2021.

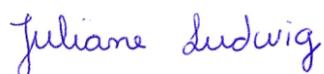
**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Dr. Nerison Luís Poersch – UFFS

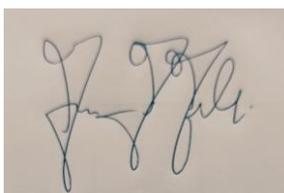
Orientador



---

Prof. Dr. Juliane Ludwig – UFFS

Avaliador



---

Prof. Dr. Anderson de Mello – UFFS

Avaliador

## RESUMO

Os fenômenos de seca tem sido um dos principais elementos causadores de perdas na produção agrícola no Brasil, principalmente na fase inicial de formação de estande de plantas na cultura do milho. O estresse hídrico é responsável pela menor velocidade de germinação e pela baixa uniformidade na emergência de plântulas, sendo importante agente no rendimento final de grãos a campo. O polietileno glicol 6000 é um dos agentes osmóticos mais utilizados na pesquisa para simular o déficit hídrico, por ser inerte, não apresentar toxicidade e não penetrar no tegumento das sementes devido ao seu alto peso molecular. Dentro deste contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar diferentes genótipos de milho em relação a germinação e ao desenvolvimento inicial de plântulas quando expostas a diferentes níveis de estresse hídrico induzidos por polietilenoglicol 6000. Foram avaliadas seis cultivares de milho, AG8690, FEROS, AG8780, MG300, P3016VYHR e RB9060 quanto à tolerância ao déficit hídrico induzido por polietilenoglicol nos potenciais osmóticos, 0; -0,2; -0,4; -0,6 MPa em condições de laboratório. Foi utilizado delineamento experimental inteiramente casualizado, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 6x4 (genótipos x potenciais osmóticos), com quatro repetições. As variáveis avaliadas foram primeira contagem da germinação, germinação, índice de velocidade de germinação, comprimento de parte aérea, comprimento de radícula, massa fresca de parte aérea, massa fresca de radícula, massa seca de parte aérea e massa seca de radícula. Os genótipos de milho apresentaram comportamento diferenciado quanto à tolerância à condição de estresse hídrico, induzido pelo polietilenoglicol 6000. Os genótipos FEROS, MG300 e P3016VYHR apresentaram uma maior tolerância ao estresse hídrico induzido, tendo apresentado uma menor redução nas características avaliadas.

Palavras-chave: *Zea mays* (L.). Estresse hídrico. Polietilenoglicol 6000.

## ABSTRACT

The drought phenomena have been one of the main elements that cause losses in agricultural production in Brazil, mainly in the initial phase of the formation of a plant stand in the culture of corn. Water stress is responsible for the lower germination speed and low uniformity in seedling emergence, being an important agent in the final grain yield in the field. Polyethylene glycol 6000 is one of the most used osmotic agents in research to simulate water deficit, as it is inert, does not present toxicity and does not penetrate the seed coat due to its high molecular weight. Within this context, the objective of the present work was to evaluate different maize genotypes in relation to germination and initial seedling development when exposed to different levels of water stress induced by polyethylene glycol 6000. Six maize cultivars were evaluated, AG8690, FERROZ, AG8780, MG300, P3016VYHR and RB9060 regarding tolerance to water deficit induced by polyethylene glycol in osmotic potentials, 0; -0.2; -0.4; -0.6 MPa in laboratory conditions. A completely randomized design was used, with treatments distributed in a 6x4 factorial scheme (genotypes x osmotic potentials), with four replications. The variables evaluated were first germination count, germination, germination speed index, length of aerial part, radicle length, fresh mass of aerial part, fresh mass of radicle, dry mass of aerial part and dry mass of radicle. The corn genotypes showed different behavior regarding tolerance to the water stress condition, induced by polyethylene glycol 6000. The FERROZ, MG300 and P3016VYHR genotypes showed a higher tolerance to induced water stress, having presented a lesser reduction in the evaluated characteristics.

Keywords: *Zea mays* (L.). Hydric stress. Polyethylene glycol 6000.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Concentração de polietilenoglicol (PEG 6000) estimada à temperatura de 25°C para a obtenção dos diferentes níveis de potencial osmótico.....	18
Tabela 2: Análise de variância conjunta para os caracteres de primeira contagem da germinação (P.C.G.), germinação (GERM.), índice de velocidade de germinação (I.V.G.), comprimento de parte aérea (C.P.A.), comprimento de radícula (C.R.), massa fresca de parte aérea (M.F.P.A.), massa fresca de radícula (M.F.R.), massa seca de parte aérea (M.S.P.A.) e massa seca de radícula (M.S.R.). .....	22
Tabela 3: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para as variáveis primeira contagem de germinação e germinação final. ....	23
Tabela 4: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para a variável índice de velocidade de germinação. ....	25
Tabela 5: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para as variáveis comprimento de parte aérea e comprimento de radícula. ....	26
Tabela 6: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para as variáveis massa fresca de parte aérea e massa fresca de radícula. ....	28
Tabela 7: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para a variável massa seca de parte aérea. ....	29
Tabela 8: Médias da variável massa seca de radícula para os fatores isolados de genótipos e níveis de potencial osmótico. ....	30

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	6
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	7
2.1 A CULTURA DO MILHO .....	7
2.2 GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULA.....	9
2.3 VIGOR.....	11
2.4 DÉFICIT HÍDRICO .....	14
2.5 POLIETILENO GLICOL 6000 (PEG 6000) .....	16
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	17
3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	17
3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS .....	17
3.3 GENÓTIPOS ESCOLHIDOS .....	18
3.4 AVALIAÇÕES.....	19
3.5 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS .....	21
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	21
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	31
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	32

## 1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é o cereal mais produzido no mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, com estimativa para safra de 2020/2021 de um acréscimo de 3,7% de sua produção, chegando a um total de 106,4 milhões de toneladas com o cultivo que ocupa uma área de cerca de 19.873,4 milhões de hectares (CONAB, 2021).

O estresse segundo Souza e Barbosa (2015), é uma condição de perturbação do desenvolvimento das plantas, que dependendo da sua intensidade e duração acabam sendo um dos responsáveis pela queda da produtividade, tendo o efeito do estresse a interação dos três componentes básicos: o genótipo, o fenótipo e a variabilidade dos fatores bióticos e abióticos do meio.

No que se refere aos efeitos abióticos, destaca-se o déficit hídrico, causado pela limitação de disponibilidade e qualidade da água para as plantas, afetando o desenvolvimento e o seu crescimento e em casos severos podendo acarretar na morte das plantas e perda da produção (OLIVO, 2013). Sendo a cultura do milho muito sensível ao déficit hídrico e a baixa disponibilidade de água em períodos críticos (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

O estresse hídrico é um dos problemas centrais da agricultura e a capacidade das plantas de suportar esse estresse é de grande importância econômica no desenvolvimento do agronegócio do país (SHAO et al., 2008; LISAR et al., 2012).

O estresse causado pelo déficit hídrico prejudica o ciclo da cultura, sendo a germinação uma das fases mais afetadas pelo estresse, vindo a ocasionar modificações no metabolismo da planta e conseqüentemente a transformação gênica e a alteração no perfil de síntese de fitohormônios e compostos orgânicos (OLIVO, 2013).

Segundo Piana & Silva (1998) os fatores ambientais e o vigor das sementes irão influenciar diretamente na velocidade de germinação e na uniformidade na emergência de plântulas. Sendo que as sementes de milho com maior vigor apresentam um melhor desempenho em condições de déficit hídrico.

As análises da produção agrícola mostram que a cultura do milho é severamente afetada pelas condições hídricas, devido às estiagens que ocorreram nas safras de 1990/91, 1995/96, 1996/97, 1998/99, 1999/00, 2003/04, 2004/05 e 2011/12 o Brasil teve redução na produtividade (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

Experimentos em laboratório com a utilização do agente osmótico polietileno glicol 6000 simulando condições de restrição hídrica em sementes tem auxiliado a verificar cultivares mais resistentes a esse tipo de estresse (MENESES et al., 2007). Uma separação e o desenvolvimento de genótipos tolerantes ao déficit hídrico, assim como, o uso de tecnologias que facilitem as plantas a resistirem a períodos de seca, devem ser fundamentais na sustentação da produção agrícola do Brasil (VAZ DE MELO et al., 2012).

Tendo em vista a importância da água dentro do processo germinativo, o presente estudo teve como objetivo avaliar diferentes genótipos de milho em relação a germinação e ao desenvolvimento inicial de plântulas quando expostas a diferentes níveis de estresse hídrico induzidos por polietilenoglicol 6000.

Especificamente, avaliou-se o efeito dos diferentes níveis de estresse hídrico sobre o processo de germinação, vigor e desenvolvimento de plântulas dos diferentes genótipos de milho, utilizando os parâmetros de germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de radícula (CR) e comprimento da parte aérea (CPA), massa fresca de parte aérea (MFPA), massa fresca de radícula (MFR), massa seca da parte aérea (MSPA), e massa seca do sistema radicular (MSSR) para diagnosticar os efeitos.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 A CULTURA DO MILHO**

O milho (*Zea mays* L.) teve como berço a América, provavelmente originou-se no México e na América Central, essa monocotiledônea é da família Poaceae e é considerado um dos grãos mais cultivados no mundo, tendo uma importância significativa na área agrônoma, na economia, na alimentação humana e animal. Fornasieri Filho (2007) relata que existem mais de 3.500 formas em que o milho pode ser utilizado, por isso a cultura desse grão tem grande valor e destaque na economia pois está presente desde alimentação animal até os fins industriais.

Conforme destaca Mundstock & Silva (2005, p.6) o cultivo de milho no Sul do Brasil é tradicional, e tem diversas utilizações como:

[...]diretamente na alimentação humana através da farinha, amido, milho verde, milho pipoca, óleo e outras formas de menor importância. A maior demanda

de grãos é para elaboração de rações para animais, com predominância para aves, suínos e gado leiteiro e, secundariamente, para outras espécies. Além disso, a planta é utilizada como forragem diretamente com a colheita das partes verdes, seja na forma de silagem de planta inteira ou de silagem de grão úmido.

A nível mundial o Brasil ocupa a terceira posição no ranking dos países com as maiores produções de milho, ficando somente atrás dos Estados Unidos e da China (FAO, 2018).

Devido à sua alta adaptabilidade a vários ecossistemas, muitas regiões no Brasil apresentam um bom potencial para seu cultivo. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2020) a primeira safra 2019/2020 é de 25,3 milhões de t, 1,5% inferior à safra passada. O milho segunda safra deverá ter uma produção de 75,9 milhões de t, com área total de 13,8 milhões de ha, um crescimento de 7% e o milho terceira safra com plantio em Sealba (Sergipe, Alagoas e nordeste da Bahia), Pernambuco e Roraima, as estimativas iniciais indicam uma área plantada em torno de 511,2 mil hectares, e produção de 1,17 milhão de toneladas. Para o milho total, a produção deverá ser de 102,3 milhões de t com área de 18,5 milhões de ha.

Segundo a Conab (2020) dentre os estados brasileiros com maior produção total de milho temos o Mato Grosso com produção estimada em 31.240,9 mil toneladas, seguido pelo Paraná com 15.923,9 mil toneladas e o estado de Goiás com 10.884,9 mil toneladas na safra 2019/2020.

O milho é produzido no estado do Rio Grande do Sul em duas safras, sendo a primeira começando no mês de agosto até o mês de dezembro e a safrinha nos meses de janeiro até março, com estimativa de 5.977,4 mil toneladas na safra 2019/2020 (CONAB, 2020).

