

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**NITRATOS NO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM
SEMENTES DE MILHO SOB ESTRESSES ABIÓTICOS**

Acadêmico: Caio César Burin

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

Cassilândia – MS

Fevereiro/2018

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**NITRATOS NO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM
SEMENTES DE MILHO SOB ESTRESSES ABIÓTICOS**

Acadêmico: Caio César Burin

Orientador: Prof. Dr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

Dissertação apresentada à Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade Universitária de Cassilândia, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia - Sustentabilidade na Agricultura.

Cassilândia – MS

Fevereiro/2018

B972n Burin, Caio César

Nitratos no condicionamento fisiológico em sementes de milho sob estresses abióticos / Caio Cesar Burin. Cassilândia, MS:

UEMS, 2018.

ix, 51 p.; 30cm

Dissertação (Mestrado) – Agronomia – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, 2018.

Orientador: Prof. Dr. Flávio Ferreira da Silva Binotti.

1. *Priming* 2. *Zea mays* L. 3. Nitrato de Cálcio 4. Nitrato de Potássio I. Título.

CDD 23.ed. 553.64



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MATO GROSSO DO SUL
UNIDADE UNIVERSITÁRIA DE CASSILÂNDIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SUSTENTABILIDADE NA AGRICULTURA-
PGAC



“NITRATOS NO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM
SEMENTES DE MILHO SOB ESTRESSES ABIÓTICOS”

Acadêmico(a): Caio César Burin

Orientador(a): Flavio Ferreira da Silva Binotti

APROVADO: 28/02/2018

Flavio Ferreira da Silva Binotti
Orientador(a)

Edilson Costa

Eliana Duarte Cardoso

EPÍGRAFE

"Eu imagino Deus como a fonte de toda a energia que criou e que mantém o equilíbrio do universo. Vejo Deus na flor, e na abelha que suga o néctar da flor para produzir o mel, no pássaro que devora a abelha, no homem que devora o pássaro e no verme que devora o homem. Eu vejo Deus em cada estrela no céu, nas minhas noites nas pousadas, nos olhos tristes de cada boi, ruminando na invernada.

Só não consigo ver Deus no homem que devora o homem, e por isso acho que ainda tenho muito que aprender nesses caminhos da vida..."

Benedito Ruy Barbosa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente à Deus, que me deu força e sabedoria, que me abençoou e iluminou todos os dias nesta caminhada. Dedico à Nossa Senhora Aparecida, por ser minha intercessora, mãe sagrada que me socorreu nas horas de aflição e angústia. Dedico esta, bem como todas as minhas demais conquistas, aos meus amados pais José Wilson Burin e Adriane Grasiete Muller Burin, que sempre me deram apoio, carinho e amor, vocês foram e sempre serão minha inspiração, exemplo de humildade e força de vontade, sem vocês não teria chego até aqui, amo vocês eternamente!

Aos meus irmãos, Cassiana Burin e Caique Cesar Burin, e a minha noiva Verônica Isabela, por me dar apoio incondicional nesta jornada.

Amo todos vocês!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, por ter concebido a oportunidade de concluir mais esta etapa, onde em todos os dias desta caminhada me presenteou com saúde, paciência e inspiração. Obrigado Senhor!

Agradeço aos meus pais, José Wilson Burin e Adriane Grasiete Muller Burin, por serem essenciais na minha formação acadêmica e pessoal, me apoiando nas horas mais difíceis desta trajetória, me estendendo a mão quando me sentia no chão.

Obrigado pelos conselhos, carinho, atenção e compreensão. Vocês são a luz do meu caminho, minha direção, meu orgulho; o maior presente que Deus me deu.

Obrigado por tudo, por estarem sempre ao meu lado.

Pai e Mãe, Amo vocês!

Aos meus irmãos, Cassiana Burin e Caique Cesar Burin, que sempre me acolheram com um abraço e um sorriso a cada vez que retornava para casa, obrigado por suas orações, apoio, e por serem parte de minha vida. Amo vocês!

A minha noiva Verônica Isabela Ferreira pelo apoio, conselhos, carinho e principalmente por estar ao meu lado nas horas mais difíceis desta etapa, sem você tudo seria mais difícil.

Te amo!

Ao professor Dr. Flávio Ferreira da Silva Binotti, pela paciência, dedicação e incentivo; obrigado por me transmitir parte do seu conhecimento durante esses sete anos como orientador, sua orientação foi um ponto crucial para a conclusão deste trabalho e de todos os outros que realizamos juntos. Hoje posso dizer que o senhor, além de professor é um grande amigo, nunca irei esquecer o que fez por mim. Foi uma honra ter sido orientado pelo senhor, obrigado hoje e sempre!

A professora Dra. Eliana Duarte Cardoso pelos conselhos, ensinamentos, dedicação e preocupação, a senhora foi muito importante nesta caminhada, muito obrigado!

Agradeço a todos da minha turma de mestrado, em especial o aluno Fernando Lourenço Santana, pela amizade e companheirismo desde a graduação. Para sempre amigos!

Agradeço a CAPES, pela oportunidade e apoio financeiro, que foi de grande importância para a conclusão deste trabalho.

Agradeço aos professores, aos membros da banca e a todos que, mesmo não estando citados aqui, tanto contribuíram para a conclusão desta etapa.

Muito obrigado!

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VII
LISTA DE FIGURAS	IX
RESUMO GERAL	1
ABSTRACT	2
CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
1.1 Aspectos gerais da cultura do milho	3
1.2 Estresses abióticos no desempenho de sementes	6
1.2.1 Estresse hídrico	6
1.2.2 Estresse salino	7
1.2.3 Estresse térmico	8
1.2.4 Estresse por hipóxia	11
1.3 Condicionamento fisiológico de sementes	11
1.4 Referências Bibliográficas	16
CAPÍTULO 2 – NITRATOS NO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES DE MILHO SOB ESTRESSES ABIÓTICOS	24
RESUMO	24
ABSTRACT	25
2.1 Introdução	26
2.2 Material e Métodos	28
2.3 Resultados e discussão	32
2.4 Conclusões	45
2.5 Agradecimentos	46
2.6 Referências Bibliográficas	46
APÊNDICES	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Qualidade fisiológica inicial das sementes de milho. Cassilândia (MS), 2017..	28
Tabela 2. Qualidade fisiológica inicial das sementes de milho. Cassilândia (MS), 2017..	29
Tabela 3. Germinação e índice de velocidade de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	34
Tabela 4. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	34
Tabela 5. Germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método entre papéis. Cassilândia (MS), 2017.....	35
Tabela 6. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método entre papéis. Cassilândia (MS), 2017.	35
Tabela 7. Desdobramento da interação significativa do índice de velocidade de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método entre papéis. Cassilândia (MS), 2017.	36
Tabela 8. Primeira contagem de germinação, geminação total e índice de velocidade de germinação em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.	37
Tabela 9. Germinação sob baixa temperatura em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	38
Tabela 10. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação sob baixa temperatura em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	38
Tabela 11. Desdobramento da interação significativa do índice de velocidade de germinação sob baixa temperatura em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	38

