

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ENGENHARIA AGRONÔMICA

JÉSSICA BRUNA RODRIGUES PEREIRA

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDOS AO ESTRESSE
HÍDRICO

SÃO LUÍS - MA

2020

JÉSSICA BRUNA RODRIGUES PEREIRA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDOS AO ESTRESSE
HÍDRICO**

Monografia apresentada ao Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Estadual do Maranhão -UEMA, para a obtenção do título de bacharel em engenharia agrônômica.

Orientador: Prof Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo

SÃO LUÍS

2020

JÉSSICA BRUNA RODRIGUES PEREIRA

**SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDOS AO ESTRESSE
HÍDRICO**

Monografia apresentada como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual do Maranhão, submetida à aprovação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Aprovada em: 07/12/2020

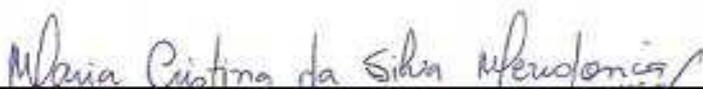
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo (Orientador)

Doutor em Agronomia (Produção Vegetal)

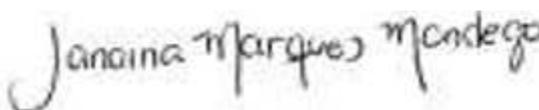
Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr^a. Maria Cristina Mendonça (1º Examinador)

Doutora em Agronomia (Agricultura Tropical)

Universidade Estadual do Maranhão



Prof. Dr^a. Janaina Marques Mondego (2º Examinador)

Doutor em Agronomia (Agricultura Tropical)

Universidade Estadual do Maranhão

Pereira, Jéssica Bruna Rodrigues.

Seleção de genótipos de semente de milho submetidos ao estresse hídrico / Jéssica Bruna Rodrigues Pereira. – São Luís, 2020.

27 f

Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Agrônômica, Universidade Estadual do Maranhão, 2020.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo.

Dedico a minha familia (*in memoriam*)

AGRADECIMENTOS

Gratidão a Deus pela vida, por ser meu condutor nessa jornada, entendendo que “tudo tem seu tempo determinado e há tempo para todo propósito debaixo do céu”. Obrigado por tudo Senhor;

A minha mãe, Maria Costa Rodrigues, por ser minha maior incentivadora em todos os meus sonhos e por me fazer acreditar que tudo é possível;

Ao meu pai, irmãos, avós, avôs, tias e tios pelas lições de vida e conselhos, fazendo com que eu nunca desistisse do meu propósito, sempre apoiando, compreendendo e torcendo pelas minhas conquistas;

Aos meus amigos da turma 2016.1, em especial a Cinthya Veras, Samantha Vieira, João Paulo Alves Lopes e Robert Filipe pela colaboração na produção deste trabalho, pela companhia e partilha de conhecimento;

Ao meu querido orientador Prof. Dr. Paulo Alexandre Fernandes Rodrigues de Melo, pelo suporte, incentivo, dedicação e orientação, eterna gratidão;

Agradeço a toda equipe do Laboratório de análise de semente – LAS, Universidade Estadual do Maranhão, todo seu corpo docente, administrativo que possibilitaram a realização desse sonho;

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação.

Muito obrigado!

“Todo pensamento com emoção, unido à fé, tende a materializar-se”

Napoleon Hill

“Nenhum obstáculo será grande se a sua vontade de vencer for maior”

Desconhecido

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA	13
2.1 Aspectos gerais da espécie.....	13
2.2 Estresse hídrico	14
2.3 Vigor	14
3. MATERIAIS E METODOS.....	16
3.1 Obtenção das sementes	16
3.2 Teor de água.....	17
3.3 Obtenção dos potenciais osmóticos	17
3.4 Teste de germinação	17
3.5. Primeira contagem de germinação	17
3.6 Índice de velocidade de germinação (IVG)	17
4. RESULTADOS E DISCURSÃO.....	17
5. CONCLUSÕES	19
REFERENCIAS.....	21

SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE SEMENTES DE MILHO SUBMETIDOS AO ESTRESSE HÍDRICO

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.), é o cereal mais cultivado no mundo, estando o Brasil ocupando terceiro lugar entre os maiores produtores. No Maranhão a realidade dos produtores é caracterizada pelo uso de variedades rústicas e ausência de tecnologia no sistema de produção de milho. Por isso, em sua produção apresenta uma queda, devido a fatores inerentes à cultura, tanto do ponto de vista de solo e clima. Assim, para que o agricultor obtenha sucesso no cultivo do milho, se faz necessário o uso de sementes de boa qualidade e adaptadas às variações climáticas para proporcionar melhores índices de produtividade. Objetivou-se neste estudo, avaliar o potencial fisiológico com intuito de classificar lotes de sementes de milho tolerantes ao estresse hídrico e com alto vigor. O experimento foi conduzido no laboratório de análise de sementes da Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, utilizando três lotes de sementes de milho crioulo semeadas em substratos com potenciais osmóticos de 0,0; -0,2; -0,4; -0,6 e -0,8 Mpa. Foram avaliados o teor de água, teste de germinação, primeira contagem e índice de velocidade de germinação, dessa forma o potencial fisiológico das sementes de milho crioulo roxo, amarelo e branco, mostraram-se sensíveis ao déficit hídrico induzido por PEG 6000 a partir do potencial osmótico -0.4 Mpa;

Palavras chaves: Germinação, sementes crioulas, vigor.

SELECTION OF CORN SEED GENOTYPES SUBMITTED TO WATER STRESS

ABSTRACT

Corn (*Zeamaysssp.*), Is the most cultivated cereal in the world, with China and the USA being the largest producer and Brazil occupying third place among the largest exporters. Although it is highly susceptible to water stress, about 59% of Brazilian corn is grown in our ecosystem. In Maranhão, the reality of producers is characterized by the use of rustic varieties and the absence of technology in the production system. Therefore, in its production it presents a drop, due to factors inherent to the culture, both from the point of view of soil and climate. Thus, for the farmer to be successful in the cultivation of corn, it is necessary to use seeds of good quality and adapted to climatic variations to provide better productivity indexes. The objective of this study was to evaluate the physiological potential in terms of classifying lots corn seeds tolerant to water stress and with high vigor. The experiment was carried out in the seed analysis laboratory of the State University of Maranhão - UEMA. 3 lots of corn seeds were sown on substrates with osmotic potentials of 0.0; -0.2; -0.4;-0.6 and -0,8Mpa. The water content, germination test, first count and germination speed index were evaluated.