Segundo o relatório da FAO (2019), nos últimos dez anos a exportação e a produção de milho no Brasil teve um grande aumento, passando de 52 milhões de toneladas na safra 2007/2008 para um total de 98 milhões de toneladas na safra 2017/2018. Dentre os fatores que tem relação direta a este aumento na produção nos últimos anos, temos as novas variedades de milho, a expansão da produção para regiões de maior produtividade no Mato Grosso, a capacidade climática do país de produzir diversas safras durante o ano, mudanças geográficas na alimentação do gado e apoio governamental direcionado.

O cultivo de milho no Brasil vem apresentando altas produtividades em circunstância de uma constante melhora no manejo e nos tratamentos culturais, sendo estes resultados alcançados devidos ao uso de sementes de genótipos com alto potencial genético, a melhoria das condições de solo, um bom manejo nutricional e a melhor distribuição do arranjo populacional de plantas de acordo com características das cultivares (FARINELLI; PENARIOL & FORNASIERI FILHO, 2012).

Para que essa cultura apresente um retorno maior em produtividade e rentabilidade na área econômica, é necessário que o agricultor invista em altas doses de nutrientes e adubos. Rivera (2006), destaca em seu estudo que a otimização dos resultados dos sistemas de produção de milho se deve ao manejo nutricional e que este deve estar inserido como parte integrante do processo de produção para que venha favorecer os resultados.

As práticas de rotação de culturas, manejo e conservação do solo e da água, assim como o escalonamento e plantio dentro do zoneamento agrícola implicam em um manejo adequado para o cultivo agrícola. O milho necessita de cuidados especiais principalmente no período de florescimento e enchimento de grãos, sendo altamente responsivo a disponibilidade de água e nitrogênio (BERGAMASCHI; MATZENAUER, 2014).

O estresse hídrico é um fator que restringe de forma direta a produção de milho, sendo o principal responsável pela instabilidade nas safras e reduções nas colheitas. Sendo comum no Rio Grande do Sul, onde o período crítico da cultura costuma coincidir com a ocorrência do déficit hídrico (BERGAMASCHI et al., 2006).

Cada região possui uma época de semeadura específica levando em consideração os riscos no desenvolvimento da cultura em relação ao estresse hídrico. No Rio Grande do Sul, semeaduras precoces, como no mês de agosto/setembro, estão menos propensas a falta de água e coincidirão o seu enchimento de grãos com a alta insolação dos meses de dezembro/ janeiro, conferindo um maior rendimento de grãos (MUNDSTOCK & SILVA, 2005).

## 2.2 GERMINAÇÃO E ESTABELECIMENTO DE PLÂNTULA

O termo germinação refere-se a um conjunto de processos relacionados ao estágio inicial de desenvolvimento de uma estrutura reprodutiva, com a continuação do desenvolvimento do embrião, após a sua paralisação durante a maturação, através da reativação da ação das enzimas que ocorrem por consequência da absorção de água (MARCOS FILHO, 2005; KERBAUY, 2008, apud. BONAMIGO, 2013, p.19).

O desenvolvimento do embrião da semente ocorre desde a fecundação até o processo de maturação, onde há uma redução na sua atividade metabólica devido à o baixo nível de umidade. Nestas circunstâncias a semente se encontra em quiescência, onde a quantidade de água na semente não é suficiente para desencadear o processo de germinação. Desse modo, pode-se considerar que a germinação é o recomeço do desenvolvimento do eixo embrionário, que foi cessado no final da maturação da semente. Resumidamente, então, uma semente viável que se encontra em quiescência ou dormência, quando exposta a condições favoráveis dos

fatores extrínsecos ou ambientais e intrínsecos que influenciam o início da germinação haverá então o desenvolvimento do eixo embrionário. Fisiologicamente, a germinação é termino do estado de repouso para a crescimento das atividades metabólicas (BORGES & RENA, 1993, apud MORAES, 2007, p. 5).

Para que ocorra a germinação é essencial que a semente encontre-se em condições favoráveis de temperatura, oxigênio e disponibilidade de água (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). A estimulação do início do processo germinativo é dependente direto da quantidade de água disponível (ÁVILA; BRACCINI; SCAPIM, 2007).

A germinação tem início com a embebição, que irá ativar as transformações metabólicas e resultará no alongamento do eixo embrionário que é concluído quando a radícula faz a ruptura do tegumento, que representa em nível fisiológico, o começo do crescimento da plântula (BEWLEY, 1997; CARDOSO, 2004).

O processo de embebição como descrito por Taiz et al. (2017, p.520) geralmente apresenta um comportamento trifásico:

- Fase I. As sementes secas absorvem água rapidamente pelo processo de embebição.
- Fase II. A absorção de água pela embebição declina e os processos metabólicos, incluindo a transcrição e a tradução, são reiniciados. O embrião expande, e a radícula emerge da casca da semente.
- Fase III. A absorção de água reinicia devido a um decréscimo no  $\Psi$  à medida que a plântula cresce, e as reservas de nutrientes das sementes são completamente mobilizadas.

Os nutrientes para o crescimento inicial da plântula são gerados através da translocação em larga escala de reservas da sementes, até o momento em que ela se torne autotrófica (TAIZ et al., 2017).

Segundo Cardoso(2004) a capacidade de germinação e o vigor das sementes são afetados por diversos fatores, que muitas vezes atuam de forma associada. Sendo eles de fonte extrínsecas ou do ambiente, bem como, a luminosidade, a temperatura e a disponibilidade de água, oriundos de fonte química (gases e fatores bióticos) e também de fontes intrínsecas ou internas, como a dormência, viabilidade e característica morfológicas.

A temperatura tem grande influência no desenvolvimento das plantas, e é fator determinante na germinação e emergência de plântulas (BERGAMASCHI & MATZENAUER, 2014). Cada espécie de planta tem seus limites de tolerância a certas faixas de temperaturas, sendo que geralmente com períodos com temperaturas acima da máxima se tem a morte das sementes e com períodos com temperatura abaixo da mínima as sementes demoram mais a entrar no processo de germinação (VAZ DE MELO et al., 2012).

A relação entre estado de dormência e a germinação é determinada pelo balanço de dois principais hormônios vegetais, sendo que o ácido abscísico acaba por restringir a germinação e a giberelina tem um impacto positivo na germinação das sementes (TAIZ et al., 2017).

As sementes de milho precisam de uma temperatura do solo acima de 10°C e uma boa umidade para poder realizar a sua germinação, levando de 4 a 7 dias para emergirem se todas as condições forem adequadas. Contudo, o acontecimento de situações ambientais adversas e o uso de sementes de menor qualidade podem por acabar resultando em um baixo índice de germinação e uma velocidade de emergência de plantas no campo também inferior (VAZ DE MELO et al., 2012).

De acordo com Raven, Evert e Eichhorn (2014) no desenvolvimento da plântula do milho a coleorriza que contorna a radícula é a primeira parte a se desenvolver através do pericarpo. A radícula cresce rapidamente e transpõe a coleorriza e logo após o coleóptilo é empurrado para cima pelo prolongamento do mesocótilo. Assim que o coleóptilo se encontra acima do solo encerra o seu alongamento e acabam por emergir as primeiras folhas da plúmula. Juntamente com a raiz primária duas ou mais raízes conhecidas como seminais, oriundas do nó cotiledonar, crescem por meio do pericarpo e curvam-se para baixo.

A transição entre a germinação, a emergência e o estabelecimento da plântula é bastante crítico, pois as plântulas estão expostas a diversos fatores bióticos e abióticos que podem afetar o seu desenvolvimento, sendo que cerca de 10 a 55% das plântulas de milho não ultrapassam esta fase no campo (TAIZ et al., 2017).

Com a utilização de sementes mais vigorosas têm-se uma maior velocidade de emergência, e conseqüentemente uma vantagem na exploração da luz, água e nutrientes disponíveis, iniciando rapidamente o processo fotossintético e resultando em plântulas com maior tamanho e crescimento do sistema radicular e de parte aérea (KOLCHINSKI, SCHUCH, PESKE, 2005).

### 2.3 VIGOR

O vigor é expressado de forma antagônica com a deterioração das sementes, segundo Krzyzanovski e Neto (2001) o vigor se define como “[...]a soma de atributos que confere a semente o potencial para germinar, emergir e resultar rapidamente em plântulas normais, sob ampla diversidade de condições ambientais”.

O potencial fisiológico das sementes que é expressada pelo vigor está ligada a uma soma de diversos fatores, como: nutrição da planta mãe, armazenagem, tratamento químico, tamanho,

dano mecânico e condições ambientais durante a maturação (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

Segundo Durães et al. (1995) o vigor tem efeito direto na eficiência da emergência de plântulas no campo e também no seu acúmulo de matéria seca, sendo consistente ainda durante o crescimento vegetativo da cultura. O vigor é de grande importância para agricultura, pois se tornou requisito básico para o êxito ou insucesso do estabelecimento de plântulas em campo (KRZYZANOWSKI & NETO, 2001).

O cultivo de milho é fortemente afetado por vários fatores, sendo alguns deles o vigor e a viabilidade das sementes usadas para o plantio (DURÃES et al., 1995). O uso de sementes com um baixo vigor pode reduzir a velocidade de emergência e o estabelecimento total do estande de plântulas, produção e acúmulo de matéria seca, tamanho da área foliar e taxa de crescimento das plantas, as quais podem afetar o desenvolvimento da cultura e sua produtividade ao longo do ciclo (KOLCHINSKI, SCHUCH, PESKE, 2005).

Se as situações de estresse ocasionadas durante a germinação ou o desenvolvimento de plântulas forem muito rigorosas, mesmo os genótipos ou lotes mais vigorosos podem virem a não germinar. Sendo assim, mesmo com um lote com alto vigor não é possível assegurar que ele irá possuir um bom ou maior desempenho, podendo apenas ter a chance de ter um desempenho superior a lotes menos vigorosos (PERES, 2010).

Conforme Carvalho & Nakagawa (2000) os testes de vigor são usados para distinguir o nível de vigor entre as sementes e também entre os seus lotes. Os testes são divididos em métodos diretos e indiretos. Sendo que os métodos indiretos referem-se a avaliação de atributos físicos, fisiológicos e biológicos que indiretamente estão relacionados ao vigor das sementes e já os métodos diretos são aqueles que procuram representar as condições encontradas a campo.

Os testes de vigor fundamentados no desempenho das plântulas e que são executados em condições de laboratório, sob circunstâncias controladas, estão associados aos métodos indiretos e levam como base a classificação elaborada por McDonald (1975) para o seu desenvolvimento (NAKAGAWA, 1999).

Os testes de vigor foram separados por McDonald (1975 apud KRZYZANOVSKI e NETO, 2001, p. 83) conforme suas respectivas características no seguinte formato: testes físicos, que por exemplo avaliam o peso, densidade, tamanho e coloração das sementes; testes fisiológicos que avaliam a velocidade de germinação ou emergência, primeira contagem da germinação, número de plântulas normais e o comprimento de plântulas; os testes bioquímicos como a condutividade elétrica, teste de tetrazólio e taxa de respiração e por último os testes de

resistência, representados pelo teste de envelhecimento acelerado, teste de frio, deterioração controlada ou também pela imersão das sementes em soluções tóxicas.

Geralmente nos estudos realizados no Brasil, os principais testes para avaliar o desempenho de plântulas são: primeira contagem de germinação, índice de velocidade de germinação e o comprimento e matéria seca das plântulas (GUEDES et al., 2015).