Tabela 12. Germinação e índice de velocidade de germinação sob condições de hipóxia em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	39
Tabela 13. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação sob condições de hipóxia em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	40
Tabela 15. Índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	41
Tabela 16. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação sob estresse hídrico em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	42
Tabela 17. Desdobramento da interação significativa da germinação total sob estresse hídrico em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	42
Tabela 18. Emergência total, comprimento de parte aérea, raiz e total de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	43
Tabela 19. Fitomassa seca da parte aérea, raiz e total de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	43
Tabela 20. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de emergência de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	44
Tabela 21. Desdobramento da interação significativa do índice de velocidade de emergência de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.....	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de absorção de água pelas sementes do método de condicionamento entre papéis (A), e imersão direta (B). Cassilândia (MS), 2017.....	33
--	----

RESUMO GERAL

O milho destaca-se dentre as espécies cultivadas no país, e em seu cultivo, a etapa da semeadura carece de atenção por ser ponto de partida para altas produtividades. Nessa etapa diversos fatores podem comprometer o processo germinativo e a formação de um estande adequado, tais como: estresse hídrico, térmico, salino e hipóxia. Sendo assim, técnicas como o condicionamento fisiológico podem minimizar esses fatores, promovendo maior rapidez e uniformidade de germinação. O projeto foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes e na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, na Unidade Universitária de Cassilândia, no ano de 2017, e foi dividido em duas etapas (etapa A e B). Etapa A: o objetivo foi evidenciar o melhor método e período de condicionamento fisiológico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x6 para hidratação entre papéis e 3x8 para imersão direta, sendo constituído de lotes de sementes de milho e períodos de hidratação. O método entre papéis consistiu na hidratação das sementes utilizando três folhas de papel do tipo “Germitest”, umedecidas com três vezes a massa dos papéis secos, e imersão direta, onde a hidratação das sementes foi realizada deixando-as totalmente submersas em água, ambos os métodos realizados na temperatura de 25°C. Etapa B: o objetivo foi avaliar diferentes agentes químicos através do método e período hidratação escolhido da etapa A, no condicionamento fisiológico para a superação de estresses durante o período de germinação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo constituído de dois lotes de sementes que foram submetidas ao condicionamento fisiológico por imersão direta, sob temperatura constante de 25°C, pelo período de 18 horas, e diferentes agentes químicos utilizados no condicionamento fisiológico - controle, água, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KNO}_3$. O condicionamento fisiológico de sementes através da imersão direta, no período de 18 horas evidenciou ser benéfico para superação do estresse a abiótico por baixa temperatura durante o processo germinativo, além de propiciar maior velocidade de emergência.

Palavras-chave: *Priming*; *Zea mays* L.; Nitrato de Cálcio; Nitrato de Potássio.

NITRATES ON PRIMING IN CORN SEEDS UNDER ABYOTIC STRESSES

Academic: Caio Cesar Burin

Advisor: Prof. Dr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

ABSTRACT

Corn stands out among the species cultivated in the country, and in its cultivation, the sowing stage needs attention as a starting point for high yields. At this stage, several factors can compromise the germination process and the formation of a suitable stand, such as: water, thermal, saline and hypoxia stress. Thus, techniques such as physiological conditioning can minimize these factors, promoting greater speed and uniformity of germination. The project was carried out in the Seed Analysis Laboratory and in the experimental area of the State University of Mato Grosso do Sul, at the University Unit of Cassilândia, in the year 2017, and was divided into two stages (step A and B). Step A: the objective was to evidence the best method and period of physiological conditioning. The experimental design was completely randomized in a 3x6 factorial scheme for hydration between papers and 3x8 for direct immersion, consisting of lots of corn seeds and periods of hydration. The method between papers consisted of the hydration of the seeds using three "Germitest" paper sheets, moistened with three times the mass of the dry papers, and direct immersion, where the hydration of the seeds was done leaving them totally submerged in water, both methods performed at a temperature of 25 ° C. Step B: the objective was to evaluate different chemical agents through the method and hydration period chosen from step A, in the physiological conditioning for the overcoming of stresses during the period of germination. The experimental design was completely randomized in a 2x5 factorial scheme, consisting of two seed lots that were submitted to physiological conditioning by direct immersion, under a constant temperature of 25°C, for a period of 18 hours, and different chemical agents used in the physiological conditioning - control, water, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KNO}_3$. The physiological conditioning of seeds through direct immersion in the 18 - hour period proved to be beneficial to overcome the abiotic stress due to low temperature during the germination process, in addition to providing a higher emergence speed.

Keywords: *Priming*; *Zea mays L.*; Calcium nitrate; Potassium nitrate.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1 Aspectos gerais da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais importantes no mundo devido a fatores relacionados a produção e características referentes ao grão produzido (composição química e valor nutritivo), tornando-se uma alternativa viável, possibilitando maior retorno de capital por área plantada, principalmente para pequenos produtores (GRIGULO et al., 2011). Entre os cereais de importância econômica, o milho é o que apresenta maior potencial de produção de biomassa. Segundo Sangoi e Silva (2012), a partir de uma cariopse, que tem peso aproximado de 300 mg, em um período aproximado de 3 meses, se produz uma planta que alcança entre 2 e 3 metros de estatura e é capaz de produzir entre 500 e 1000 grãos equivalentes ao que lhe originou. É uma planta fotossinteticamente eficiente (C4) e devido suas características botânicas e morfológicas, a cultura do milho pode adaptar-se a diversos ambientes; o ciclo dos diversos cultivares, nas condições em que o milho é explorado no Brasil, varia entre 105 a 180 dias (semeadura a colheita) (VON PINHO et al., 2015).