Key words: corn, water stress, seed vigor.

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1** - Germinação (G%) de sementes de milho (*Zea mays* L.) submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000. São Luís - MA, 2020.....17
- TABELA 2** - Primeira contagem de germinação de sementes de milho (*Zea mays* L.), submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000. São Luís - MA, 2020.....18
- TABELA 3** - Índice de velocidade de germinação de sementes de milho de terras altas (*Zea mays* L.), submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de PEG 6000. São Luís - MA, 2020.....19

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Z.mays L*) pertencente à classe das monocotiledôneas, família Poaceae, classificada botanicamente como cariopse, sendo dividida em três partes: o pericarpo, o endosperma e o embrião. Cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar até 85%, em países desenvolvidos. Em termos gerais, apenas 15% de toda a produção mundial destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta. O teor de proteína normalmente encontrado no grão está na faixa de 9 a 11%. Além de apresentar baixo teor, a qualidade da proteína é inferior a dos demais cereais, já que maior parte é constituída pela zeína, que são utilizadas na fabricação de fibras para várias aplicações, no encapsulamento de sementes e ainda na fabricação de embalagens biodegradáveis (LAWTON,2004).

Apesar de relevante, existem poucos estudos científicos sobre tecnologia de sementes de milho principalmente quanto ao seu potencial de cultivo em áreas com restrição hídrica. Diante desta perspectiva, é relevante a obtenção de informações a respeito da fisiologia da germinação de suas sementes, principalmente, devido às alterações climáticas, visto que o milho é cultivado em regiões cuja precipitação varia de 300 a 5.000 mm anuais, sendo que a quantidade de água consumida por uma planta de milho durante o seu ciclo está em torno de 600 mm (ALDRICH et al., 1982). O desenvolvimento de estudos sobre plantas tolerantes ao estresse hídrico pode ser uma solução para as problemáticas enfrentados por veraneios no Estado do Maranhão, visto que as questões pluviométricas interferem diretamente no crescimento inicial do milho (GUIMARÃES; STONE e SILVA,2016). O uso de sementes de boa qualidade é requisito essencial para o sucesso no estabelecimento dos cultivos e na obtenção de elevados rendimentos. A qualidade das sementes é determinada pela interação entre atributos fisiológicos, sanitários, genéticos e físicos, os quais interferem diretamente no potencial de desempenho em campo e durante o armazenamento (MARCOS FILHO, 1999).

Situação de escassez de água, durante um determinado período do ano, pode comprometer a germinação das sementes de espécies agricultáveis e/ou estabelecimento de mudas e sua sobrevivência (MARTINS; PEREIRA; LOPES, 2014; ZHANG et al. 2019). A germinação rápida e uniforme e o estabelecimento do estande constituído por plântulas vigorosas representam condições essenciais para assegurar o desempenho adequado das plantas no campo. Este fator pode afetar a uniformidade do desenvolvimento, o rendimento final da cultura e a qualidade do produto produzido (MARCOS FILHO,2015).

Uma das técnicas utilizadas em laboratório para simular condições de estresse hídrico tem sido o uso de soluções aquosas com diferentes potenciais osmóticos (HARDEGREE e EMMERICH 1994), que podem provocar atraso na germinação e/ou no crescimento de plântulas. Diversos

compostos químicos têm sido utilizados na simulação de estresse abióticos, dentre eles o Polietilenoglicol (PEG 6000), agente osmótico sem efeito adverso para as sementes e, que tem proporcionado restrição hídrica às sementes, dependendo da concentração, simulando a seca (VILLELA; DONI FILHO; SIQUEIRA, 1991; ZHANG et al., 2012).

Diante do exposto, para que o agricultor obtenha sucesso no cultivo *Z. mays*, se faz necessário o uso de sementes de boa qualidade e adaptadas às variações climáticas para proporcionar melhores índices de produtividade. Assim, o objetivo deste estudo, será avaliar o potencial fisiológico em função de classificar genótipos de sementes crioulas de milho tolerantes ao estresse hídrico e com alto vigor.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1 Aspectos gerais do milho (*Zea mays L*)

Utilizado há milênios desde as civilizações astecas, inca e maia, sendo atribuído algumas denominações, como abati, auati e avati, o milho apresenta evidências históricas que sobre sua possível origem ser mexicana, entre meados de 7500 a 12000 A.C. Através da ciência, foram possíveis as obtenções de espécies “crioulas”, que são materiais importantes para o melhoramento, pois seu elevado potencial de adaptação contribui no seu comportamento em condições ambientais específicas (PATERNIANI et al., 2000), sendo estas espécies de sementes cultivadas pelos produtores das comunidades maranhenses. E por constituírem fonte de variabilidade genética que podem ser exploradas na busca por genes tolerantes ou resistentes aos fatores bióticos e abióticos (ARAÚJO, 2011). Dessa forma, alternativas de produção de milho crioulos visam garantir soberania alimentar desses povos, especialmente quando nos reportamos à agricultura familiar e pequenos agricultores, normalmente descapitalizados e com baixo potencial tecnológico.

O milho é um dos cereais mais cultivados e produzidos no mundo, devido a grande capacidade de adaptação às diferentes condições ambientais e ao valor nutricional, sendo destinado tanto para a base alimentar humana e animal, geração de renda, principalmente pela produção de grãos, manutenção da história, cultura e costumes das comunidades (COSER, 2010). Possuindo um grande posicionamento no mercado, com um alto potencial de produção e cultivo, devido a técnicas modernizadas, capaz de gerar mais de 600 milhões de toneladas de grãos anualmente. O milho é uma das espécies com maior investimento em tecnologia e geralmente as cultivares são selecionadas por responder a alta tecnologia que aplicada na cultura (EICHOLZ et al., 2016). No entanto, para o agricultor familiar nem sempre é possível fornecer toda essa tecnologia para atingir altos potenciais de rendimento.