O teste de primeira contagem de germinação é bastante utilizado como parâmetro para avaliação do vigor das sementes, sendo interessante na cultura do milho pela sua facilidade de execução, este teste se baseia nas normas das Regras para Análises de Sementes (BRASIL, 2009) e é feito conjuntamente com o teste de germinação sendo que as amostras que apresentarem uma maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem, conseqüentemente se caracterizam mais vigorosas, teste este que tem relação direta com a uniformidade e velocidade da emergência das plântulas (PERES, 2010).

De acordo com Filho (2015), a velocidade de germinação é importante indicador da diferença de potenciais fisiológicos entre diferentes lotes ou genótipos, sendo o estabelecimento mais rápido das plântulas a campo um fator significativo na definição de vigor das sementes. O índice de velocidade de germinação é geralmente expressado pela equação proposta por Maguire (1962).

A avaliação do comprimento e da matéria seca das plântulas são importantes parâmetros para o vigor pelo fato de representarem a maior uniformidade na emergência das plântulas (FILHO, 2015). Sementes mais vigorosas apresentam maiores capacidades de desenvolvimento e acabam por apresentar maiores taxas de crescimento e ganho de massa (PERES, 2010). O teste relacionado a massa de matéria seca da plântula é capaz de apresentar pequenas diferenças em vigor referentes ao tamanho da semente, diferentes genótipos entre outros fatores (KRZYZANOWSKI, FRANÇA-NETO, e HENNING, 1991).

Ao mesmo tempo, deve-se considerar que apenas um teste não pode detectar todos os aspectos possíveis da performance das sementes, porque a maior parte dos conceitos relacionados ao vigor das sementes se refere a interação de todas essas características e não a apenas uma delas. Do mesmo modo, a exposição a diversas condições de ambiente afeta e pode dificultar o desempenho das sementes. Portanto, deve-se utilizar a interpretação de mais de um teste para se obter conhecimento sobre o vigor das sementes, testes estes que devem estar fundamentados com relação ao objetivo desejado (FILHO, 2015).

O uso de sementes com um alto vigor são fundamentais para uma aceleração na germinação e maior uniformidade no estande de plantas quando submetidas a diversas condições do ambiente (KAPPES et al., 2010). Conforme Vaz de Melo et al. (2012) concluíram,

os valores da germinação das sementes de milho estão diretamente correlacionados com os níveis de vigor quando são submetidas ao estresse hídrico.

Os testes de vigor em sementes são de grande importância para que se possa diferenciar diferentes genótipos em relação ao seu desempenho, obtendo-se uma rápida e homogênea germinação e estabelecimento de plântulas (ALVES et al., 2018).

## 2.4 DÉFICIT HÍDRICO

Os elementos que impulsionam o estresse nas plantas podem ser de origem biótica, como os insetos e fungos e também abióticos como salinidade, temperaturas inadequadas e o déficit hídrico (KRANNER et al., 2010). De acordo com Lisar et al. (2012), estresse hídrico é caracterizado pela falta de água, causada na maior parte pela seca ou pela alta salinidade do solo.

A água é considerada como o principal fator ambiental da regulação do crescimento e desenvolvimento de uma planta (SHAO et al., 2008). Segundo Palhares (2003), a enorme perda de produtividade das culturas de milho é causada diretamente pela conexão interna estabelecida entre a planta e o ambiente físico em que ela está localizada, sendo um dos principais o estresse hídrico, que tem sido amplamente estudado na cultura do milho (DINIZ et al., 2018).

A capacidade de irreversibilidade das plantas em relação as respostas fisiológicas quando expostas a limitações na disponibilidade de água irá depender da severidade, da duração, estágio de desenvolvimento e do genótipo (SHAO et al., 2008).

Segundo Santos & Carlesso (1998) o estresse hídrico acarreta diversas alterações na distribuição de carboidratos e estruturas morfofisiológicas das plantas, acarretando em um processo de adaptação, processo esse que tem maior eficiência se ocorre na fase inicial do ciclo ou de forma gradativa e também tendo outro fator de grande relevância como a característica de resistência ou tolerância em algumas plantas, para que mesmo em condições de escassez de água se garanta a o mínimo de produtividade.

O milho tem uma alta demanda de água, concentrada principalmente nos estádios de emergência, antese e formação dos grãos, sendo que na emergência a disponibilidade tanto demasiada, como a escassez de água agem de forma prejudicial na homogeneidade e no estabelecimento da população de plantas (SILVA, 2019).

Nas condições à campo, muitas vezes a germinação não ocorre devido a certos níveis de estresse hídrico e térmico causados pelas condições ambientais e também pelas condições encontradas no solo (CARNEIRO et al., 1999).

Juntamente com a temperatura do solo e do ar, o estresse hídrico após a semeadura inibe a absorção de água pelos tecidos e afeta os processos enzimáticos prejudicando o processo de germinação, e posteriormente também o crescimento inicial das plântulas (KAPPES et al., 2010), sendo também que as sementes que demoram muito tempo a emergir são facilmente atacadas por patógenos muitas vezes sendo responsáveis pela baixa uniformidade da emergência e um baixo estande de plantas, sendo importante agente no rendimento final de grãos a campo (ÁVILA; BRACCINI; SCAPIM, 2007; GRZYBOWSKI et al., 2019).

A fase entre a germinação e o estabelecimento de plântulas é o estágio mais crítico de todo ciclo das plantas. Durante esta etapa a planta é mais suscetível à destruição por um grande número de pragas e fungos e o estresse hídrico dependendo da sua severidade pode acarretar na morte da planta (RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Com o potencial osmótico do solo menor que o do embrião da semente tem-se por consequência uma redução na germinação e no estabelecimento de plântulas (CARVALHO & NAKAGAWA, 2000).

A interação entre o genótipo e o ambiente reflete na eficiência da produção e distribuição de carbono sobre a planta para o seu pleno crescimento (KOCH, 2015).

O genótipo é considerado um fator essencial para determinar a tolerância ou não aos diferentes potenciais hídricos do solo e condições adversas no cultivo a campo (KAPPES et al., 2010), assim, dependendo da qualidade e potencial fisiológico das sementes (ÁVILA; BRACCINI; SCAPIM, 2007) e a escolha de cultivares com maior vigor para que se garanta uma melhor produtividade (ANDRADE; COELHO; PADILHA, 2019).

Conforme Grzybowski et al. (2019), na ausência de umidade do solo, quando o genótipo possui certa tolerância ao déficit hídrico o efeito do vigor das sementes de milho é bastante expressiva no estabelecimento da cultura.

As consequências do déficit hídrico juntamente com as altas temperaturas com relação ao vigor das sementes pode ser associado à redução da hidrólise de reservas e também a perda de carboidratos pela respiração (KOCH, 2015).

Apesar de não ser tão evidente a frequência dos fenômenos de seca como em outras regiões, a estiagem é um dos principais elementos causadores de perdas na produção agrícola na região Sul do Brasil, que ultimamente tem se registrado um crescimento na severidade e na frequência dos eventos de estiagem acarretando em um grande abalo econômico para a região (PESSINI, 2017). No entanto, se a seca coincidir com um período crítico, a produção de milho poderá ser bastante afetada por estiagens de curto prazo (BERGAMASCHI & MATZENAUER, 2014).

Analisar e realizar a semeadura dentro do zoneamento agroclimático bem como fazer o reconhecimento de genótipos mais tolerantes são umas das técnicas mais eficazes para abrandar os impactos causados pelo estresse nas plantas (SOUZA & BARBOSA, 2015).

A separação de genótipos adaptados às condições de seca é um fator primordial para a obtenção de tolerantes a esta situação de estresse, por via da simulação de condições de estresse osmótico em condições de laboratório, submetendo plântulas ou sementes dos diversos genótipos as diferentes situações de potenciais osmóticos (ALVES et al., 2018).

## 2.5 POLIETILENO GLICOL 6000 (PEG 6000)

A ocorrência de solutos que alteram a pressão osmótica e as propriedades da água, através da pré-embebição das sementes o polietileno glicol 6000 [HOCH<sub>2</sub> (6CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>) N OH] é um dos agentes osmóticos mais utilizados na pesquisa para simular o déficit hídrico, por ser inerte, não apresentar toxicidade e não penetrar no tegumento das sementes devido ao seu alto peso molecular (VILLELA, FILHO e SEQUEIRA, 1991; HARDEGREE e EMMERICH, 1994).

Nas condições de laboratório, o estresse hídrico simulado por polietileno glicol 6000 na cultura do milho foi utilizado por alguns autores (PIANA & SILVA, 1998; MOTERLE et al., 2008; VAZ DE MELO et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2014 e GRZYBOWSKI et al., 2019) para avaliação de potencial fisiológico como pré-requisito para as condições de campo.

Também já foram testados diferentes potenciais osmóticos induzidos por polietileno glicol 6000 em pesquisas com sementes das mais variadas culturas, como por exemplo, o feijão (QUEIROZ et al., 1997; MORAES, MENEZES e PASQUALLI, 2005; FERREIRA et al., 2017), na cultura da soja (ROSSETTO et al., 1997; BRACCINI et al., 1998; MORAES & MENEZES, 2003; TEIXEIRA et al., 2008; MACHADO et al., 2016), na cultura do algodão (RIBEIRO et al., 2002; MENESES et al., 2007; QUEIROGA et al., 2011; OLIVEIRA et al., 2017), e também experimentos com sementes de trigo (OLIVO, 2013; KOCH, 2015; ALVES et al., 2018; GAMA, 2018).

A relação com diferentes disponibilidades hídricas podem contribuir para explicar as reações fisiológicas das sementes, sendo de grande importância que sejam pesquisados os padrões e as ligações entre os genótipos e o potencial hídrico nas sementes, devido a sua capacidade de atingir de forma significativa os tecidos (MENESES et al., 2007).

Para se alcançar um retorno eficiente na utilização do condicionamento osmótico deve-se ajustar as condições de luminosidade, temperatura e a presença de oxigênio para a cultura analisada e evitar a contaminação microbiana das sementes (TONIN et al., 2005).

Segundo Ávila, Braccini e Scapim (2007) trabalhos conduzidos em laboratório com agentes osmóticos mostraram uma redução no crescimento de plântulas e também no índice de germinação ao ponto que se reduzia o potencial hídrico, sendo então está uma técnica relevante na avaliação e na diferenciação de plantas ou genótipos de milho com maior vigor.

O uso de diferentes soluções contendo polietileno glicol 6000 se mostram adequadas para se testar os efeitos do estresse hídrico nas sementes em laboratório devido aos seus resultados se correlacionarem diretamente com as observações realizadas a campo (CARNEIRO et al., 1999).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 LOCAL DO EXPERIMENTO

A condução do experimento foi no Laboratório de Sementes da Universidade Federal da Fronteira Sul, *Campus* Cerro Largo no Estado do Rio Grande do Sul, em câmaras do tipo “*Biochemical Oxygen Demand*” (BOD) durante os meses de agosto a dezembro de 2020.

#### 3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado(DIC) com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 6x4 (genótipos x potenciais osmóticos), com quatro repetições.

Para o déficit hídrico foram utilizadas três soluções com diferentes concentrações de polietilenoglicol 6000 mais o tratamento apenas com a água destilada, caracterizando a testemunha, possibilitando quatro diferentes potenciais osmóticos (0,0; -0,2; -0,4 e -0,6MPa).

As concentrações de PEG 6000 que foram utilizadas para se obter cada nível de potencial osmótico encontram-se na Tabela 1.