A utilização do milho é ampla, desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O cereal pode ser utilizado na produção de alimentos básicos, como fubás, farinhas, canjicas e óleos; sendo fonte de energia, proteína, gordura e fibras; sua composição (em base seca) é de aproximadamente 72% de amido, 9,5% proteínas, 9% fibra e 4% de óleo. Utilizado, também, na produção de subprodutos por grandes indústrias de áreas diversas, como: química, farmacêutica, de bebidas e de combustível (REGITANO-D'ARCE et al., 2015). De acordo com Sologuren (2015), o milho pode ser empregado em produtos mais elaborados, como xarope de glucose (utilizado na produção de balas, gomas de mascar, doces em pasta etc.), maltodextrinas (destinadas à produção de aromas e essências, sopas desidratadas, produtos achocolatados e outros) e corantes caramelo (para produção de refrigerantes, cervejas, molho etc.);

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, sendo sua produção na safra 17/18 estimada em torno de 95 milhões de toneladas, distribuídas entre primeira e segunda safras, ficando atrás apenas dos EUA (362 milhões de toneladas) e China (215 milhões de toneladas) (USDA, 2017). Os estados de Rio Grande do Sul, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina são responsáveis por mais de 60% da produção no Brasil. No Mato Grosso do Sul a área cultivada na atual safra é de aproximadamente 15 mil hectares, sendo

esta inferior a safra passada devido aos preços baixos da *commoditie* no mercado (CONAB, 2018).

A produção de milho compreende duas épocas de semeadura: a safra normal (primeira safra) e a safrinha (segunda safra). A semeadura de verão, ou primeira safra, que é realizada durante o período chuvoso, que compreende entre os meses de agosto, na região Sul, até os meses de novembro, no Sudeste e no Centro-Oeste; e a segunda safra ou safrinha que se refere ao cultivo de milho plantado em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce, predominantemente na região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo. Nas regiões quentes do país, o milho irrigado é cultivado, o que contribui para maior variação na data de semeadura (HAMADA et al, 2017).

O cultivo de verão é considerado a época ideal para a semeadura do milho, pois, os fatores climáticos presentes neste período contribuem para um maior crescimento e desenvolvimento da cultura. Segundo Emygdio et al. (2013) o período preferencial para a semeadura é aquele que faz coincidir com boa disponibilidade de radiação solar, com os dias mais longos do ano, quando não há limitação hídrica, sendo que esta coincidência normalmente ocorre com a semeadura do milho no mês de outubro. Em relação ao milho safrinha, o desempenho produtivo é primariamente dependente da época de semeadura, que deve ser realizada logo após a colheita da cultura do verão para maior aproveitamento do período de chuvas, pois quanto mais tardia for, menor será o potencial produtivo e maior o risco de produção, havendo limitações de fotoperíodo e precipitação pluvial durante o ciclo da cultura. (DUARTE et al., 2011).

Por isso, conhecer as etapas de desenvolvimento da planta, sabendo que existe etapas mais sensíveis a determinado fator climático, pode facilitar o manejo da cultura do milho; essas etapas no desenvolvimento são conhecidas como estádios fenológicos. As transformações que ocorrem nos processos de crescimento e de desenvolvimento das plantas como a germinação, brotação, florescimento, espigamento, maturação e os seus conhecimentos ajudam a melhorar a descrição do ciclo da cultura. As aplicações da fenologia seriam para se determinar os períodos críticos das culturas à deficiência hídrica, auxiliar nos períodos em que há maior demanda de necessidade de água, na elaboração dos zoneamentos agrícolas, para épocas de melhor aplicação de fertilizantes, para a classificação de cultivares quanto à precocidade e manejo de pragas (BERGAMASCHI et al., 2006).

Diversas escalas fenológicas foram desenvolvidas para a cultura do milho, dentre elas se destacam a proposta por Fancelli (1986), e a proposta por Ritchie et al. (1993), sendo esta última uma das mais utilizadas atualmente no Brasil. Na escala proposta por Fancelli (1986), o ciclo da cultura do milho é dividida em 11 estádios distintos de desenvolvimento: iniciando com o estágio V0 ou 0, onde ocorre a germinação e emergência de plântulas; estágio V4 ou 1 equivalente a planta com quatro folhas totalmente desdobradas; estágio V8 ou 2, representado pela planta com oito folhas; estágio V12 ou 3 caracterizado por plantas com 12 folhas; estágio Vt ou 4, quando ocorre o aparecimento do pendão; estágio R1 ou 5, identificado pelo florescimento e polinização; estágio R2 ou 6, quando os grãos se tornam leitosos; estágio R3 ou 7, identificado pela presença de grãos pastosos; estágio R4 ou 8, surgimento dos grãos farináceos e início da formação de dentes; estágio R5 ou 9, caracterizado pelos grãos duros e estágio R6 ou 10, quando os grãos se tornam fisiologicamente maduros.

A avaliação da ontogenia da planta de milho empregada pela escala de Ritchie (1993), subdivide o crescimento e desenvolvimento da planta também em estádios vegetativos e reprodutivos, porém os estádios vegetativos (V) variam de 1 a n, atingindo até a quantidade de folhas completamente expandidas, até o início da fase reprodutiva; as duas exceções na fase vegetativa são os estádios VE e VT, caracterizado pela emergência da cultura e o início do pendoamento, respectivamente. A fase reprodutiva, indicada pela letra R é associada a um número, que varia de 1 a 6 (R1 – espigamento; R2 – grãos em forma de bolha; R3 – grãos leitosos; R4 – grão pastoso; R5 – estágio de formação do dente e de grãos farináceo-duro; R6 – maturação fisiológica)

O desenvolvimento da cultura pode ser afetado por dois fatores principais: a precipitação e a temperatura; essas especificidades podem ser cruciais para o milho. De acordo com Cruz et al. (2018), temperaturas do solo inferiores a 10 °C e superiores a 40 °C podem ocasionar problemas na germinação; e de 25 a 30°C como temperaturas ideais do solo, favorecendo a germinação da semente e uma rápida emergência de plântula, resultando em um maior desempenho no desenvolvimento inicial da cultura. No caso da floração da planta, temperaturas menores que 15,5 °C retardam o desenvolvimento. Portanto, verões com temperaturas médias diárias inferiores a 19 °C e durante a noite menores que 12,8 °C não são recomendados para a produção do milho. Os mesmos autores relatam que ao quanto ao regime pluviométrico, o milho pode ser cultivado em regiões

onde as chuvas apresentam valores desde 250 até 5000 mm anuais, e a média de consumo da planta durante seu ciclo fica entre 600mm.

Sendo assim, o período da sementeira é um dos momentos decisivos para o sucesso da cultura, pois fatores abióticos podem inibir ou prolongar a germinação das sementes no estande, devido ao estresse sofrido pelas mesmas; de fato, a ativação do processo germinativo da semente depende diretamente da disponibilidade de água (VAZ-DE-MELO et al., 2012), temperatura (SBRUSSI; ZUCARELI, 2014) e presença de sais no solo (MORTELE et al., 2006), de forma que a alteração de algum desses fatores influenciará o estabelecimento do estande desejado.