Estando no quarto lugar de produtores do nordeste, o Maranhão contendo mais de 217 municípios, no quais os principais produtores se encontram em Balsas, Tasso Fragoso, São Raimundo

das Mangabeiras, Carolina e Riachão. Com mais de 600mil hectares de terras cultivadas, que mesmo diante das irregularidades das chuvas, consegue expor bons níveis de produção, porém como a agricultura familiar faz o uso contínuo de sementes crioulas não adaptadas a situações edafoclimáticas enfrentadas no nosso Estado, esses resultados de níveis de produção poderiam ser mais expressivos.

2.2 Estresse hídrico

O estresse hídrico é definido como a falta de água acessível à planta, resultando em modificações químicas, fisiológicas e bioquímicas da planta e de suas sementes e ocorre quando a evapotranspiração real é menor do que a evapotranspiração máxima da cultura (BORRMANN, 2009; FARIAS, 2011). O estresse hídrico nas plantas, causa ainda redução na abertura de estômatos, diminuição na absorção de CO₂, redução na taxa fotossintética, reflexos negativos sobre o vigor e altura da planta, diminuição na fertilidade do grão de pólen e redução na produtividade (TERRA et al.,2013).

A deficiência hídrica proporcionada pelos veranicos pode desencadear uma série de problemas metabólicos e fisiológicos, como aumento da temperatura interna da planta e deficiências nutricionais, acarretando perdas na produtividade (WU, GUAN e SHI, 2011). Além disso, o estresse hídrico constitui-se em processos complexos, geralmente interligados, influenciando até mesmo o desempenho das sementes, diminuindo a velocidade e a porcentagem de germinação. Contudo, existe para cada espécie, um valor de potencial hídrico no solo, abaixo do qual a germinação não ocorre (LOPES e MACEDO,2008).

Além disso, a escolha de genótipos estáveis e adaptados às condições edafoclimáticas proporcionam incrementos no rendimento da cultura do milho. As cultivares apresentam diferenças na eficiência e demanda hídrica, sendo distintos na resposta fisiológica a estresses abióticos e o melhoramento genético visa desenvolver materiais mais tolerantes à deficiência hídrica, portanto é importante conhecer a fisiologia e as respostas destes materiais no ambiente (MACHADO, 2011).

O polietilenoglicol (PEG 6000) vem sendo utilizado com sucesso em estudos para simular os efeitos do déficit hídrico em espécies, uma vez que é quimicamente inerte e atóxico para as sementes. Além de não penetrar no tegumento das sementes devido ao elevado tamanho de suas moléculas, proporcionando a embebição lenta e controlada das sementes (VILLELA; DONI FILHO; SIQUEIRA, 1991). No estudo do potencial fisiológico de sementes, o conhecimento sobre como o estresse influencia na avaliação dos limites de tolerância e a capacidade de adaptação das espécies, pois os fatores abióticos interferem na germinação de sementes (LARCHER,2006)

2.3 Vigor

Avaliar a qualidade de um lote de semente em termos de predizer com que sucesso ele

estabelecerá uma população vigorosa de plântulas sob uma variável condição ambiental, a nível de campo, é importante para atingir eficiência na agricultura moderna (ARTHUR e TONKIN, 1991). Contudo, o vigor das sementes não pode ser caracterizado como um único processo fisiológico definido como germinação, sua definição é tão complexa que apenas pode ser razoavelmente compreendida no âmbito de um conceito (McDONALD, 1993). A primeira tentativa de enunciar uma definição foi a de considerar o vigor das sementes como uma soma total dos atributos, que possibilitam o estabelecimento de plântulas em condições desfavoráveis (ISELY, 1957). De acordo com Cruz et al. (2009), o rendimento da cultura do milho está relacionado com a genética da semente, as condições climáticas do local de semeadura, o manejo e, o nível de tecnologia empregado, sendo o potencial genético responsável por 50% do rendimento final. Dessa forma, a escolha correta dos materiais genéticos disponíveis é um aspecto fundamental para o estabelecimento de um sistema de produção mais eficiente. Enfatizando inicialmente apenas nas vantagens sobre os testes de germinação e no que diz respeito à identificação de lotes de sementes capazes de atingir uma velocidade e uniformidade germinativa e estabelecimento de plântulas em condições ambientais desfavoráveis (SHARF, 1953).

O conceito efetivado pela Associação internacional de testes de sementes retratou o vigor das sementes como a soma daquelas propriedades que determinam o nível potencial de atividade e desempenho de uma semente ou de um lote de sementes durante a germinação da plântula numa ampla faixa de condições ambientais e, ainda um lote de sementes vigorosas é aquele que é potencialmente capaz de se desenvolver bem em condições ambientais que não são ideais para a espécie.

Os testes de vigor são úteis nos programas de produção de sementes para a avaliação do potencial fisiológico de diferentes lotes, permitindo diferenciá-los com base no potencial de germinação e emergência das plântulas e no grau de deterioração porque a redução no vigor precede a perda de viabilidade (MARCOS FILHO, 1999; 2015; MARTINS et al. 2014). Portanto, estes muitos testes de vigor são utilizados em conjunto com o teste de germinação e seus resultados constituem ferramenta fundamental para prever o rendimento produtivo no campo (CUSTÓDIO, 2005). Os testes de vigor devem detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas para a comercialização. Podem ser classificados como físicos, fisiológicos, bioquímicos e de resistência ao estresse, cujos testes físicos avaliam características morfológicas ou físicas das sementes que possam estar associadas ao vigor, tais como tamanho, densidade e coloração das sementes (MARCOS FILHO, 2015).