Para a obtenção dos potenciais osmóticos das soluções foi utilizada a equação proposta por Michel e Kaufmann (1973) conforme Villela et al. (1991).

$$\psi_{os} = -(1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) C^T + (8,39 \times 10^{-7}) C^2$$

Sendo:

$\psi$ : Potencial osmótico (bar) [1bar = 0,1MPa]

C = Concentração de PEG 6000 (Kg Litro-1 de água)

T = Temperatura (°C)

Tabela 1- Concentração de polietilenoglicol (PEG 6000) estimada à temperatura de 25°C para a obtenção dos diferentes níveis de potencial osmótico.

Dose	Gramas de PEG Litro-1	Potencial O. (MPa)
1	0,00	0,0
2	119,57	-0,2
3	178,34	-0,4
4	223,66	-0,6

Elaborado pelo autor, 2020.

### 3.3 GENÓTIPOS UTILIZADOS

Para a realização do experimento foram escolhidos seis genótipos de milho comercializados na região de Cerro Largo-RS na safra 2020/2021.

**Híbrido Agrocere AG8780 PRO3:** O híbrido apresenta características de ciclo precoce rápido o que faz o mesmo ser recomendado para abertura de plantio da safrinha, também possui elevado peso de grãos e alto teto produtivo com a finalidade de uso exclusivo para a produção de grãos, tipo de grão semidentado, cor amarelo-alaranjado e arquitetura foliar semiereta (SEMENTES AGROCERES, 2015).

Conforme a empresa Semente Agrocere o híbrido possui a tecnologia VT PRO3, que lhe concede proteção contra os principais lepidópteros de parte aérea, proteção da raiz contra a *Diabrotica speciosa* e também a tolerância ao herbicida glifosato.

**Híbrido Agrocere AG8690 PRO3:** O híbrido apresenta características de ciclo precoce, alto potencial produtivo com a finalidade de uso para a produção de grãos ou de silagem com um alto valor energético, tipo de grão semidentado, cor alaranjado, arquitetura de planta ereta, tolerância à ferrugem (*Puccinia polysora*) e também possui a tecnologia VT PRO3 (SEMENTES AGROCERES, 2015).

**Híbrido Morgan MG300:** De acordo com a empresa Morgan Sementes o híbrido apresenta características de ciclo superprecoce, estabilidade produtiva com a finalidade de uso para a produção de grãos, textura semiduro, cor amarelo-alaranjado, arquitetura de planta ereta

e possibilita um incremento de produção com cultivo em espaçamentos mais adensados. Possui a biotecnologia PowerCore Ultra que contém proteínas inseticidas que conferem auxílio no controle das populações suscetíveis das principais lagartas de parte aérea do milho (MORGAN SEMENTES, 2021).

**Híbrido NK Feroz Viptera 3:** Segundo a empresa Sementes NK o híbrido apresenta características de ciclo precoce, sendo indicada tanto para safra de verão como para a safrinha devido à sua amplitude de plantio, também possui estabilidade produtiva, boa tolerância a doenças foliares e do colmo, alta massa verde por hectare, finalidade de uso tanto para a produção de grãos como de silagem e grão duro alaranjado.

A biotecnologia VIP 3 concede ao híbrido ampla proteção contra as principais lagartas em todos os estágios da cultura e também tolerância a glifosato (SEMENTES NK, 2020).

**Híbrido Pioneer P3016VYHR:** O híbrido apresenta características de ciclo precoce, elevado potencial produtivo, alta resposta ao manejo, excelente sistema radicular, sanidade de planta, se apresenta como uma boa opção para silagem e se demonstra suscetível a mancha de turcicum (*Exserohilum turcicum*) (PIONEER SEMENTES, 2020). Também conta com a tecnologia Leptra® de proteção contra insetos e com gene Roundup Ready™ Milho 2 de tolerância a herbicida (PIONEER SEMENTES, 2020).

**Híbrido Riber RB9060 convencional:** O híbrido apresenta características de ciclo normal, ótima adaptação e flexibilidade de plantio, baixo/ médio investimento, boa tolerância a condições de estresses, tem como finalidade de uso a produção de grãos ou de silagem, tolerância geral a doenças foliares, de colmo e ao enfezamento, porte vegetativo semiereto e com grão de cor alaranjada e com textura semiduro (KWS SEMENTES, 2020).

### 3.4 AVALIAÇÕES

Com a indução dos genótipos ao déficit hídrico com as diferentes potenciais osmóticos foram realizados os seguintes testes:

**Germinação (GERM):** As sementes foram depositadas sob duas folhas de papel germitest e cobertas por uma terceira folha, umedecidos na proporção de 2,5 vezes o peso do papel seco e formados os rolos e papéis. Os rolos foram acondicionados verticalmente em sacos plásticos, agrupados por repetições, mantidos em uma câmara de germinação do tipo BOD, à temperatura constante de 25°C (BRASIL, 2009). As avaliações do teste de germinação, foram feitas no sétimo dia após a semeadura, seguindo os critérios estabelecidos nas Regras Para Análise de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), classificando-as em plântulas normais (com

sistema radicular, parte aérea e coleóptilo), anormais e mortas. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**Primeira contagem da germinação (PCG):** realizada conjuntamente com ao teste de germinação, constituído do registro das plântulas normais verificadas na primeira contagem do teste de germinação, realizada aos quatro dias após a sementeira, seguindo as recomendações das Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

**Índice de velocidade de germinação (IVG):** O teste de índice de velocidade de germinação (IVG) será realizado juntamente com o teste de germinação, porém, a contagem para este, será realizada diariamente, à mesma hora, e para ser considerada germinada, será utilizado o critério de a radícula possuir 2 mm ou mais de comprimento (BRASIL, 2009). A qual será avaliada pela fórmula de Maguire (1962):

$$IVG = (G1/N1) + (G2/N2) + \dots + (Gn/Nn)$$

Onde: IVG é o índice velocidade de germinação; G1 número de plântulas germinadas no primeiro dia; N1 número de dia da sementeira.

**Massa fresca de parte aérea (M.F.P.A.):** Em cada rolo foram semeadas 25 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em câmara climática do tipo B.O.D. à temperatura de 25°C. A avaliação será realizada aos sete dias após a sementeira. Para a avaliação foram consideradas aleatoriamente sub-amostras com 10 plântulas normais por tratamento. A parte aérea de cada plântula será retirada e realizada a pesagem em balança analítica e os resultados foram expressos em decigrama (dcg).

**Massa fresca de radícula (M.F.R.):** Será realizado conjuntamente com o teste de massa fresca de parte aérea sete dias após a sementeira. O sistema radicular será separado do restante da plântula e realizada a pesagem em balança analítica e os resultados foram expressos em decigrama (dcg).

**Massa seca da parte aérea (MSPA):** Em cada rolo foram semeadas 25 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados câmara climática do tipo B.O.D. em uma temperatura de 25°C, sendo realizada a avaliação aos sete dias após a sementeira. Para a avaliação foram consideradas aleatoriamente sub-amostras com 10 plântulas normais por tratamento. A parte aérea será separada do restante da plântula e colocada para secar em estufa com ventilação forçada a 68°C até peso constante. Após, será realizada a pesagem em balança analítica e os resultados foram expressos em decigrama (dcg).

**Massa seca do sistema radicular (MSSR):** Em cada rolo foram semeadas 25 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados câmara climática do tipo B.O.D. em uma temperatura de 25°C, sendo realizada a avaliação aos sete dias após a semeadura. Para a avaliação foram consideradas aleatoriamente sub-amostras com 10 plântulas normais por tratamento. O sistema radicular será separado do restante da plântula e colocado para secar em estufa com ventilação forçada a 68°C até atingir o peso constante. Após, será realizada a pesagem em balança analítica e os resultados foram expressos em decigrama (dcg).

**Comprimento da parte aérea (CPA):** Em cada rolo foram semeadas 25 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, distribuída em 3 fileiras e umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em câmara climática do tipo B.O.D. à temperatura de 25°C. A avaliação será realizada aos sete dias após a semeadura. Para a avaliação foram consideradas aleatoriamente sub-amostras com 10 plântulas normais por tratamento. A parte aérea de cada plântula será medida com auxílio de régua milimétrica, e os resultados expressos em centímetros.

**Comprimento da radícula (CR):** Em cada rolo foram semeadas 25 sementes, colocadas no terço superior de papel germitest, umedecido com água destilada na proporção de 2,5 vezes o peso do papel. Os rolos foram colocados em câmara climática do tipo B.O.D. à temperatura de 25°C. A avaliação será realizada aos sete dias após a semeadura. Para a avaliação foram consideradas aleatoriamente sub-amostras com 10 plântulas normais por tratamento. As radículas das plântulas foram medidas com o auxílio de régua milimétrica, e os resultados expressos em centímetros.

### 3.5 PROCEDIMENTOS ESTATÍSTICOS

Os dados foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial e, quando significativas pelo teste F, foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade de erro ( $P < 0,05$ ) e os dados referentes aos potenciais osmóticos terão suas médias comparadas pela análise de regressão ( $P < 0,05$ ), com o auxílio do programa Genes- Aplicativo computacional em Genética e Estatística Experimental.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (Tabela 2) revelaram interação significativa a 5% de probabilidade de erro em todos os parâmetros avaliados, exceto para o parâmetro de massa seca de radícula (M.S.R.) em relação ao fator do potencial osmótico. No entanto os parâmetros de primeira contagem da germinação (P.C.G.), germinação (GERM.), massa fresca de parte aérea (M.F.P.A.) e massa seca de parte aérea (M.S.P.A.) não apresentaram significância pelo teste de F para o fator genótipo.

A significância na interação demonstra que os genótipos tem seu desempenho afetado e se comportam de maneira diferente entre si quanto ao nível de potencial osmótico. Resultados estes semelhantes aos encontrados em estudos realizados por Kappes et al.(2010) ao avaliarem a germinação, o vigor de sementes e o crescimento de plântulas de híbridos de milho submetidas a condições de déficit hídrico e verificaram a interação significativa entre os híbridos e os níveis de potencial osmótico para primeira contagem de germinação, contagem final de germinação, velocidade de germinação, comprimento da raiz primária, comprimento da parte aérea e biomassa fresca de plântula.

Tabela 2: Análise de variância conjunta para os caracteres de primeira contagem da germinação (P.C.G.), germinação (GERM.), índice de velocidade de germinação (I.V.G.), comprimento de parte aérea (C.P.A.), comprimento de radícula (C.R.), massa fresca de parte aérea (M.F.P.A.), massa fresca de radícula (M.F.R.), massa seca de parte aérea (M.S.P.A.) e massa seca de radícula (M.S.R.).

FV	GL	Quadrado Médio (QM)				
		P.C.G	GERM.	I.V.G	C.P.A.	C.R.
Genótipos (G)	5	558,54ns	488,07ns	1769,15**	27,14*	134,56**
Níveis $\psi_{os}$ (N)	3	45727,15**	42614,56**	6323,27**	1298,09**	412,21**
GxN	15	320,39**	173,56**	198,99**	8,52**	23,43**
Resíduo	72	9,88	16,08	4,82	0,67	2,73
Média		34,10	55,83	56,41	7,29	17,49
CV (%)		9,21	7,18	3,89	11,22	9,44

FV	GL	Quadrado Médio (QM)			
		M.F.P.A	M.F.R	M.S.P.A	M.S.R
Genótipos (G)	5	1,89ns	1,30**	0,02ns	0,09**
Níveis $\psi_{os}$ (N)	3	110,73**	2,70**	1,23**	0,23**
GxN	15	0,71**	0,20**	0,01*	0,01ns
Resíduo	72	0,03	0,03	0,01	0,01
Média		2,10	0,88	0,27	0,27
CV (%)		8,20	19,30	30,98	29,48

\*\* e \* Significativo a 1% e 5% de probabilidade de erro pelo teste F, respectivamente. ns: não significativo.