1.2 Estresses abióticos no desempenho de sementes

O estresse abiótico, em geral, pode ser definido como um fator externo que exerce influência negativa sobre a planta e este conceito está intimamente associado com o de tolerância ao estresse, que é a capacidade da planta frente a condições e ambientes desfavoráveis (COLMAN et al., 2014). Estresses abióticos, como temperaturas inadequada e seca, podem reduzir significativamente os rendimentos das lavouras e restringir o cultivo em regiões onde espécies comercialmente importantes podem ser cultivadas (VAZ-DE-MELO et al., 2012), além do estresse salino nas regiões de novas fronteiras agrícolas.

1.2.1 Estresse hídrico

De maneira geral, todas as culturas estão sujeitas a sofrer com o estresse abiótico, desde a sementeira até o momento da colheita. Dentre os estresses ao qual as sementes estão sujeitas após a sementeira e/ou durante a germinação, a falta limitante de água é um dos de maior influência.

O estresse hídrico é ainda mais crítico quando ocorre no início do processo germinativo, isto é, na embebição, pois de acordo com Medeiros et al. (2015) este inviabiliza a sequência de eventos que ocorrem durante a absorção de água nas sementes. A absorção de água resulta na reidratação dos tecidos, com consequente aumento na taxa de respiração e de todas as demais atividades metabólicas, culminando no fornecimento de energia e de nutrientes necessários para a retomada do crescimento por parte do eixo embrionário (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012).

Segundo Garcia et al. (2012), o estresse hídrico, logo após a sementeira, é um dos fatores abióticos que mais influência no processo germinativo, interferindo diretamente nas

atividades enzimáticas da planta. A redução da atividade enzimática pode ser um dos principais fatores que contribui para baixa germinação de sementes submetidas ao estresse hídrico, resultando em menor desenvolvimento meristemático (POPINIGIS, 1985).

Sementes que passam pelo estresse hídrico normalmente tem sua porcentagem e velocidade de germinação diminuída, predispondo, tanto a semente quanto a plântula a uma menor resistência a condições ambientais adversas, além do maior tempo de exposição ao ataque de patógenos (KAPPES et al., 2010). Os mesmos autores ao estudarem o comportamento de sementes de milho submetidas ao estresse hídrico induzido por manitol, constataram que ocorre redução do desempenho de sementes e plântulas a medida que o potencial osmótico se torna mais negativo e que há comportamento diferenciado quanto a tolerância ao estresse hídrico entre os híbridos de milho avaliados. Este último, indica que a tolerância ao estresse está associada as características intrínsecas de cada genótipo.

No estudo de Moterle et al. (2008) as sementes de híbridos de milho-pipoca apresentaram sensibilidade ao estresse hídrico, induzido por polietileno glicol (PEG) -0,3 MPa, durante a germinação e principalmente no desenvolvimento das plântulas, concomitante a exposição da redução do potencial osmótico no substrato. Os autores constataram ainda que a queda do potencial fisiológico das sementes ocasionado pelo estresse hídrico não tem relação com a qualidade inicial das sementes. Isto é, sementes de maior qualidade estão sujeitas a redução de sua qualidade quando expostas a condição de estresse hídrico da mesma forma que uma semente de qualidade inferior. Além disso, o grau de tolerância ao estresse vai depender de cada híbrido.

Além de afetar negativamente a germinação e o desenvolvimento de plântulas o estresse hídrico severo pode vir a inibir o desenvolvimento das plântulas completamente. Foi o que constataram Teixeira et al. (2011) para sementes de crambe submetidas a potenciais osmóticos inferiores a -0,6 MPa, em estudo de estresse induzido por PEG.

1.2.2 Estresse salino

Outro fator limitante a germinação é a salinidade, que dificulta a cinética de absorção de água, além de facilitar a entrada de íons em quantidade tóxica nas sementes (BRACCINI et al., 1996). A salinidade, tanto dos solos como das águas, é uma das principais causas da queda de rendimento das culturas em regiões áridas e semiáridas, uma

vez que limita a germinação, desenvolvimento de plântulas e sobrevivência das mesmas (PEREIRA et al., 2012).

Essa afirmação é confirmada por Taiz e Zeiger (2009), onde os mesmos relatam que o estresse salino, não só prejudica as plantas pela diminuição da disponibilidade hídrica, como também existe a probabilidade de toxidez iônica pelo acúmulo de íons nas células (como Na e Cl), desequilíbrio nutricional ou inativação fisiológica de íons essenciais.

Diante o estresse salino, a cultura do milho, por exemplo, se comporta como moderadamente tolerante, entretanto a elevação da concentração de sais na solução pode causar decréscimos no crescimento de plântulas, na área foliar e na massa seca de plântulas (CONUS et al., 2009). Segundo Silveira et al. (2010), o estresse salino pode causar danos nas células por induzir a morte celular atribuído à diversos fatores, tais como a peroxidação de lipídios da membrana celular, à oxidação de proteínas, à inibição de enzimas, e danos no DNA e RNA, induzidos pelas espécies reativas de oxigênio.

Em laboratório, os estudos com estresse salino utilizam sais como NaCl, CaCl₂ e MgCl₂, entre outros, com a finalidade de identificar o comportamento das espécies e genótipos quanto a tolerância a este estresse. As pesquisas com estresse salino e hídrico, em sua maioria, são realizadas em conjuntos. O potencial osmótico de -0,80 MPa induzido por MgCl₂ e por PEG 6000 impediu a germinação e a expressão do vigor das sementes de soja (MORAES; MENEZES, 2003).

Carvalho et al. (2012) estudando o estresse salino em genótipos convencional e RR de sementes de soja, constataram que a medida que o potencial osmótico propiciado pelo NaCl diminui, a germinação de ambos os genótipos é afetada negativamente e que as plântulas do genótipo RR são mais sensíveis ao estresse salino.

Pereira et al. (2012) ao estudarem o estresse hídrico, induzido por PEG, e salino, induzido por NaCl, verificaram que ambos os estresses afetam o desempenho das sementes *Urochloa decumbens* e *Urochloa ruziziensis*, sendo a condição de estresse hídrico mais crítica em relação a salinidade. Neste estudo as sementes de *U. decumbens* demonstraram ser mais tolerantes aos estresses.

1.2.3 Estresse térmico

Os processos fisiológicos e bioquímicos nas sementes podem ser também influenciados por variações extremas de temperaturas, afetando diretamente no

crescimento inicial das culturas (MARINI et al., 2012). Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), existe uma amplitude de temperatura, variando de acordo com a espécie, onde a germinação das sementes pode ocorrer, sendo definidas as temperaturas máximas e mínimas, acima e abaixo das quais a germinação não ocorre; para as sementes de milho, temperaturas acima de 35 °C são prejudiciais para germinação (MARCOS FILHO, 2015).