Os testes bioquímicos avaliam alterações no metabolismo relacionadas com o vigor de sementes, entre estes estão os testes de tetrazólio e condutividade elétrica, os testes de resistência

ao estresse analisam o comportamento de sementes quando expostas a condições ambientais desfavoráveis, com destaque para os testes de frio, envelhecimento acelerado, deterioração controlada, germinação a baixa temperatura e submersão em água (KRZYZANOWSKI; VIEIRA; FRANÇA NETO, 1999; MARCOS FILHO, 2005).

Enquanto testes fisiológicos baseiam-se em atividades fisiológicas específicas que tenham sua manifestação dependente do vigor, como a primeira contagem e índice de velocidade de germinação, comprimento da plântula, peso da massa seca da plântula, sendo essas avaliações realizadas em condições laboratoriais (MARTINS et al. 2014).

Alguns testes de vigor podem ser realizados conjuntamente com o de germinação, a exemplo da primeira contagem de plântulas realizada para facilitar a condução do teste de germinação, uma vez a velocidade da germinação é uma das características a serem afetadas no processo de deterioração das sementes (MARCOS FILHO, 2015b). Conduzido junto com o teste de germinação, o teste de primeira contagem de germinação se baseia no princípio de que as amostras com maiores porcentagens de plântulas normais na primeira contagem, estabelecidas pelas Regras para Análises de Sementes - RAS (BRASIL, 2009), para cada cultura serão as mais vigorosas. Este teste é interessante para avaliação do vigor de sementes, levando em consideração sua praticidade e tempo de execução (TUNES; TAVARES e BARROS, 2012).

As diferenças entre plântulas são, na maioria das vezes, bastante visíveis, todavia há necessidade de valores numéricos para separar aquelas mais vigorosas. Para isso, a determinação do comprimento médio das plântulas normais ou partes destas é realizada, tendo em vista que as amostras que apresentam os maiores valores médios são as mais vigorosas. (NAKAGAWA, 1999).

3. MATERIAIS E METODOS

3.1 Obtenção das sementes

No trabalho foram avaliadas as variedades de milho crioulo roxo, amarelo e branco, provenientes do banco germoplasma do Laboratório de sementes da Universidade Estadual do Maranhão - UEMA e colhidos na safra 19/20 em Presidente Dutra-MA (5° 17' 24" S 44° 29' 24" O). O clima do município é classificado como clima tropical com estação seca de inverno, com temperatura média em qualquer mês do ano superior a 18 °C. O inverno é seco, com precipitação média inferior a 60 mm em pelo menos em um dos meses desta estação. Com precipitação média anual de 1632 mm e temperatura média anual é 27 °C (Fonte: Labmet-Nugeo).

No laboratório as sementes estavam acondicionadas em sacos tipo Kraft multifoliado e conservadas em câmara fria a 10 ± 2 °C, durante o período de março a agosto de 2020, para a realização dos seguintes testes e determinações:

3.2 Teor de água - O teor de água foi determinado pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas (BRASIL 2009), utilizando-se quatro repetições de 50 sementes/lote.

3.3 Obtenção dos potenciais osmóticos - O estresse hídrico foi simulado utilizando-se polietilenoglicol (PEG 6000) como soluto, nas seguintes concentrações: 127.78; 188.16 e 234.63 g L⁻¹ de PEG 6000, diluídos em água destilada e deionizada. Os potenciais osmóticos foram confirmados por meio da condutividade elétrica das soluções: -0.2; -0.4; -0.6 e -0,8 MPa, utilizando medidor digital de condutividade. Para o tratamento controle, água destilada e deionizada foi utilizada para umedecer o substrato (VILLELA;DON FILHO e SIQUEIRA, 1991).

3.4 Teste de germinação - Utilizaram-se quatro repetições de 50 sementes, distribuídas em duas toalhas de papel Germitest®, cobertas com uma terceira folha e organizadas em forma de rolo. O substrato foi umedecido com água destilada e deionizada ou soluções de PEG 6000, usando quantidade equivalente a 2.5 vezes a massa do papel antes da hidratação. Os rolos foram colocados em sacos plásticos transparentes de 0.04 mm de espessura para reduzir as perdas de água por evaporação.

Os tratamentos foram avaliados pela germinação das sementes, conduzida em câmaras reguladas a 30 ± 3 °C em fotoperíodo de 12horas/luz e 12 horas/escuro. As avaliações foram realizadas por contagem diária do 4° ao 7° dia após a instalação dos testes, considerando-se como germinadas as plântulas normais (BRASIL 2009), com resultados expressos em porcentagens.

3.5 Primeira contagem de germinação – Foi efetuada conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as plântulas normais no 4° dia após instalação do teste (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

3.6 Índice de velocidade de germinação (IVG) - O teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, onde foram efetuadas contagens em diárias das sementes germinadas 4° ao 7° dias após a semeadura, computando-se o número de plântulas germinadas por dia e aplicando-se a fórmula proposta por Maguire, (1962).

4. RESULTADOS E DISCURSÃO

O teor de água das sementes de milho variou entre 7 e 9% (valores não apresentados nas tabelas), sendo considerado uniforme porque a variação máxima foi de 1%, cuja similaridade de valores de teores de água é primordial para que os testes de avaliação do potencial fisiológico não

sejam afetados por diferenças na atividade metabólica devido às diferenças nos teores de água das sementes (ARAÚJO et al., 2011; COIMBRA et al., 2009; OLIVEIRA et al., 2014; TUNES, TAVARES e BARROS, 2012).

Para a maioria dos lotes de sementes avaliados, observou-se que houve decréscimo na germinação à medida que o potencial osmótico diminuiu, principalmente a partir de -0.2 Mpa, neste ponto, houve acentuada queda na germinação até -0.8Mpa. Sendo que a maior porcentagem de germinação de 96% foi associada às sementes de milho “roxo”, quando submetidas a água deionizada (Tabela 1). Adicionalmente, o teste de germinação, possibilitou a separação dos lotes em três classes, quanto à viabilidade das sementes germinadas em água deionizada: lote de alta (“roxo”) e média (“amarelo”) e baixa qualidade fisiológica (“branco”).