O coeficiente de variação (C.V.) do experimento observado oscilou entre 3,89% para a variável de índice de velocidade de germinação e 30,98% para a variável massa seca de parte aérea.

Em função da significância os dados foram submetidos ao teste de comparação de médias e realizados os desdobramentos pelo teste de Tukey( $p=0,05$ ).

Em todos os genótipos testados houve redução da porcentagem tanto de primeira contagem de germinação quanto na contagem final de germinação em relação ao decréscimo do potencial osmótico (Tabela 3). Uma redução na porcentagem de germinação também foi observada por Vaz de Melo et al.(2012) ao avaliarem a germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico, relacionando a disponibilidade de  $O_2$  para as sementes que é afetada pelas características do polietileno glicol 6000.

Segundo Ávila, Braccini e Scapim (2007) para cada espécie há um nível crítico de potencial osmótico no solo em que não acontece a germinação, sendo o déficit hídrico responsável pela diminuição do números de sementes germinadas.

Tabela 3: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para as variáveis primeira contagem de germinação e germinação final.

Genótipos	Primeira contagem de germinação (%)				Germinação (%)			
	Níveis de potencial osmótico (MPa)							
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6
AG8690	98,5Aa*	16,5Bc	2,0Cab	0,0Ca	98,5Aa	84,0Bb	18,5Cc	4,5Dbc
FEROZ	99,0Aa	60,0Ba	8,5Ca	1,0Da	99,0Aa	90,0Bab	35,5Cab	11,0Dbc
AG8780	99,0Aa	22,0Bde	0,0Cb	0,0Ca	99,0Aa	89,5Bab	19,5Cc	4,0Dc
MG300	97,5Aa	52,5Bb	4,5Cab	2,0Ca	97,5Aa	89,0Bab	20,5Cc	11,0Dbc
P3016VYHR	98,0Aa	38,5Bc	7,0Ca	1,5Ca	98,0Aa	95,0Aa	42,0Ba	27,5Ca
RB9060	79,0Ab	26,0Bd	5,5Cab	0,0Ca	79,0Ab	83,0Ab	32,0Bb	12,5Cb

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

Na variável primeira contagem de germinação (Tabela 3) podemos observar que no tratamento testemunha, apenas com água destilada, o genótipo RB9060 apresentou o menor desempenho diferindo dos demais genótipos. As sementes da cultivar FERROZ apresentaram maior porcentagem na primeira contagem de germinação em todos os níveis de potencial osmótico em relação aos demais genótipos, demonstrando possuir sementes com um maior potencial fisiológico e vigorosas.

A cultivar AG8780 não apresentou plântulas normais na primeira contagem de germinação a partir da condição osmótica de -0,4MPa (Tabela 3), o que pode estar relacionado a redução de metabolismo proporcionado pelos níveis de potencial osmótico expresso pela falta

água para os processos de digestão de reservas e translocação dos produtos metabolizados (SBRUSSI, ZUCARELI & SILVA 2012). Na concentração mais elevada de  $-0,6\text{MPa}$  não houve diferenças na primeira contagem de germinação para as cultivares de milho avaliadas.

A rápida e uniforme germinação são favorecidos pela genética e pelos fatores de qualidade fisiológica tanto em condições favoráveis como também contribuem nas condições de estresse em que as sementes são submetidas (SADEGHIAN & YAVARI, 2004). Os genótipos que possuem valores superiores em relação a primeira contagem de germinação são considerados de maior vigor (GUEDES et al., 2009).

No variável da germinação o genótipo P3016VYHR obteve o maior desempenho em todos os níveis de potencial osmótico que foram submetidos, não diferindo do genótipo FERROZ até o potencial de  $-0,4\text{MPa}$ , comprovando assim que os maiores valores de germinação mantidas nas condições de estresse hídrico mostram evidentemente a conformidade no vigor e na viabilidade nas cultivares testadas, estando de acordo com resultados obtidos por Kappes et al.(2010) e Sbrussi, Zucareli & Silva (2012).

O genótipo RB9060 apresentou uma baixa porcentagem de germinação mesmo no potencial osmótico de zero, estando abaixo do padrão mínimo exigido para comercialização das sementes de milho de 85% (MAPA, 2013), demonstrando uma baixa qualidade e potencial produtivo. Tendo todos os demais genótipos apresentado porcentagens de germinação acima do padrão exigido para comercialização das sementes de milho.

No potencial de  $-0,4\text{MPa}$  todas as cultivares apresentaram uma queda maior de 50% na porcentagem de germinação, se demonstrando um nível crítico ao processo germinativo.

Segundo Olivo(2013) a germinação é o período de maior sensibilidade das sementes ao estresse hídrico, tendo um efeito direto nos processos fisiológicos e bioquímicos, limitando a ação das enzimas e o crescimento meristemático. Ao se apresentarem em condição de estresse as sementes conduzem seu metabolismo e gasto energético no seu processo de adaptação, o que acaba diminuindo o poder germinativo (VAZ DE MELO et al.,2012).

Segundo Piana & Silva (1998) o aumento da restrição hídrica tem uma tendência de reduzir tanto a porcentagem de germinação como a velocidade de germinação. Este número maior de dias para germinação acaba por colocar as sementes em uma situação em que se encontram menos resistentes aos danos causados por condições adversas e mais suscetíveis ao ataque de pragas (KAPPES et al.,2010), também podendo ocasionar um maior efeito de interferência das plantas daninhas na cultura do milho (VAZ DE MELO et al.,2012).

O estresse hídrico provocado pelos potenciais osmóticos a partir de  $-0,2\text{MPa}$  (Tabela 4) ocasionaram uma menor velocidade de germinação nas sementes de milho, o que difere do

resultado obtido por Vaz de Melo et al.(2012) ao realizarem estudos com milho-pipoca em que obtiveram uma menor velocidade de germinação apenas a partir do potencial osmótico de -0,4Mpa.

Tabela 4: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para a variável índice de velocidade de germinação.

Genótipos	Índice de velocidade de germinação			
	Níveis de potencial osmótico (MPa)			
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6
AG8690	78,5Ab*	57,1Bd	45,6Cc	32,0Db
FEROZ	85,0Aa	81,7Aa	64,1Ba	51,8Ca
AG8780	76,3Ab	64,8Bc	35,2Cd	21,0Dc
MG300	80,4Aab	73,7Bb	65,8Ca	52,0Da
P3016VYHR	76,2Ab	52,5Be	50,4Bb	32,1Cb
RB9060	53,1Ac	48,5Be	41,5Cc	34,6Db

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

O genótipo FEROS apresentou o melhor desempenho nos potenciais osmóticos de zero, em que não diferiu significativamente ( $P>0,05$ ) do genótipo MG300 e no potencial de -0,2Mpa (Tabela 4), não havendo redução na velocidade de germinação nesta faixa de restrição hídrica. Já o genótipo MG300 apresentou maior velocidade de germinação nos potenciais osmóticos de -0,4Mpa e -0,6Mpa, não diferindo significativamente do genótipo FEROS, assim demonstrando que sementes dos genótipos que levam menos dias para germinar são consideradas mais vigorosas (KAPPES et al.,2010).

Nos potenciais osmóticos de 0,0MPa e -0,2MPa (Tabela 4) o genótipo RB9060 apresentou a menor velocidade de germinação, ou seja, levou o maior número de dias para que ocorresse a germinação, não diferindo significativamente do genótipo P3016VYHR no potencial -0,2MPa. Nos potenciais de -0,4MPa e -0,6MPa o genótipo AG8780 apresentou menor velocidade de germinação, diferindo significativamente dos demais híbridos.

Conforme Mondo(2012) as sementes com baixo vigor são mais suscetíveis aos efeitos de estresse durante o processo de germinação, o que acaba fazendo com que a semente necessite realizar o reparo de organelas e de tecidos antes mesmo de iniciar o desenvolvimento do seu eixo embrionário, resultando em uma menor velocidade de germinação.

Dentre os processos mais afetados pelo estresse hídrico, destaca-se o alongamento celular (TAIZ et al.,2017), desta forma Vieira et al. (2013) destacam que o comprimento de plântulas se mostra um meio eficaz na observação de genótipos mais tolerantes a estas

condições de estresse. Ao avaliar sementes de milho, Ávila, Braccini e Scapim (2007) observaram uma correlação significativa e positiva entre o teste de comprimento de plântulas em condições de estresse hídrico e o seu efeito na emergência das plântulas em campo.

Tabela 5: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para as variáveis comprimento de parte aérea e comprimento de radícula.

Genótipos	Comprimento da parte aérea (cm)				Comprimento da radícula (cm)			
	Níveis de potencial osmótico (MPa)							
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6
AG8690	16,5Ac*	7,3Bb	2,8Cab	0,3Da	22,0Aa	21,0Aab	17,8Ba	8,4Cb
FEROZ	19,7Ab	7,6Bb	3,9Ca	2,0Da	22,0Aa	21,0ABab	18,8Ba	13,7Ca
AG8780	21,4Aa	7,7Bb	2,8Cab	0,7Da	23,0Aa	13,8Bc	13,2Bb	8,8Cb
MG300	18,8Ab	10,8Ba	4,1Ca	1,8Da	22,0Aa	21,5Aab	20,3Aa	16,9Ba
P3016VYHR	15,1Ac	6,2Bb	2,7Cab	0,5Da	23,1Aa	23,4Aa	20,3Aa	15,1Ba
RB9060	13,2Ad	7,6Bb	1,6Cb	0,4Ca	15,5Bb	19,6Ab	9,8Cb	8,9Cb

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

Em todos os genótipos testados houve um comportamento similar no que se refere a redução no comprimento da parte aérea em relação ao decréscimo do potencial osmótico (Tabela 5), resultado este que corrobora com os obtidos por Grzybowski et al.(2019) ao avaliarem o efeito do potencial osmótico na interação genótipo e vigor de sementes de milho.

No potencial osmótico de zero, a cultivar AG8780 obteve o melhor desempenho em relação ao comprimento da parte aérea, diferindo significativamente dos demais genótipos, já a cultivar RB9060 obteve o menor desempenho, diferindo também significativamente dos demais genótipos de milho (Tabela 5).

A cultivar MG300 apresentou maior comprimento de parte aérea (Tabela 5) no potencial osmótico de  $-0,2\text{MPa}$ , diferindo significativamente dos demais genótipos e também no potencial osmótico de  $-0,4\text{MPa}$ , onde diferiu significativamente apenas da cultivar RB9060.

No potencial osmótico de  $-0,6\text{MPa}$  não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) no comprimento de parte aérea entre os genótipos de milho testados (Tabela 5), resultados estes semelhantes aos encontrados em estudos realizados por Moterle et al. (2006) ao avaliar a

germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino.

Quando submetidas em condições de estresse hídrico as plantas acabam por inibir a fotossíntese e a expansão celular, e com o decréscimo na turgescência celular que tem por consequência uma redução significativa no seu crescimento (TAIZ et al.,2017), podendo ser apontada também como um método de defesa da planta para reduzir a perda de água pelo processo de transpiração (GRZYBOWSKI et al., 2019).