Sementes expostas a valores críticos de temperatura, por um período de tempo considerável, estão sujeitas a danos irreversíveis, podendo ter o crescimento e desenvolvimento afetado, caracterizando assim o estresse térmico (SOUZA et al., 2011). Ribeiro et al. (2012) observaram em sementes de trigo, que os primeiros reflexos do estresse térmico podem ser observados na fase de germinação e emergência das plântulas. Segundo Cruz (2010), mesmo após o processo germinativo, a temperatura continua a atuar no processo de crescimento e desenvolvimento, em especial, na aceleração das reações de conversão das reservas do endosperma em energia para o crescimento da plântula.

A temperatura apresenta influência sobre a velocidade, porcentagem de germinação e emergência, afetando as reações bioquímicas que determinam o processo germinativo e para cada espécie e/ou cultivar existe uma faixa de temperatura ideal para germinação e emergência ideal (VAZ-DE-MELO et al., 2012). Os mesmos autores estudando estresse em sementes de milho-pipoca verificaram que além de afetadas pelo estresse hídrico as sementes de milho-pipoca apresentam baixa germinação e desenvolvimento de plântulas nas temperaturas de 20 e 35 °C. Em casos extremos, desvios na temperatura ideal podem provocar até a morte prematura das plântulas (SOUZA et al., 2011).

Culturas de verão, como o milho, apresentam grande sensibilidade a baixas temperaturas, conseqüentemente, o processo germinativo e o estabelecimento do estande de plântulas no campo podem ser afetados por temperaturas inferiores, estando diretamente relacionados com a qualidade fisiológica da semente. Diante dessa situação, alguns processos podem ser dificultados, principalmente na reorganização das membranas celulares durante a embebição, tornando o processo mais lento, principalmente em lotes menos vigorosos (CARVALHO et al., 2009) e diretamente na estrutura de proteínas e lipídeos que participam de reações químicas durante a germinação (OLIVEIRA et al., 2011).

A temperatura controla a velocidade de embebição de água pela semente, assim, esse processo, pode resultar em diferentes efeitos, tanto estrutural quanto bioquímico.

Quando a semente é submetida a temperaturas abaixo da ótima recomendada para germinação, é observado que o processo de embebição se tornam mais lento (ZUCARELI et al., 2011), podendo dificultar a reorganização das membranas celulares (CARVALHO et al., 2009). De acordo com Bradbeer (1988), sob temperatura baixa, pode ocorrer a embebição da semente, porém sem crescimento do embrião, podendo ainda causar danos tanto ao embrião quanto às plântulas pela baixa temperatura, impedindo a conclusão da germinação. Da mesma forma, altas temperaturas podem permitir a embebição, mas não permitem o crescimento do embrião ou o estabelecimento da plântula. Segundo Bello et al. (2008) a inibição da germinação a temperaturas baixas é reversível, enquanto que por temperaturas elevadas os danos causados a membrana celular são irreversíveis.

Os efeitos das altas temperaturas nas sementes são descritos por vários autores. CHINNUSAMY et al. (2010) observam que temperaturas elevadas, causam danos celulares severos, resultando, muitas vezes, em morte celular; tal resultado é explicado devido a elevação da temperatura resultar na agregação e desnaturação proteica, aumentando consideravelmente a fluidez da membrana celular. O aumento da temperatura torna a água mais fluida e com maior energia cinética, facilitando a sua movimentação do meio externo para as sementes, com consequente aumento da embebição e da velocidade das reações do metabolismo (BEWLEY et al., 2013), podendo acarretar na inativação de enzimas dos cloroplastos e mitocôndrias, inibição da síntese proteica e proteólise (WAHID et al., 2007). Possivelmente temperaturas elevadas tornam as paredes do tegumento mais fluidas, permitindo a liberação de exsudatos no meio germinativo, o que geralmente promove o desenvolvimento de fungos na superfície das sementes (GUEDES et al., 2013),

Estresse hídrico e salino, associados a características edáficas impõem um estresse osmótico que pode acarretar em uma perda de turgescência celular; baixas temperaturas (estresse térmico) podem comprometer os sistemas de membranas e de transportes de solutos e fotoassimilados. De acordo com Dobra et al. (2010), como efeitos dos estresses abióticos, uma cascata de eventos pode vir a acontecer: sistemas de membranas podem se desorganizar, proteínas podem sofrer perda de atividade ou serem desnaturadas, e muitas vezes, níveis em excesso de espécies reativas de oxigênio (EROs) são produzidos, levando a danos oxidativos

1.2.4 Estresse por hipóxia

Já a falta de oxigênio no processo germinativo compromete principalmente a respiração celular, que é fundamental para o crescimento e desenvolvimento do eixo embrionário. Gazola et al. (2014) afirmam que a hipóxia é um evento que resulta na diminuição da respiração dando início a fermentação, processo este que tem como resultado final a formação de substâncias tóxicas para as células; logo, nas sementes este episódio pode resultar na perda do potencial germinativo.

A diminuição do potencial germinativo é explicada em trabalhos de Alves et al. (2002), onde citam que a rota anaeróbica (fermentação) utilizada pelas sementes/plantas para suprir a falta de oxigênio, além de comprometer as células por compostos nocivos formados (etanol e acetaldeído), resultam em menor disponibilidade de energia para as células por comprometer o funcionamento das ATPases; o que prejudica não só o processo germinativo como resulta em plantas mais fracas e suscetíveis a adversidades encontradas a campo.

Em trabalhos de Ogawa et al. (2016), é possível observar que a imersão de sementes de feijão por um período de 4 horas resultou na hipóxia, o que culminou na diminuição do potencial fisiológico; deste modo, deve-se ressaltar que a expressão do máximo potencial fisiológico é fator fundamental para a superação deste tipo de estresse.

O efeito negativo do alagamento no processo germinativo também se mostrou presente em trabalhos de Pirola et al. (2015), onde em espécies ornamentais, dependendo do tipo de substrato, o volume de água utilizado comprometeu a germinação e emergência de plântulas, uma vez que o oxigênio é um dos componentes fundamentais para o sucesso deste processo.

Os estudos relacionados com a resposta germinativa de sementes à condição de estresses artificiais têm importância para a ecofisiologia e constituem-se em ferramentas que possibilitam a avaliação dos limites e tolerância de sobrevivência e adaptação destas espécies às condições de estresses naturais (GUEDES et al., 2013).

1.3 Condicionamento fisiológico de sementes

A qualidade fisiológica de sementes é adquirida durante o desenvolvimento e refere-se a germinação, tolerância a dessecação, vigor e capacidade de armazenamento (VALÁRIO, 2016).