A germinação das sementes de todos os lotes utilizados nesta pesquisa é superior ou igual a 80% e poderiam ser comercializados como sementes, uma vez que atendem aos padrões oficiais de sementes de milho (BRASIL, 2015). Estes parâmetros são importantes, pois diferenças no comportamento de lotes com germinação semelhante estão associadas ao fato de que os primeiros sinais da deterioração ocorrem antes da perda da viabilidade (MARCOS FILHO, 2015a).

TABELA 1. Germinação (G%) de sementes de milho, submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de Polietilenglicol – PEG6000. São Luís - MA, 2020.

Milho	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
Roxo	96 aA	60 aB	10 aC	0aD	0aD
Amarelo	92 bA	20 bB	8bC	0aD	0aD
Branco	86 cA	12 cB	6cC	0aD	0aD
CV (%) = 8.72					

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = -0.6 Mpa; T4 = -0.8 Mpa.

De modo similar, a primeira contagem de germinação manteve a ordem decrescente de classificação dos lotes quanto ao potencial fisiológico, para as plântulas germinadas no quinto dia após a sementeira das sementes, quando submetidas ao tratamento controle de 0.0 Mpa (Tabela 2). No entanto, independente do lote de milho avaliado houve uma redução acentuada na uniformidade de germinação a partir do potencial osmótico de -0.2 Mpa (Tabela 2).

Para cada espécie existe um valor de potencial hídrico externo abaixo do qual a germinação não ocorre. A habilidade de uma semente germinar sob amplo limite de condições pode ser a manifestação de seu vigor (FANTI; PEREZ, 1998). Por isso, os testes de vigor devem ser usados para

detectar diferenças no potencial fisiológico de lotes de sementes com poder germinativo semelhante e compatível com as exigências mínimas pela legislação imposta pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA (MARCOS FILHO, 2015a). Além disso, estes estudos são importantes em sementes crioulas de milho, pois, pode-se prever o desempenho destes lotes de sementes em áreas degradadas.

TABELA 2. Primeira contagem de germinação (%) de sementes de milho submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de Polietilenoglicol - PEG6000. São Luís - MA, 2020.

Milho	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
Roxo	96 aA	0bB	0aC	0aC	0aC
Amarelo	92 bA	0bB	0aC	0aC	0aC
Branco	80 cA	5Ab	0aC	0aC	0aC
CV (%) = 9.10					

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = -0.6 Mpa; T4 = -0.8 Mpa.

Semelhante aos resultados da primeira contagem de germinação o índice de velocidade de germinação (IVG) dos genótipos de sementes de milho foi afetado pelo aumento do estresse hídrico das soluções de PEG 6000, evidenciando seu efeito na velocidade de germinação (Tabela 3). Por outro lado, o IVG foi sensível para expressar a qualidade das sementes germinadas a 0.0 Mpa, porque separou os lotes em três classes de vigor: lotes de alto (“roxo”) e médio (“amarelo”) baixo vigor (“branco”). No entanto, o potencial fisiológico de todos os lotes de sementes de milho crioulo, manteve valores decrescentes do IVG, com diminuição na velocidade de germinação a partir do potencial osmótico de -0.2 Mpa. Observando-se, houve inibição significativa para valores do IVG, quando as sementes foram submetidas ao aumento dos potenciais osmóticos, para todos os lotes avaliados, para os potenciais entre -0.4 a -0.8 Mpa (Tabela 3).

Na presente pesquisa, evidenciou-se que o lote de sementes de milho “roxo”, apresenta moderada tolerância ao estresse hídrico induzido pelo PEG 6000. Principalmente, porque a velocidade de germinação é considerada a primeira variável de vigor afetada pela redução da disponibilidade de água (ZHANG et al., 2010). Sementes tolerantes à restrição hídrica podem ter implicações ecofisiológicas (FAROOQ et al. 2017), pois são sementes capazes de responder efetivamente as mudanças ambientais e alterar sua fisiologia de germinação tendo maior probabilidade de sobreviver, estabelece-se e produzir (IBRAHIM, et al., 2016; JHA et al., 2019).

TABELA 3. Índice de velocidade de germinação (IVG) de sementes de milho submetidas a tratamentos com diferentes concentrações de Polietilenoglicol - PEG6000. São Luís - MA, 2020.

Milho	Tratamentos				
	T0	T1	T2	T3	T4
Roxo	10.85 aA	3.96 aB	0aC	0aC	0aC
Amarelo	4.44 bA	1.44 bB	0aC	0aC	0aC
Branco	2.66 cA	1.26 bB	0aC	0aC	0aC
CV (%) = 10.06					

*Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si ao nível de 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

T0 = tratamento controle, água destilada e deionizada; T1 = - 0.2 Mpa; T2 = - 0.4 Mpa; T3 = -0.6 Mpa; T4 = -0.8 Mpa.

A resistência à seca é um fenômeno complexo que compreende vários processos físico-bioquímicos nos níveis celulares em diferentes estágios de desenvolvimento da planta. Inclui a fuga da seca através de um ciclo de vida curto ou plasticidade de desenvolvimento, prevenção de seca através da captação de água aumentada e perda de água reduzida, tolerância à seca via ajuste osmótico, capacidade antioxidante e tolerância à dessecação (YUE et al., 2006; GUIMARÃES et al., 2013).

Além do estresse hídrico afetar a embebição, a velocidade e a porcentagem de germinação, o primeiro efeito mensurável da baixa disponibilidade de água é uma redução no crescimento, ocasionada pela diminuição da expansão celular. O processo de alongamento celular e a síntese de parede celular são sensíveis ao estresse hídrico, por isso, a redução do crescimento seria causada por decréscimo da turgescência dessas células, exercendo efeito negativo principalmente na fase inicial da expansão celular e posterior emergência das plântulas no campo (GUIMARÃES et al., 2016).