Os genótipos MG300 e P3016VYHR não apresentaram alterações significativas no parâmetro de comprimento de radícula nos potenciais osmóticos até -0,4MPa (Tabela 5), e também apresentaram melhor desempenho no potencial osmótico de -0,6MPa, não diferindo significativamente do genótipo FEROS.

O genótipo AG8780 obteve uma redução de 40% do comprimento médio de radícula já no potencial osmótico de -0,2MPa (Tabela 5), sendo a cultivar que apresentou decréscimos mais evidentes nesta característica. Ao avaliarem genótipos de milho sob condições de déficit hídrico, Kappes et al.(2010) e também Oliveira et al.(2014) observaram redução no comprimento de radícula em relação ao decréscimo do potencial osmótico da solução.

Segundo Oliveira et al.(2014) o comprimento da parte aérea se mostra mais sensível quando comparado ao comprimento de radícula nas condições de estresse hídrico durante a fase de desenvolvimento de plântulas.

No parâmetro de massa fresca da parte aérea (Tabela 6) observou-se um comportamento bastante semelhante ao apresentados pelo comprimento de parte aérea (Tabela 5), em que se obteve uma redução progressiva na massa fresca da parte quando ocorreu decréscimo do potencial osmótico. Comportamento este também observado por Vaz de Melo et al.(2012), que conclui que esta variação se dá devida a menor disponibilidade de água nas plantas a proporção que se eleva o estresse hídrico.

Tabela 6: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para as variáveis massa fresca de parte aérea e massa fresca de radícula.

Genótipos	Massa fresca da parte aérea (dg)				Massa fresca da radícula (dg)			
	Níveis de potencial osmótico (MPa)							
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6
AG8690	4,7Ac*	2,3Bc	0,7Cbc	0,1Dc	1,6Aab	0,8Bbcd	0,7Bb	0,3Ccd
FEROZ	5,7Ab	2,4Bbc	1,0Cab	0,4Dab	1,8Aa	1,1Bab	0,9BCb	0,7Cb
AG8780	6,3Aa	2,8Bab	0,6Ccd	0,2Dabc	1,3Abc	0,7Bcd	0,6Bb	0,4Bbcd
MG300	4,6Ac	3,0Ba	1,1Ca	0,5Da	1,1Bcd	1,5Aa	1,3ABa	1,1Ba
P3016VYHR	4,6Ac	1,8Bd	0,7Cbc	0,1Dbc	1,3Abcd	0,9Bbc	0,9Bb	0,6Cbc
RB9060	4,1Ad	2,1Bcd	0,3Cd	0,1Cbc	0,9Ad	0,5Bd	0,1Cc	0,2Cd

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

Podemos observar que de forma geral já no potencial osmótico de  $-0,2$ MPa os genótipos sofreram uma queda de mais de 50% na massa fresca da parte aérea (Tabela 6) comparado com a solução testemunha, resultado este que segundo Kappes et al.(2010) pode ser atribuído pela redução da velocidade das reações metabólicas e dificuldade de realização de hidrólise e mobilização de reservas.

O genótipo AG8780 apresentou maior massa fresca de parte aérea no potencial osmótico zero (Tabela 6), diferindo significativamente dos demais genótipos. No potencial osmótico de  $-0,2$ MPa o genótipo MG300 obteve maior valor de massa fresca de parte aérea, não diferindo significativamente do genótipo AG8780. No nível de potencial osmótico de  $-0,6$  MPa a massa fresca dos genótipos é praticamente insignificante.

No parâmetro de massa fresca da radícula (Tabela 6) o genótipo FERROZ apresentou maior massa fresca da radícula no potencial osmótico zero, não diferindo significativamente do genótipo AG8690. O genótipo MG300 apresentou maior massa fresca de radícula em todos os potenciais osmóticos mais negativos, não diferindo significativamente do genótipo FERROZ no potencial osmótico de  $-0,2$ MPa.

A cultivar MG300 obteve um melhor desempenho geral nos parâmetros de comprimento de parte aérea e radícula como também na massa fresca dos mesmos nas condições de potenciais osmóticos negativos. Este resultado pode ser um reflexo de uma estratégia da planta para se adaptar as condições de déficit hídrico, o que pode ser observado no maior crescimento radicular (TAIZ et al.,2017).

Segundo Vieira et al. (2013) os genótipos que apresentam teores de massa fresca superiores por consequência de seu maior teor de água, possuem maior eficiência no seu metabolismo celular em função de transformar suas reservas em energia para um bom crescimento de plântula.

No tocante à massa seca de parte aérea (Tabela 7), houve diferenças significativas entre os genótipos somente quando as sementes foram submetidas aos potenciais osmóticos de 0,0MPa e -0,2MPa. O genótipo AG8780 originou plântulas com maior massa seca, porém, não houve diferença significativa ( $P>0,05$ ) em comparação com os genótipos AG8690 e FERROZ no nível zero de potencial osmótico. Segundo Peres(2010) sementes de lotes mais vigorosos possuem uma maior capacidade de formação de tecidos e mobilização de reservas, e consequentemente acabam gerando plântulas com maiores taxas de crescimento e acúmulo de massa.

Tabela 7: Desdobramento das médias da interação genótipos x níveis de potencial osmótico para a variável massa seca de parte aérea.

Genótipos	Massa seca de parte aérea (dg)			
	Níveis de potencial osmótico (MPa)			
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6
AG8690	0,6Aab*	0,3Bab	0,1Ca	0,0Ca
FERROZ	0,6Aab	0,4Ba	0,2Ca	0,1Ca
AG8780	0,7Aa	0,3Bab	0,1Ca	0,0Ca
MG300	0,5Ab	0,4ABab	0,2BCa	0,1Ca
P3016VYHR	0,5Ab	0,2Bb	0,1BCa	0,0Ca
RB9060	0,5Ab	0,3Aab	0,1Ba	0,0Ba

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

No potencial de -0,2MPa, as cultivares AG8690, FERROZ, AG8780, MG300 e RB9060 apresentaram os maiores valores de massa seca da parte aérea diferindo significativamente do genótipo P3016VYHR.

Nos níveis de potenciais osmótico de -0,4MPa e -0,6MPa, ocorreu uma drástica redução no acúmulo de massa seca de parte aérea, quando comparados com o potencial zero, comportamento este também observado por Braccini et al. (1998) no peso de matéria seca de plântulas de soja ao avaliar a influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica.

A menor absorção de água pelas sementes atua reduzindo a velocidade tanto dos processos bioquímicos como dos processos fisiológicos essenciais para um bom desenvolvimento de plântula, resultando em um menor comprimento e menor acúmulo de matéria seca (SÁ, 1987).

Embora não tenha havido interação significativa entre os genótipos e os níveis de potencial osmótico para a massa seca de radícula (Tabela 2), os genótipos obtiveram um comportamento distinto em relação aos níveis de potencial osmótico (Tabela 8).

Tabela 8: Médias da variável massa seca de radícula para os fatores isolados de genótipos e níveis de potencial osmótico.

Genótipos	Massa seca de radícula (dg)							
	Níveis de potencial osmótico (MPa)							
	0,0	-0,2	-0,4	-0,6	-0,0	-0,2	-0,4	-0,6
AG8690	0,4A*	0,4A	0,2B	0,1B	0,4ab	0,4a	0,2ab	0,1b
FEROZ	0,5A	0,4AB	0,3BC	0,2C	0,5a	0,4a	0,3a	0,2ab
AG8780	0,3A	0,2AB	0,1B	0,1B	0,3b	0,2b	0,1b	0,1b
MG300	0,4A	0,4A	0,4A	0,3A	0,4ab	0,4a	0,4a	0,3a
P3016VYHR	0,3A	0,4A	0,3A	0,1B	0,3b	0,4ab	0,3a	0,1ab
RB9060	0,3AB	0,3A	0,1BC	0,1C	0,3b	0,3ab	0,1b	0,1b

\*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ( $p=0,05$ ).

No potencial osmótico de zero o genótipo FEROZ obteve maior acúmulo de massa seca de radícula (Tabela 8), não diferindo significativamente dos genótipos MG300 e AG8690. No potencial osmótico de -0,2MPa o genótipo AG8780 apresentou o menor acúmulo de massa seca de radícula, não diferindo significativamente dos genótipos P3016VYHR e RB9060. Já no potencial osmótico de -0,4MPa o genótipo AG8780 juntamente com o RB9060 apresentaram menor acúmulo de massa seca de radícula, não diferindo significativamente do genótipo AG8690. O genótipo MG300 obteve maior acúmulo de massa seca de radícula no potencial osmótico mais baixo de -0,6MPa, não diferindo significativamente dos genótipos P3016VYHR e FEROZ.

O genótipo MG300 obteve melhor desempenho no acúmulo de massa de seca de radícula, onde manteve seus valores iniciais até os potenciais osmóticos mais negativos.

A maior tolerância dos genótipos em condições de estresse hídrico, geralmente, está relacionada a uma melhor qualidade fisiológica inicial das sementes, conforme observado por Piana e Silva (1998) e Moterle et al. (2006) com sementes de milho e também por Braccini et

al. (1998) com sementes de soja. A menor qualidade fisiológica do genótipo RB9060 pode estar associada ao seu pior desempenho geral em todas as características avaliadas.

## 5 CONCLUSÕES

Os genótipos de milho apresentaram comportamento diferenciado quanto à tolerância à condição de estresse hídrico, induzido pelo polietilenoglicol 6000.

O decréscimo nos níveis de potencial osmótico promove uma redução acentuada nas variáveis de germinação (GERM), primeira contagem da germinação (PCG), índice de velocidade de germinação (IVG), comprimento de radícula (CR), comprimento da parte aérea (CPA), massa fresca de parte aérea(MFPA), massa fresca de radícula(MFR), massa seca da parte aérea (MSPA) e massa seca do sistema radicular (MSSR).

Os genótipos FERROZ, MG300 e P3016VYHR apresentaram uma maior tolerância ao estresse hídrico induzido, tendo apresentado uma menor redução nas características avaliadas.

O nível de potencial osmótico de -0,4 MPa se demonstra como limite para a discriminação dos genótipos, em relação a primeira contagem de germinação e comprimento de parte aérea das plântulas. Já o nível de potencial osmótico de -0,2MPa se demonstra como limite para a discriminação dos genótipos, em relação a massa seca de parte aérea.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, A. C. O.; THUROW, L. B.; MAXIMINO, J. V. O.; GARCIA, S.C.; MALTZAHN, L. E., OLIVEIRA, A.C. **Desempenho de genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) em condição de déficit hídrico durante a germinação.** XXVII Congresso de iniciação científica, UFPEL, Pelotas, 2018. Disponível em: [https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2018/CA\\_01164.pdf](https://cti.ufpel.edu.br/siepe/arquivos/2018/CA_01164.pdf). Acesso em: 20 junho 2020.
- ANDRADE, G. C. de; COELHO, C. M. M.; PADILHA, M. S. **Seed reserves reduction rate and reserves mobilization to the seedling explain the vigour of maize seeds.** J. Seed Sci., Londrina, v. 41, n. 4, p. 488-497, 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2317-15372019000400488&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2317-15372019000400488&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 23 de maio de 2020.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. de L. e; SCAPIM, C. A. **Teste de comprimento de plântulas sob estresse hídrico na avaliação do potencial fisiológico das sementes de milho.** Rev. bras. sementes, Londrina, v. 29, n. 2, p. 117-124, 2007. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S010131222007000200016&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010131222007000200016&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 23 de maio de 2020.
- BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G.A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MÜLLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, P. G. **Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.243-249. 2006. . Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pab/v41n2/a08v41n2.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2020.
- BERGAMASCHI, H.; MATZENAUER, R. **O milho e o clima.** 1. ed. Porto Alegre, RS: Emater-Ascar, 2014. 84p.
- BEWLEY, J.D. **Seed germination and dormancy.** The Plant Cell, Rockville, v.9, n.7, p.1055-1066, 1997.
- BONAMIGO, T. **Ecofisiologia da germinação e crescimento de mudas de *Tocoyena formosa* (Cham & Schitdl.) K. Schum (Rubiaceae).** Orientadora: Prof. Dr. Silvana de Paula Quintão Scalón. 2013. 87 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal de Grande Dourados, Dourados,2013. Disponível em: <http://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Thaliny%20Bonamigo.pdf>. Acesso em: 12 maio 2020, p. 19.
- BRACCINI, A.L.; REIS, M.S.; SEDIYAMA, C.S.; SEDIYAMA, T.; ROCHA, V.S. **Influência do potencial hídrico induzido por polietilenoglicol na qualidade fisiológica de sementes de soja.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.9, p.1451-1459, 1998. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4980>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária. –Brasília: Mapa/ACS, 399 p. 2009.