O máximo potencial fisiológico de sementes se dá no momento da maturação fisiológica, logo após se iniciam diversos processos morfológicos, fisiológicos e bioquímicos que levam ao processo de deterioração, sendo este processo responsável pela diminuição do potencial fisiológico e vigor de lotes de sementes, o que leva a dificuldades na formação e estabilização do stand de plantas (CARVALHO; NAKAGAWA, 2012; MARCOS FILHO; KIKUTI, 2008), portanto, a utilização de sementes de alta qualidade fisiológica capazes de expressar seu máximo potencial ou tratamentos que possibilitem estes são essenciais para o sucesso do desenvolvimento das culturas.

Neste sentido foi desenvolvido a técnica do *priming* ou condicionamento fisiológico de sementes, que tem por objetivo expressar todo potencial fisiológico ou beneficiar o desempenho de lotes de sementes e/ou plântulas produzidas, pois reduz o período de germinação, sincroniza e melhora a emergência das plântulas e propicia a superação de dormência, para algumas espécies (MARCOS FILHO, 2015).

A princípio a técnica pode parecer complexa, todavia apresenta relativa simplicidade de aplicação, em laboratório. As sementes são submetidas a um controle da hidratação suficiente para reinicializar a germinação, mas insuficiente para propiciar a protrusão da radícula. As sementes, portanto, completam as fases I e II da embebição, que são preparatórias para a germinação, sem, no entanto, avançarem para a fase III, caracterizada pelo alongamento celular e protrusão da radícula (SANTOS et al., 2008), assim ativa-se a hidrólise de reservas, bem como sua translocação e assimilação, permitindo que as sementes do lote alcancem um estado metabólico relativamente uniforme, quando o acesso a água é interrompido (MARCOS FILHO, 2015).

As sementes condicionadas podem ser comercializadas, uma vez que segundo Nascimento (2009), após o condicionamento fisiológico, as sementes são lentamente desidratadas (secas) até que o grau de umidade original seja retomado, o que possibilita seu manuseio e armazenamento. No entanto, para essa finalidade é necessário um estudo de metodologias de *priming* e melhor forma de secagem para que o efeito do tratamento não seja perdido.

Através da aplicação eficiente do *priming*, ocorre o estabelecimento mais rápido e uniforme das plantas no campo, resultando em menor exposição aos efeitos de condições ambientais desfavoráveis, ataque de pragas e microorganismos (BASSO, 2014), com possíveis reflexos na produção, em função da boa formação do estande de plantas.

O condicionamento fisiológico em sementes pode ser aplicado através de várias formas, bem como: (a) imersão direta em água – menos utilizado em função de não haver controle da hidratação; (b) condicionamento mátrico (matricondicionamento); (c) condicionamento osmótico (osmocondicionamento) – utilizando-se soluções que possibilitem ajustar potencial osmótico da solução, tais como sais inorgânicos: cloreto de sódio (NaCl) e nitrato de potássio (KNO₃), entre outros, porém predomina o uso do polietileno glicol (PEG); (d) hidrocondicionamento (já aplicado em escala comercial de hortaliças pelo “método de tambor”); e (e) embebição em atmosfera úmida; sendo que, o sucesso do *priming* vai depender diretamente do método selecionado (MARCOS FILHO, 2015).

Na literatura é possível verificar que o método do “osmocondicionamento” é mais estudado em comparação aos demais métodos. De acordo com Santos et al. (2008) para se obter condições favoráveis para o condicionamento osmótico é importante verificar, principalmente: (a) temperatura durante o tratamento e secagem; (b) concentração da solução (potencial osmótico); (c) período de duração do tratamento; (d) método e o período de secagem após o tratamento; além de outros fatores que podem influenciar a extensão do condicionamento osmótico e a melhor combinação desses fatores, bem como sua otimização devem ser feitas por tentativas para cada lote de sementes.

O efeito do condicionamento fisiológico depende também das condições em que as sementes foram submetidas ao tratamento, desde sua formação no campo de produção até o seu destino final, como condições edafoclimáticas, tamanho e tipo. Deve-se também salientar o efeito do genótipo, uma vez que nem todas as espécies ou acessos respondem positivamente ao condicionamento (CARDOSO et al., 2015).

Neste sentido os trabalhos concentram-se em identificar as melhores condições na qual o condicionamento permitirá as sementes uma maior expressão de potencial fisiológico. Em sementes de cenoura o condicionamento osmótico utilizando solução de PEG nos potenciais de -0,4 e -0,8 MPa seguido de secagem pelos períodos de 12, 24 e 48 horas contribui para maior expressão do vigor de sementes em relação as sementes não condicionadas (BALBINOT; LOPES, 2006).

Em trabalhos de Lima e Marcos Filho (2010) é possível observar que o condicionamento de sementes de pepino com PEG no potencial osmótico de -0,2 MPa é benéfico para o desempenho de sementes e aumenta a velocidade de germinação, com destaque do efeito do tratamento em sementes de baixo vigor expostos a temperaturas sub

ótimas. Foi verificado que o emprego do *priming* também aumenta a porcentagem e velocidade de germinação em sementes de pimentão (LOPES et al., 2011); e aumento da germinação e vigor de sementes de pimenteira – *Capsicum annum* L. (FIALHO et al., 2010).

Apesar de benefícios na emergência e germinação, o condicionamento fisiológico nem sempre irá influenciar no desempenho produtivo das culturas. Marcos Filho e Kikuti (2008) verificaram que para couve-flor os efeitos benéficos do hidrocondicionamento não perduraram até a fase final de modo que não influenciou a produção da cultura. Obviamente que este resultado vai depender das condições de cultivo, assim como condições climáticas para que o efeito do *priming* possa ser visto na produção final, pois certamente se beneficia a formação do estande pode influenciar na produção das culturas.

Apesar de mais empregado em sementes hortaliças, o condicionamento fisiológico também tem sido estudado em sementes de grandes culturas. Oliveira et al. (2010) verificaram que a resposta ao osmocondicionamento com PEG das sementes de algodão depende do período de secagem para cada cultivar e do vigor do lote e que a porcentagem de germinação aumenta em sementes condicionadas em que a germinação do controle estava com baixo percentual.

Nos estudos de Queiroga et al. (2011) fica evidente que o osmocondicionamento em sementes de algodão, com PEG 6000, possibilitou maior expressão do vigor das sementes em relação as sementes não condicionadas, principalmente nos períodos de 24 a 48 horas; no entanto, o tratamento não influenciou na germinação. De maneira geral, o tratamento de *priming* não influencia na porcentagem de germinação, mas sim na expressão de vigor do lote.

Também fica claro o efeito benéfico do condicionamento fisiológico nos trabalhos de Oliveira e Gomes-Filho (2010), onde a técnica aplicada em sementes de sorgo, foi capaz de reverter parcialmente os efeitos do envelhecimento artificial, isto é, as sementes condicionadas apresentaram maior tolerância ao estresse por altas temperaturas em relação as não condicionadas e além disso, o condicionamento osmótico permitiu maior expressão do potencial fisiológico das sementes de distintos níveis de vigor.