Há um conceito que está se tornando cada vez mais claro: culturas agrícolas devem se adaptar a estresses abióticos, como a “seca” e sementes de milho crioulo tolerantes, são viáveis em sistemas de rotação de culturas. Alguns mecanismos morfofisiológicos podem estar relacionados com a tolerância à deficiência hídrica, como o uso moderado de água pela plântula e habilidade das raízes explorarem camadas mais profundas do substrato (DEMIRAL e TURKAN, 2005; CASTRO et al., 2011), mais estudos devem ser realizados.

5. CONCLUSÕES

O potencial fisiológico das sementes de milho crioulo roxo, amarelo e branco, são sensíveis ao déficit hídrico induzido por PEG 6000 a partir do potencial osmótico -0.4 Mpa;

Os testes de germinação, primeira contagem de germinação e índice de velocidade de germinação são eficientes na avaliação do potencial fisiológico de lotes de sementes de milho crioulo, fornecendo informações suficientes para a classificação dos lotes quanto ao nível de vigor;

Os genótipos de milho respondem de maneira diferenciada ao estresse hídrico, sendo o lote 1 com sementes de milho roxo é o mais tolerante a restrição hídrica.

REFERENCIAS

- ABREU, V. M. D. **Seleção indireta para tolerância a seca em milho por meio de características agronômicas e de sementes.** Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 96 p. 2013.
- ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. Modern corn production.2.ed. Champaign: A & L Publication, 1982. 371 p.
- ARAÚJO, R. F.; et al. Teste de condutividade elétrica para sementes de pinhão-mansó (*Jatropha curcas*L.). **Idesia**, v.29, n.2, p.79-86, 2011.
- ARTHUR, T. J.; TONKIN, J. H. B. Testando o vigor da semente. **Informativo ABRATES**, v. 1, n. 3, p. 38-41, 1991.
- BALDO, M. N. **Comportamento Anatômico, Fisiológico e Agrônômico do Milho (*Zea mays* L.) Submetido a Estresses de Ambiente em Diferentes Estádios Fenológicos.** Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ. Piracicaba, SP. 92 p. 2007.
- AZAMBUJA, I. H. V. et al. Aspectos socioeconômicos da produção do milho. In: GOMES, A. S.; MAGALHÃES Jr, A. M. Milho irrigado no Sul do Brasil. Brasília: **Embrapa**, p.23-44, 2004.
- BERNIER, J.; et al. The large-effect drought-resistance QTL qtl12.1 increases water uptake in upland rice. **Field Crops Research**, v. 110, p. 139-146, 2009.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. Seeds: physiology of development and germination. 2th ed. **New York: Plenum Press**, p. 445, 1994.
- BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabolitos incolores.**2009. 107f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.
- BRACCINI, A. L.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SEDI YAMA, 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.
- BRASIL. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA/ACS, 2009, 395p.
- BRASIL. **Padrões para produção e comercialização de sementes de milho.** Brasília: MAPA, Instrução Normativa Nº 45, n. 183, 2015, 6p.
- CÂMARA, T. M. M. Mapeamento de QTLs de caracteres relacionados à tolerância ao estresse hídrico em milho tropical., 2006. 177 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- CÂMARA, T. M. M.; BENTO, D. A. V.; ALVES, G. F.; SANTOS, M. F.; MOREIRA, J. U. V.; SOUZA, C. L. Jr. Parâmetros genéticos de caracteres relacionados a tolerância a deficiência hídrica em milho tropical. *Bragantia*, Campinas, v. 66, n. 4, p. 595-603, 2007.

CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2012. 590p

CARVALHO, I. R.; et al. Demanda hídrica das culturas de interesse agrônômico. **Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer**, v.9, n.17; p.969-985, 2013.

CENTRITTO, M.; et al. Leaf gas exchange, carbon isotope discrimination, and grain yield in contrasting rice genotypes subjected to water deficits during the reproductive stage. **Journal of Experimental Botany**, v. 60, n. 8, p. 2325-2339, 2009.

COIMBRA, R. A.; et al. Testes de vigor utilizados na avaliação da qualidade fisiológica de sementes de milho-doce. **Ciência Rural**, Santa Maria, RS, v. 39, n. 9, p. 2402-2408, 2009.

CONAB.COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: -Safra 2019/20 Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>>. Acesso em: 05 abr. 2020.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da Safra brasileira de grãos**: - Safra 2019/20 v.6, n. 5: Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2019. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/graos>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

COSER, E. **Avaliação da incidência de pragas e moléstias na cultura do milho (Zea mays L.) crioulo e convencional no município de Xaxim – SC**. Chapecó. 2010. Monografia (Graduação) – Universidade Comunitária da Região de Chapecó, UNOCHAPECÓ, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C.; et al. Yield of upland rice genotypes in rainfed and sprinkler-irrigated systems in the Cerrado region of Brazil. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, v.46, n. 3, p.1515-1520, 2006.

CUSTÓDIO, C. C. Testes rápidos para avaliação do vigor de sementes: uma revisão. **Colloquium Agrariae**, v. 1, n. 1, p. 29-41, 2005.

DEMIRAL, T.; TURKAN, I. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v. 53, p. 247-257, 2005.

DUARTE, J. O.; GARCIA, J. C.; MIRANDA, R. A. **Cultivo do Milho: Economia da produção. Sistema de Produção**. Embrapa milho e Sorgo (CNPMS), 7ª edição, set. 2011.

FANCELLI, A. L. **Tecnologia da produção de milho**. Piracicaba: Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP/LPV 1999.

FANCELLI, A. L. **Milho: ambiente e produtividade**. In: FANCELLI, A.L; DOURADO NETO, D. (Ed.). Milho: estratégias de manejo para alta produtividade. Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, p. 174-197. 2003.

EICHOLZ, E. D. et al. **Produtividade de variedades de milho de polinização aberta no RS**. In: **XXXI CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**. Anais... Bento Gonçalves, p. 1436 – 1439, 2016.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D. Gerenciamento da cultura de milho. Piracicaba: LPV; ESALQ, Departamento de Produção Vegetal, 1999.