CARDOSO, V. J. M. Germinação. *In*: KERBAUY, G. B. **Fisiologia Vegetal**. Editora Guanabara Koogan. Rio de Janeiro. 2004. 492p.

CARNEIRO, J. W. P.; BRACCINI, A. L.; GUEDES, T. A.; AMARAL, D. **Influência do estresse hídrico, térmico e do condicionamento osmótico no desempenho germinativo de sementes de cenoura (*Daucus carota* L.)**. Revista Brasileira de Sementes, vol. 21, nº 2, p.208-216, 1999. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/287943126\\_Influencia\\_do\\_estresse\\_hidrico\\_termico\\_e\\_do\\_condicionamento\\_osmotico\\_no\\_desempenho\\_germinativo\\_de\\_sementes\\_de\\_cenoura\\_Daucus\\_carota\\_L](https://www.researchgate.net/publication/287943126_Influencia_do_estresse_hidrico_termico_e_do_condicionamento_osmotico_no_desempenho_germinativo_de_sementes_de_cenoura_Daucus_carota_L). Acesso em: 20 jun. 2020.

CARVALHO, N.M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 4.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000. 588 p.

CONAB. **Acomp. safra bras. grãos**, v. 6 - Safra 2018/19 - Décimo segundo levantamento, Brasília, p. 1-47, setembro, 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/safra-graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 12 abr. 2020.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Observatório Agrícola - **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos**. V.7, safra 2019/2020, n.12, oitavo levantamento, maio, 2020.

CONAB- **Acompanhamento da safra brasileira – Grãos**. v. 8 - Safra 2020/21, n.8 - Oitavo levantamento, maio 2021.

DINIZ, R.P.; VON PINHO, I.V.; PANIAGO, B.D.C.; VON PINHO, E.V.R.; SANTOS, H.O.; VON PINHO, R.G.; CALDEIRA, CM. **Qualidade fisiológica e expressão de alfa-amilase em sementes de milho produzidas em condições de estresse salino e hídrico**. Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v.17, n.1, p.37-48, 2018. Disponível em: <http://rbms.cnpms.embrapa.br/index.php/ojs/article/view/805.v17n1p37-48>. Acesso em: 25 abr. 2020.

DURÃES, F. O. M.; CHAMMA, H. M. P.; COSTA, J. D.; MAGALHÃES, P. C.; BORBA, C. S. **Índices de vigor de sementes de milho (*Zea mays* L.): Associação com emergência de campo, crescimento e rendimento de grãos**. Revista Brasileira de Sementes. Brasília, v.17, n.1, p. 13-18, 1995. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/38243/1/Indices-vigor.pdf>. Acesso em: 22 abril 2020.

FAO. **Countries by commodity. 2018**. Disponível em: [http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries\\_by\\_commodity](http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity). Acesso em: 19 jun. 2020.

FAO. Food and agriculture Organization of the United Nations. **Brasil deve se tornar o segundo maior exportador global de milho**. Escritório Regional da FAO para a América Latina e o Caribe, 2019. Disponível em: <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/pt/c/1194128/>. Acesso dia: 19 de jun. de 2020.

FARINELLI, R.; PENARIOL, F. G.; FORNASIERI, D. F. **Características agronômicas e produtividade de cultivares de milho em diferentes espaçamentos entre linhas e densidades populacionais**. Científica, Jaboticabal, v. 40, n. 1, p. 21-27, 2012. Disponível em: <http://cientifica.org.br/index.php/cientifica/article/view/325>. Acesso em: 12 abril 2020.

FERREIRA, A. C. T.; FELITO, R. A.; ROCHA, A. M. da; CARVALHO, M. A. C. de; YAMASHITA, O. M. **Estresse hídrico e salino na germinação de sementes de feijão-caupi (*Vigna unguiculata* cv. **Brs tumucumaque**)**. Revista Caatinga, v. 30, n. 4, p. 1009-1016, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/6344>. Acesso em: 19 de junho de 2020.

FILHO, J. M. **Teste de vigor de sementes: uma visão geral das perspectivas do passado, presente e futuro**. Sci. agric. (Piracicaba, Brasil), Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, agosto de 2015. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162015000400363&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162015000400363&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 19 de junho de 2020.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal, Funep, 2007, p. 576.

GAMA, G. F. V. **Déficit hídrico e silício na qualidade de sementes de trigo**. Orientador: Laércio Junio da Silva. 2018. 61 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/22556?show=full>. Acesso em: 20 junho 2020.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468p.

GRZYBOWSKI, C. R. de S.; SILVA, R. C. da; CARVALHO, T. C. de; PANOBIANCO, M.; **Efeito do potencial osmótico na interação genótipo e vigor de sementes de milho**. Applied Research & Agrotechnology, Guarapuava-PR, v.12, n.3, p.65-73, Set-Dez., 2019. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/repaa/article/view/5912/4271>. Acesso em: 10 maio 2020.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; Moura, S. da S. S.-; GALINDO, E. A.; **Teste de comprimento de plântula na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de *Amburana cearensis* (Alémão) A.C. Smith**. Semina: Ciências Agrárias, vol. 36, núm. 4, p. 2373-2381, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, Brasil, julho-agosto, 2015. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445744150002>. Acesso em: 15 junho 2020.

GUEDES, R. S. et al. **Testes de vigor na avaliação da qualidade fisiológica de sementes *Erythrina velutina* Willd. (FABACEAE - PAPILIONOIDEAE)**. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 33, n. 5, p. 1360-1365, Oct. 2009. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542009000500023&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542009000500023&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 15 abril 2021.

HARDEGREE, S. P.; EMMERICH, W. E. **Seed germination response to polyethylene glycol solution depth**. Seed Science and Technology, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1994. Disponível em: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6952>. Acesso em: 20 maio 2020.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. da C.; HAGA, K. I.; FERREIRA, J.P.; ARF, M. V. **Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico**. Scientia Agraria, Curitiba, v.11, n.2, p.125-134, 2010. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/agraria/article/view/16464>. Acesso em: 12 abr. 2020.

KOCH, F. **Respostas ecofisiológicas, enzimáticas e de produtividade de plantas de trigo provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor e expostas a restrição hídrica**. Orientador: Tiago Zanatta Aumonde. 2019. 116f. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa

de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2015. Disponível em: <http://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/4761>. Acesso em: 20 jun. 2020.

KOLCHINSKI, E. M; SCHUCH, L. O. B; PESKE, S. T. **Vigor de sementes e competição intraespecífica em soja**. *Ciência Rural*, v. 35, n. 6, p. 1248-1256, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/cr/v35n6/a04v35n6.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

KRANNER, I.; MINIBAYEVA, F. V.; BECKETT, R. P.; SEAL, C. E. **What is stress? Concepts, definitions and applications in seed science**. *New Phytologist*, v.188, n.3, p.655-673, 2010. Disponível em: <https://nph.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1469-8137.2010.03461.x>. Acesso em: 12 mai. 2020.

KRZYZANOVSKI, F. C.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes**. *Informativo Abrates*, Londrina, v. 11, n.3, p. 81-84, dez. 2001. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/105000/1/Vigor-de-sementes.pdf>. Acesso em: 12 abril 2020.

KRZYZANOWKY, F. C.; FRANÇA NETO, J. B.; HENNING, A. A. **Relato dos testes de vigor disponíveis para grandes culturas**. *Informativo ABRATES*, Londrina, v.1, n.2, p.15-50, 1991.

KWS SEMENTES. **RB9060 convencional, 2020**. Disponível em: [https://www.kws.com.br/media/download-produtos/milho/rb9060\\_2021.pdf](https://www.kws.com.br/media/download-produtos/milho/rb9060_2021.pdf). Acesso em: 20 fev. 2021.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN, M. M.; RAHMAN, I. M. M. **Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses**. *In: RAHMAN, I. M. M. Water Stress*. IntechOpen, p.1- 14. 2012. Disponível em: <https://www.intechopen.com/books/water-stress/water-stress-in-plants-causes-effects-and-responses>. Acesso em: 8 abril 2020.

MACHADO, B.Q.V.; REZENDE, G. F.; JÚNIOR, A. de S.; MUNDIM, F. de M.; HAMAWAKI, O. T.; SOUSA, L. B. de, **Germinação de Cultivares de Soja Submetidas ao Déficit Hídrico induzido por Polietilenoglicol**. *Cultura Agrônômica, Ilha solteira*, v.25, n.2, p.137-146, 2016.

MAGUIRE, J. D. **Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor**. *Crop Science, Madison*, v. 2, n. 1, jan./feb. 1962. 176-177p.

MAPA. **Instrução Normativa N° 45, De 17 de Setembro de 2013**. Publicado no DOU de 20/09/2013 (n° 183, Seção 1, pág. 6). Disponível em: [http://www.lex.com.br/legis\\_24861657\\_INSTRUCAO\\_NORMATIVA\\_N\\_45\\_DE\\_17\\_DE\\_SETEMBRO\\_DE\\_2013.aspx](http://www.lex.com.br/legis_24861657_INSTRUCAO_NORMATIVA_N_45_DE_17_DE_SETEMBRO_DE_2013.aspx). Acesso em: 08 abr. 2021

MENESES, C. H. S. G., LIMA, L. H. G. de M., LIMA, M. M. de A., PEREIRA, W. E., BRUNO, R. de L. A., VIDAL, M. S. **Potencial hídrico induzido por polietilenoglicol-6000 na viabilidade de sementes de algodão**. *Embrapa Agrobiologia-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* 19. 23p., Seropédica, 2007. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/623435>. Acesso em: 20 maio 2020.

MONDO, V. H. V. et al . **Vigor de sementes e desempenho de plantas de milho**. *Rev. bras. sementes, Londrina* , v. 34, n. 1, p. 143-155, 2012 . Disponível em: <http://www.scielo.br/>

scielo.php?script=sci\_arttext&pid=S0101-31222012000100018&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 abril 2021.

MORAES, J. V. **Morfologia e germinação de sementes** *Poecilanthe parviflora Benth* (**Fabaceae- Faboideae**). Orientador: Prof. Dr. Rinaldo César de Paula. 2007. 88 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96809/moraes\\_jv\\_me\\_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/96809/moraes_jv_me_jabo.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 15 abril 2020, p. 5.