Em sementes de soja, Nunes et al. (2003), constataram que o tratamento de com PEG, possibilita aumento na taxa de emergência e rápido estabelecimento do estande, e conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas, com reflexos na produtividade da cultura. A relação do condicionamento de sementes com a produtividade da cultura está

possivelmente relacionada com a boa formação do estande que a técnica permite, pois permite que plantas mais vigorosas sejam formadas no início do desenvolvimento da cultura.

Este fato foi confirmado por Silva et al. (2016) ao verificarem que sementes de soja de médio vigor submetidas ao osmocondicionamento com PEG apresentam maior emergência de plântulas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens/planta, número de sementes/planta e número de sementes/vagem, isto é, o tratamento foi capaz de incrementar os componentes de produção da cultura, refletindo assim na produtividade. De maneira semelhante, Oliveira e Gomes-Filho (2011) verificaram que sementes de sorgo com qualidade fisiológica alta, submetidas ao osmocondicionamento com PEG obtiveram aumento na taxa de emergência e estabelecimento da cultura em campo em relação as sementes não condicionadas.

Ainda que o *priming*, não seja utilizado comercialmente em sementes de soja, o mesmo pode ter aplicação em pequenos volumes de sementes, armazenados em bancos ou em coleções pertencentes a melhoristas, quando em processo de deterioração (SILVA et al., 2016). Esta proposta transpassa também para as demais grandes culturas, como algodão e milho, por exemplo.

O PEG é mais utilizado nos estudos de condicionamento de sementes, todavia o KNO_3 , segundo Cardoso et al. (2015) vem sendo utilizado em vários trabalhos devido a sua atuação na superação de dormência em sementes de várias espécies, provavelmente devido ao fato do nitrato sofrer redução e passar para a forma de nitrito, acarretando a reoxidação do NAD(P)H e, posteriormente, disponibilizando o NAD(P), que atuará estimulando a via pentose fosfato e, conseqüentemente, a via do Ácido Chiquímico, através da Eritrose – 4 Fosfato, que são vias importantes para a biossíntese de novos composto (nucleotídeos, coenzimas e aminoácidos, entre outros) necessários a germinação.

Além de atuar na superação de dormência o KNO_3 e outros agentes nítricos, parecem de alguma forma atuar no processo germinativo, estimulando o processo e conferindo tolerância ao estresse nas sementes condicionadas. Batista et al. (2016) em sementes de *Brachiaria brizantha* constataram que o condicionamento por imersão direta das sementes pelo período de duas horas em soluções de KNO_3 e $Ca(NO_3)_2$ propiciou a sementes maior tolerância a estresse por altas temperatura, além de superação da dormência.

Quando aplicado em sementes de *B. brizantha* cv. Marandu, o osmocondicionamento de sementes com PEG, KNO_3 e a associação entre eles, incrementou a velocidade de protrusão radicular, além de que as sementes condicionadas com KNO_3 obtiveram maior uniformidade de germinação em relação aos demais tratamentos aplicados, incluindo o controle (BONOME et al. 2006).

Em estudos com sementes de milho, Gouveia et al. (2017) demonstram que o condicionamento com nitrato de cálcio $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ propicia a sementes tolerância a baixas temperaturas, além de aumentar a emergência; além disso, o *priming* permitiu maior expressão do vigor das sementes.

Em hortaliças, Nascimento (2005) verificou que o condicionamento osmótico com KNO_3 propiciou que as sementes de berinjela, tomate, melão e melancia germinarem em condições de baixas temperaturas, sendo esta condição limitante ao adequado estabelecimento destas.

1.4 Referências Bibliográficas

ALVES, J. D.; MAGALHÃES, M. M.; GOULART, P. F. P.; DANTAS, B. F.; GOUVÊA, J. A.; PURCINO, R. P.; MAGALHÃES, P. C.; FRIES, D. D.; LIVRAMENTO, D. E.; MEYER, L. E.; SEIFFERT, M.; SILVEIRA, T. Mecanismos de tolerância da variedade de milho “saracura” (brs 4154) ao alagamento. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v.1, n.1, p.41-52, 2002.

BALBINOT, E.; LOPES, H. M. Efeitos do condicionamento fisiológico e da secagem na germinação e no vigor de sementes de cenoura. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.28, n.1, p.1-8, 2006.

BASSO, D. P. **Condicionamento osmótico e qualidade de sementes de milho doce durante o armazenamento**. 2014. 43 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, 2014.

BATISTA, T. B.; CARDOSO, E. D.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E.; SÁ, M. E. Priming and stress under high humidity and temperature on the physiological quality of *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 seeds. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá-PR, v.38, n.1, p.123-127, 2016.

BELLO, E.; ALBUQUERQUE, M.C.F.; GUIMARÃES, S.C.; MENDONÇA, E.D. Germinação de sementes de *Amburana acreana* (Ducke) AC Sm. submetidas a diferentes condições de temperatura e de estresse hídrico. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.30, n.3, p.16-24, 2008.

BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; COMIRAN, F.; BERGONCI, J. I.; MULLER, A. G.; FRANÇA, S.; SANTOS, A. O.; RADIN, B.; BIANCHI, C. A. M.; PEREIRA, G. P. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. Brasília, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Goiânia-GO, v.41, n.2, p.243-249. 2006.

BEWLEY, J. D.; BRADFORD, K. J.; HILHORST, H. W. M.; NONOGAKI, H. **Seeds: physiology of development, germination and dormancy**. 3. ed. New York: Springer, 2013. 392p.

BONOME, L. T. S.; GUIMARÃES, R. M.; OLIVEIRA, J. A.; ANDRADE, V. C.; CABRAL, P. S. Efeito do condicionamento osmótico em sementes de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v.30, n.3, p.422-428, 2006.

BRACCINI, A. L.; RUIZ, H. A.; BRACCINI, M. C. L.; REIS, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja sob estresse hídrico induzido por soluções de cloreto de sódio, manitol e polietilenoglicol. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.18, n.1, p.10-16, 1996.

BRADBEER, J.W. **Seed dormancy and germination**. New York: Chapman and Hall, 1988. 146p. (Tertiary Level Biology).

CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de *Brachiaria brizantha* em função do condicionamento osmótico. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.2, n.2, p.42-48, 2015.

CARVALHO, L. F. et al. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.31, n.1, p.9-17, 2009.

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

CARVALHO, T. C.; SILVA, S. S.; SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. Germinação e desenvolvimento inicial de plântulas de soja convencional e sua derivada transgênica em condições de estresse salino. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.42, n.8, p.1366-1371, 2012.