FANTI, S. C.; PEREZ, S. C. J. G. A. Efeitos do estresse hídrico e térmico no processo germinativo de sementes de *Andenantha pavonina* L. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 1, p. 167-177, 1998.

FARIAS, J. R. B. Limitações climáticas à obtenção de rendimentos máximos de soja. In.: CONGRESO DE LA SOJA DEL MERCOSUR, 5., 2011, Rosario, Argentina. Anais... Rosário: Asociación de la Cadena de la Soja Argentina, 2011. p. 4.

FERREIRA, C. M.; et al. **Qualidade do milho no Brasil: Evolução e padronização**. Santo Antônio de Goiás, GO: **Embrapa Milho e Feijão**, 2005.

GONÇALVES, S. L.; LYNCH, J. P. Raízes de plantas anuais: tolerância a estresses ambientais, eficiência na absorção de nutrientes e métodos para seleção de genótipos. Embrapa Soja. Londrina, PR, Doc. 357, 67 p. 2014.

GUEDES, R. S.; et al. Germinação e vigor de sementes de *Apeibatibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 1, p. 4553, 2013.

GUIMARÃES, C. M.; et al. Sistemas de cultivo. In.: SANTOS, A.B. dos; STONE, L.F.; VIEIRA, N.R. de A. **A Cultura do Milho no Brasil**. 2. ed. rev. ampl., Santo Antônio de Goiás: Embrapa Milho e Feijão, p. 257-288, 2006.

GUIMARÃES, C. M.; et al. Tolerância dos genótipos de milho ao déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 8, p. 805-810, 2013.

GUIMARÃES, C. M.; STONE, L. F.; SILVA, A. C. L. Evapotranspiração e rendimento de grãos de milho afetados pelo déficit hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 441-446, 2016.

GUIMARÃES, P. S.; BERNINI, C. S.; SILVA, A. L. B. O.; RIBEIRO, R. B.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z. **Efeito do Déficit Hídrico em Híbridos Simples de Milho Submetidos à Seca em Três Estádios Fenológicos da Cultura**. XXIX Congresso Nacional de Milho e Sorgo - Águas de Lindóia - 26 a 30 de agosto de 2012

HARDEGREE, S. P.; EMMERICH, W. E. Seed germination in response to polyethylene glycol solution. **Seed Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 1-7, 1994.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F. Efeito da deficiência hídrica no desenvolvimento e rendimento de quarto cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, n. 2, p. 134-139, 2009.

HEINEMANN, A. B.; STONE, L. F.; FAGERIA, N. K. Resposta da taxa de transpiração ao déficit hídrico nas fases vegetativa e reprodutiva de cultivares de milho de terras altas. **Scientia Agrícola**, v.68, n.1, p. 24-30, 2011.

IBRAHIM, E. A. et al. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, n. 2, p. 38-46, 2016.

IRRI. INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. Annual Report, 2012. Disponível em: <http://irri.org/index.php?option=com_k2&view=item&id=12066%3Aachance-in-the-wild&lang=en>. Acesso em: 02 mar, 2020.

ISTA.INTERNACIONAL SEED TESTING ASSOCIATION. Seed vigour testing. **International Rules for Seed Testing**. Zurich: ISTA, 2014.

ISELY, D. Vigor tests. **Proceedings of association of official seed analysts**. v. 47, n. 1, p. 176-182, 1957.

JHA, U. C. et al. Salinity stress response and 'omics' approaches for improving salinity stress tolerance in major grain legumes. **Plant Cell Reports**, v. 38, n. 3, p. 255-277, 2019.

KHUSH, G. S. What it will take to feed 5.0 billion rice consumers in 2030. **Plant Molecular Biology**, v. 59, n. 2, p.1-6, 2005.

KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: Abrantes, p. 1-21, 1999.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal, traduzido por: Prado, C. H. B. A.** (Ed.). São Carlos, Rima, p. 531, 2006.

LOPES, J. C.; MACEDO, C. M. P. Germinação de sementes de couve chinesa sob influência do teor de água, substrato e estresse salino. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 3, p. 79-85, 2008.

LORENÇONI, R.; NETO, D. D.; HEINEMANN, A. B. Calibração e avaliação do modelo Zeamays L para o milho no Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 4, p. 605-613, 2010.

MACHADO, E. C. Trocas gasosas e relações hídricas em dois cultivares de milho sequeiro, submetidos a deficiência hídrica, em diferentes fases do crescimento vegetativo. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 8, n. 2, p. 139-147, 1996.

MAGALHÃES JUNIOR, A. M.; et al. Aspectos Genéticos, Morfológicos e de Desenvolvimento de Plantas de Milho Irrigado. In: Milho Irrigado no Sul do Brasil. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, DF, ed.21, p.143-159, 2004.

MAGALHÃES, P. C. DURÃES, F. O. M. Fisiologia da produção do milho. Sete Lagoas: Embrapa, Milho e Sorgo, (Circular Técnica, 76), 10 p. 2006.

MAGALHAES, P. C.; ALBUQUERQUE, P. E. P.; KARAM, D.; CANTAO, F. D. O. Caracterização de plantas de milho sob estresse hídrico. Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica 116, 6 p. 2009

MAGUIRE, J. D. Speed of germination: aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Teste de vigor: importância e utilização. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceito e testes. Londrina: ABRATES, p.1-21, 1999.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: FEALQ, 2005, 495p.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. **Scientia Agricola**, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015b.

- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Londrina: ABRATES, 2015, 659p a.
- MARTINS, A. B. N.; et al. Analysis of seed quality: a nonstop evolving activity. **African Journal of Agricultural Research**, v. 9, n. 49, p. 3549-3554, 2014.
- MARTINS, C. C.; PEREIRA, M. R. R.; LOPES, M.T.G. Germination of eucalyptus seeds under water and salt stress. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 318-329, 2014.
- McDONALD, M. B. The history of seed vigour testing. **Journal of Seed Technology**, v. 17, n. 2, p. 93-100, 1993.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: Abrates, Cap. 2, p. 1-24, 1999.
- OLIVEIRA, A. K. M.; et al. Germinação de sementes de paineira-do-campo (*Eriothecagrácilipes* (K. Schum.) A. Robyns) em diferentes temperaturas. **Científica**, v. 42, n. 4, p. 316-324, 2014.
- PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; GUIMARÃES, P. D. S.; BERNINI, C. S.; GALLO, P. B. Caracteres Secundários Relacionados a Tolerância a Seca em Progênes de Irmãos Germanos Interpopulacionais de Milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 14, n 1, p. 130-144, 2015.
- PAYERO, J. O.; MELVIN, S. R.; IRMAK, S.; TARKALSON, D. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. *Agricultural Water Management*, Orlando, v. 84, p. 101-112, 2006.
- PIANA, Z. Resposta de sementes de milho com diferentes níveis de vigor, à disponibilidade hídrica. 1994. 107f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994
- RANGEL, P. H. N. Desenvolvimento de cultivares de milho irrigado para o Estado do Tocantins. *Lavoura Milhoeira*, v. 48, p. 11- 13, 1995.
- SAGRIMA. 1º Boletim do perfil da agricultura maranhense. Maranhão, p. 18, 2016.
- SAITO, K.;et al. Progress in varietal improvement for increasing upland rice productivity in the tropics. **Plant Production Science**, v. 21, n. 3, p. 145-158, 2018.
- SENA, D. V. A.; ALVES, E. U.; MEDEIROS, D. S. **Vigor de sementes de milho cv. 'Sertanejo' por testes baseados no desempenho de plântulas**. *Ciência Rural*, v. 45, n. 11, p. 1910-1916, 2015.
- SHAO, H. B.; et al. Water-deficit stress-induced anatomical changes in higher plants. **Comptes Rendus Biologies**, v. 331, n. 4,p. 215-225, 2008.
- SHARF, A. F. Correlation of germination data of corn and soybean seed lots under laboratory, greenhouse, and filed conditions. **Proceedings of the Association of Seed Analysts**, v. 43, n. 4, p. 127-130, 1953.
- SHIOGA; P. S.; GERAGE; A. C. Influência da época de plantio no desempenho do milho safrinha no estado do Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 9, n. 3, p. 236-253, 2010.

SILVA, R. C.; GRZYBOWSKI, C. R. S.; PANOBIANCO, M. Vigor de sementes de milho: influência no desenvolvimento de plântulas em condições de estresse salino. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 3, p. 491-499, 2016.

SIMONI, F.; et al. Sementes de *Sorghum bicolor* L. -Gramineae, submetidas ao estresse hídrico simulado com PEG (6000). *Revista de Biologia e Ciência da Terra*, v. 11, n. 1, p. 188-192, 2011.

SOUZA, G. M.; CARDOSO, V. J. M. Effects of different environmental stress on seed germination. *Seed Science and Technology*, v.28, n.3, p. 621-630, 2000.

SOUZA, L. C. D. DE.; YAMASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C. Qualidade de sementes de milho utilizadas no norte de Mato Grosso. *Revista Brasileira de Sementes*, v. 29, n.2, p.223-228, 2007.

STEFANELLO, R. et al. Efeito da luz, temperatura e estresse hídrico no potencial fisiológico de sementes de funcho. *Revista Brasileira de Sementes*, v.28, n.2, p.135-141, 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 918 p. 2013.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. Concepts and technologies of selected seed treatments. *Annual Review Phytopathology*, v.28, n. 3, p.321-339, 1990.

TERRA, T. G. R. **Avaliação de Características Morfofisiológicas de Tolerância a Seca em uma Coleção Nuclear de Acessos de milho (*Zeamays*L).** 2008. Dissertação (Programa de pós-graduação Produção Vegetal) Universidade Federal do Tocantins, Gurupi 2008.

TERRA, T. G. R.; et al. Tolerância de linhagens de milho de terras altas à seca. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v.43, n.2, p.201-208, 2013.

TUNES, L. M.; TAVARES, L. C.; BARROS, A. C. S. A. Envelhecimento acelerado como teste de vigor para sementes de milho. *Revista de Ciências Agrárias*, v.35 n.1, p. 120-127, 2012.

VIEIRA, N. R. A.; RABELO, R. R. Qualidade tecnológica. In: SANTOS, A. B.; STONE, L. F.; VIEIRA, N. R. A. **A cultura do milho no Brasil**. 2. ed. Santo Antônio da Goiás: Embrapa Milho e Feijão, cap. 23. p. 869-900, 2006.

VILLELA, F. A.; DON FILHO, L.; SIQUEIRA, E. L. Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 26, n. 11/12, p. 1957-1968, 1991.

WANG, X.; et al. Identification of candidate genes for drought stress tolerance in rice by the integration of a genetic (QTL) map With the rice genome physical map. *Journal of Zhejiang University Science*, v. 6, n. 5, p. 382-388, 2005.

WOODSTOCK, L. W. Seed vigor. *Seed World*, v. 97, n. 3, p. 6, 1965.

WU, N.; GUAN, Y.; SHI, Y. Effect of water stress on physiological traits and yield in rice backcross lines after anthesis. *Energy Procedia*, v. 5, n. 5, p. 255-260, 2011.

YUE, B.; et al. Genetic basis of drought resistance at reproductive stage in rice: separation of drought tolerance from drought avoidance. *Genetics*, v.172, n. 4, p.1213-1228, 2006.

ZHANG, H. et al. The effects of salinity and osmotic stress on barley germination rate: sodium as an osmotic regulator. **Annals of Botany**, v. 106, n. 6, p. 1027-1035, 2010.

ZHANG, H. et al. Influence of salinity and temperature on seed germination rate and the hydrotime model parameters for the halophyte, *Chloris virgata*, and the glycophyte, *Digitariasanguinalis*. **South African Journal of Botany**, v. 78, n. 4, p. 203-210, 2012.

ZHANG, W. et al. Ecosystem structural changes controlled by altered rainfall climatology in tropical savannas. **Nature Communications**, v. 10, n. 671, p.1-7, 2019.