MORAES, G. A. F. de; MENEZES, N. L. de. **Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico**. Cienc. Rural, Santa Maria , v. 33, n. 2, p. 219-226, Apr. 2003. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782003000200007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782003000200007&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 Jun. 2020.

MORAES, G. A. F. de; MENEZES, N. L. de; PASQUALLI, L. L. **Comportamento de sementes de feijão sob diferentes potenciais osmóticos**. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 35, n. 4, p. 776-780, Aug. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782005000400004&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782005000400004&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 19 Jun. 2020.

MORGAN SEMENTES. **MG300**, 2021. Disponível em: [https://morgansementes.com.br/wp-content/uploads/2020/12/Guia\\_Tecnico\\_Sementes\\_Morgan\\_2021.pdf](https://morgansementes.com.br/wp-content/uploads/2020/12/Guia_Tecnico_Sementes_Morgan_2021.pdf). Acesso em: 20 fev. 2021.

MOTERLE, L. M. et al. **Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino**. Rev. bras. sementes, Pelotas, v. 28, n. 3, p. 169-176, Dec. 2006. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222006000300024&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222006000300024&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 25 fev. 2021.

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. de L. e; RODOVALHO, M. de A.; BARRETO, R. R. **Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca**. Ciênc. agrotec. Lavras, v. 32, n. 6, p. 1810-1817, Dec. 2008. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-70542008000600020&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-70542008000600020&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 01 mai. 2020.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F. **Manejo da cultura do milho para altos rendimentos de grãos**. Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 51p. Porto Alegre: Evangraf, 2005.

NAKAGAWA, J. **Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas**. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (Ed.). Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. p.2:1- 2:21.

OLIVEIRA, E. A. de P.; ZUCARELI, C.; PRETE, C. E. C.; ZAMUNER, D. **Potencial osmótico do substrato na germinação de sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de milho doce**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 9, n. 4, p. 477-482, 2014. Disponível em: [http://www.agraria.pro.br/ojs2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria\\_v9i4a2625](http://www.agraria.pro.br/ojs2.4.6/index.php?journal=agraria&page=article&op=view&path%5B%5D=agraria_v9i4a2625). Acesso em: 22 abril 2020.

OLIVEIRA, H.; NASCIMENTO, R.; LEÃO, A. B.; CARDOSO, J. A. F.; GUIMARÃES, R. F. B. **Germinação de sementes e estabelecimento de plântulas de algodão submetidas a diferentes concentrações de NaCl e PEG 6000.** Revista Espacios, v.38, n.47, p.13, 2017. Disponível em: <http://es.revistaespacios.com/a17v38n47/a17v38n47p13.pdf>. Acesso em: 20 de Junho de 2020.

OLIVO, M. **Germinação e vigor em genótipos de trigo sob estresse salino e déficit hídrico.** Orientador: Dr. Luciano Carlos da Maia. 2013. 59 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2013.

PALHARES, M. **Distribuição e população de plantas e produtividade de grão de milho.** Orientador: Prof. Dr. Durval Dourado Neto. 2003, 90f. Agronomia (Dissertação de mestrado), ESALQ/USP, Piracicaba, 2003. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11136/tde-06012004-140506/publico/marcos.pdf>. Acesso em: 08 mai. 2020.

PERES, W.L.R. **Testes de vigor em sementes de milho.** Orientador: Prof. Dr. Nelson Moreira de Carvalho. 2010. 50 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias e Veterinárias). Jaboticabal: UNESP; 2010.

PESSINI, P. B. **Estudo dos eventos de seca meteorológica na Região Sul do Brasil.** Orientador: Dr. Pedro Luiz Borges Chaffe .2017. 87f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017. Disponível em: [http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/TCC\\_PriscilaPessini.pdf](http://www.labhidro.ufsc.br/Artigos/TCC_PriscilaPessini.pdf). Acesso em: 20 mai. 2020.

PIANA, Z.; SILVA, W.R. **Respostas de sementes de milho, com diferentes níveis de vigor, à disponibilidade hídrica.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.33, n.9, p.1525-1531, 1998. Disponível em: <http://seer.sct.embrapa.br/index.php/pab/article/view/4975/7137>. Acesso em: 10 abril 2020.

PIONEER SEMENTES. **P3016VYHR**, 2020. Disponível em: [https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/br/pt/files/880.3\\_lay\\_guia\\_milho\\_ve\\_r\\_uo\\_2020\\_07.pdf](https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/br/pt/files/880.3_lay_guia_milho_ve_r_uo_2020_07.pdf). Acesso em: 18 fev. 2021.

QUEIROGA, V. P.; BRUNO, R. L. A.; ANDRADE, M. M.; SANTOS, J. W. **Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas ao condicionamento mátrico e osmótico.** Revista Ceres, v. 58, n. 1, p. 56-61, 2011. Disponível em: <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3584/1455>. Acesso em: 20 junho 2020.

QUEIROZ, M. F.; FERNANDES, P. D.; ALMEIDA, F. A. C.; QUEIROGA, V. P. **Tolerância de cultivares de feijão ao estresse hídrico, induzido por polietileno glicol, na germinação de sementes.** IRRIGA, v. 2, n. 3, p. 115-123, 1997.

RAVEN, P.H.; EVERT, R. F. & EICHHORN, S.E. **Biologia Vegetal.** 8ª edição. Editora Guanabara Koogan, Rio de Janeiro. 2014. 876p.

RIBEIRO, U. P., PINHO, E. V. de R. V., GUIMARÃES, R. M., y VIANA, L. de S. **Determinação do potencial osmótico e do período de embebição utilizados no condicionamento fisiológico de sementes de algodão.** Ciência e agrotecnologia, v. 26, n.5, p.911-917, Lavras, 2002. Disponível em: <http://www.editora.ufla.br/index.php/component/>

phocadownload/category/49-volume-26-numero-5?download=861:vol26numero5. Acesso em: 20 de Junho de 2020.

RIVERA, Antonio Ariel Canedo. **Análise Agronômica de Sistemas de Produção de Milho**. Orientador: Prof. Dr. Renzo Garcia Von Pinho. 2006, 89f. Dissertação (Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2006.

ROSSETTO, C.A.V; NOVENBRE, A.D. da L.C; MARCOS FILHO, J.; SILVA, W.R. da & NAKAGAWA, J. **Comportamento das sementes de soja durante a fase inicial do processo de germinação**. Sci. agric., Piracicaba, v. 54, n. 1-2, p. 106-115, Jan. 1997. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90161997000100015&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90161997000100015&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 de Junho de 2020.

SÁ, M.E. **Relações entre qualidade fisiológica, disponibilidade hídrica e desempenho de sementes de soja (*Glycine max* (L) Merrill)**. Piracicaba: ESALQ, 1987. 147p. Tese de Doutorado.

SADEGHIAN, S. Y.; YAVARI, N. **Effect of Water-Deficit Stress on Germination and Early Seedling Growth in Sugar Beet**. J. Agronomy & Crop Science, Berlin, 190, 138-144, 2004. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/292335983\\_Effects\\_of\\_salt\\_and\\_drought\\_stresses\\_on\\_germination\\_and\\_seedling\\_growth\\_of\\_pea\\_Pisum\\_sativum\\_L](https://www.researchgate.net/publication/292335983_Effects_of_salt_and_drought_stresses_on_germination_and_seedling_growth_of_pea_Pisum_sativum_L). Acesso em: 12 abril 2021.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. **Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.3, p.287-294, Campina Grande, 1998. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43661998000300287&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43661998000300287&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 12 maio 2020.

SBRUSSI, C.A.G.; ZUCARELI, C.; SILVA, B.V.A.B. **Desempenho Germinativo de Milho em Resposta ao Déficit Hídrico e Vigor de Sementes**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo, Águas de Lindóia, 26 a 30 de Agosto de 2012. Disponível em: [http://www.abms.org.br/eventos\\_anteriores/cnms2012/13074.pdf](http://www.abms.org.br/eventos_anteriores/cnms2012/13074.pdf). Acesso em: 20 abril 2021.

SEMENTES AGROCERES. **AG 8690 PRO3**, 2015. Disponível em: [http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto\\_AG\\_8690.aspx](http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto_AG_8690.aspx). Acesso em: 12 fev. 2021.

SEMENTES AGROCERES. **AG 8780 PRO3**, 2015. Disponível em: [http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto.aspx?p=AG\\_8780.aspx](http://www.sementesagrocere.com.br/pages/Produto.aspx?p=AG_8780.aspx). Acesso em: 12 fev. 2021.

SEMENTES NK. **Feroz Viptera 3**, 2020. Disponível em: <https://portalsyngenta.com.br/sementes/nk-milho/feroz-viptera-3>. Acesso em: 18 fev. 2021.

SHAO, H.; CHU, L.; JALEEL, C.A.; ZHAO, C. **Water-deficit stress induced anatomical changes in higher plants**. Comptes Rendus Biologies, v.331, p.215-225, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631069108000048?via%3Dihub>. Acesso em: 08 abr. 2020.

SILVA, N. P. da. **Desempenho agrônômico e fisiológico de híbridos de milho cultivados com e sem restrição hídrica**. Orientador: Prof. Dr. Ignacio Aspiazú. 2019, 85 p. Dissertação

(Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido, Universidade Estadual de Montes Claros, Janaúba, 2019. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204421/1/Paulo-Cesar-dissertacao-Natanael.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2020.

SOUZA, G. M. e BARBOSA, A. de M. **Fatores de estresse no milho são diversos e exigem monitoramento constante.** Revista Visão Agrícola – ESALQ/USP / Nº13, p.30-30, dez. 2015. Disponível em: [https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA\\_13\\_Fisiologia-artigo3.pdf](https://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA_13_Fisiologia-artigo3.pdf). Acesso em: 02 de maio de 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858 p.

TEXEIRA, L. R.; BRACCINI, A. DE L. E; SPERANDIO, D.; SCAPIM, C. A.; SCHUSTER, I.; VIGANÓ, J. **Avaliação de cultivares de soja quanto à tolerância ao estresse hídrico em substrato contendo polietileno glicol.** Acta Scientiarum. Agronomy, v. 30, n. 2, p. 217-223, 3 abr. 2008. Disponível em: <http://periodicos.uem.br/ojs/index.php/ActaSciAgron/article/view/1731>. Acesso em: 20 jun. 2020.

TONIN, G. A.; GATTI, A.B.; CARELLI, B.P.; PEREZ, S.C.J.G.A. **Influência da temperatura de condicionamento osmótico na viabilidade e no vigor de sementes de *Pterogyne nitens* Tull.** Rev. bras. sementes, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 35-43, Dec. 2005. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0101-31222005000200006&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-31222005000200006&lng=en&nrm=iso). Acesso em: 20 jun. 2020.

VAZ DE MELO, A.; SANTOS, L. D. T.; FINOTO, E. L.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M. **Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 28, n. 5, p. 687-695, 2012. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/11669/10540>. Acesso em: 12 abr. 2020.

VIEIRA, F. C. F.; JÚNIOR, C. D. S.; NOGUEIRA, A. P. O.; DIAS, A. C. C.; HAMAWAKI, O. T.; BONETTI, A. M. **Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por peg 6000.** Bioscience Journal, Uberlândia, v. 29, n. 2, p.543-552, 2013. Disponível em: <http://www.seer.ufu.br/index.php/biosciencejournal/article/view/15085/12495>. Acesso em: 12 abr. 2020.

VILLELA, F.A.; FILHO, L.D.; SEQUEIRA, E.L. **Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.26 p.1957-1968, 1991.