CHINNUSAMY, V.; ZHU, J.K.; SUNKAR, R. Gene regulation during cold stress acclimation in plants. In: Sunkar, R. (ed.). **Plant Stress Tolerance, Methods in Molecular Biology. Springer Science + Business Média**. 2010, Cap. 3, p. 39-55.

COLMAN, B. A.; NUNES, C. M.; MASSON, G. L.; BARBOSA, R. H.; NUNES, A. S. Indução de tolerância ao estresse hídrico na germinação de sementes de feijão-caupi. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus-Piauí, v. 5, n. 4, p. 449-455, 2014.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. CONAB, Brasília, v.5, n.4, p.1-127, 2018.

CONUS, L. A.; CARDOSO, P. C.; VENTUROSO, L. R.; SCALON, S. P. Q. Germinação de sementes e vigor de plântulas de milho submetidas ao estresse salino induzido por diferentes sais. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.31, n.4, p.67-74, 2009.

CRUZ, J. C.; SANTANA, D. P.; LANDAU, E. C.; SANS, L. M. A. **Cultivo do milho: Clima e solo**. Disponível em:

<https://www.spo.cnptia.embrapa.br/conteudo?p_p_lifecycle=0&p_p_id=conteudoportlet_WAR_sistemasdeproducao1f6_1ga1ceportlet&p_p_col_count=1&p_p_col_id=column-1&p_p_state=normal&p_r_p_-76293187_sistemaProducaoId=3821&p_r_p_-996514994_topicoId=3718&p_p_mode=view>. Acesso em 12 de janeiro de 2018.

CRUZ, R.P. **Exigências climáticas para a cultura do arroz irrigado**. Cachoeirinha: IRGA/ Estação Experimental, Seção de Melhoramento Genético, 2010. 38p. (Boletim Técnico 11).

DOBRA, J.; MOTYLA, V.; DOBREV, P.; MALBECK, J.; PRASIL, I. T.; HAISEL, D.; GAUDINOVA, A.; HAVLOVA, A.; HAVLOVA, M.; GUBIS, J.; VANKOVA, R. Comparison of hormonal responses to heat, drought and combined stress in tobacco plants with elevated proline content. **Journal of Plant Physiology**. Stuttgart-BW, v.167, n.3, p.1360- 1370, 2010.

DUARTE, A. P.; GERAGE, A. C.; CECCON, G.; SILVA, V. A.; CRUZ, J. C.; BIANCO, R.; SOUZA, E. D.; PEREIRA, F. C.; SOARES FILHO, R. Milho Safrinha. In. . CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. A. **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.306-324.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S.; TEIXEIRA, M. C. C. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul safras 2013/14 e 2014/15**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 124p.

FANCELLI, A. L. **Plantas alimentícias: guia para aula, estudo e discussão**. Piracicaba: Centro Acadêmico “Luiz de Queiroz”, ESALQ/USP, 1986. 131p.

FIALHO, G. S.; SILVA, C. A.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; BARROS, W. S. 2010. Osmocondicionamento em sementes de pimenta “amarela comprida” (*Capsicum annum* L.) submetidas à deterioração controlada. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v.34, n.3, p.646-652, 2010.

GARCIA, S. H.; ROZZETO, D. S.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Simulação de estresse hídrico em feijão pela diminuição do potencial osmótico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages-MG, v.11, n.1, p.35-41, 2012.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipóxia. **Científica**, Jaboticabal-SP, v.42, n.3, p.224-232, 2014.

GOUVEIA, G. C. C.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E. Priming effect on the physiological potential of maize seeds under abiotic stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v.47, n.3, p.328-335, 2017.

GRIGULO, A.S.M.; AZEVEDO, V.H.; KRAUSE, W.; AZEVEDO, P.H. Avaliação do desempenho de genótipos de milho para consumo in natura em Tangará da Serra, MT, Brasil. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v.27, n.4, p.603-608, 2011.

GUEDES, R. S.; ALVES, E. U.; VIANA, J. S.; GONÇALVES, E. P.; LIMA, C. R.; SANTOS, S. R. N. Germinação e vigor de sementes de *Apeiba tibourbou* submetidas ao estresse hídrico e diferentes temperaturas. **Ciência Florestal**, Santa Maria-RS, v.23, n.1, p.45-53, 2013.

HAMADA, E.; OLIVEIRA, E.; LANDAU, E. C.; NOGUEIRA, S. M. C.; GHINI, R. Impacto das mudanças climáticas sobre a distribuição geográfica das ferrugens do milho. In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. **Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília: Embrapa, 2017. p. 221-242.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. 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-PR, v.11, n.2, p.125-134, 2010.

LIMA, L. B.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de pepino e germinação sob diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.32, n.1, p.138-147, 2010.

LOPES, H. M.; MENEZES, B. R. S.; SILVA, E. R.; RODRIGUES, D. L. Condicionamento fisiológico de sementes de cenoura e pimentão. **Revista Brasileira de Agrociências**, Pelotas-RS, v.17, n.3-4, p.296-302, 2011.

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina-PR: ABRATES, 2015. 660 p.

MARCOS FILHO, J.; KIKUTI, A. L. P.; Condicionamento fisiológico de couve-flor e desempenho das plantas em campo. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v.26, n.2, p.165-169, 2008.

MARINI, P. M.; MORAES, C. L.; MARINI, N.; MORAES, D. M.; AMARANTE, L. Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de arroz submetidas ao estresse térmico. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.43, n.4, p.722-730, 2012.

MEDEIROS, D. S.; ALVES, E. U.; SENA, D. V. A.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, L. R. Desempenho fisiológico de sementes de gergelim submetidas a estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v.36, n.5, p.3069-3076, 2015.

MORAES, G. A. F.; MENEZES, N. L. Desempenho de sementes de soja sob condições diferentes de potencial osmótico. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.33, n.2, p.219-226, 2003.

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse

hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R. Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v.32, n.6, p.1810-1817, 2008.

NASCIMENTO, W. M. Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças visando a germinação em condições de temperaturas baixas. **Horticultura Brasileira**, Brasília-DF, v.23, n.2, p.211-214, 2005.

NASCIMENTO, W. M. **Tecnologia de sementes de hortaliças**. 1. ed. Brasília: EMBRAPA, 2009. 432 p.

NUNES, U. R.; SILVA, A. A.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, T. Efeito do condicionamento osmótico de sementes de soja sobre a habilidade competitiva da cultura com as plantas daninhas. **Planta daninha**, Viçosa-MG, v.21, n.1, p.27-35, 2003.

OGAWA, N. S.; SENEME, A. M.; MENDONÇA, C. G.; FERRIANI, A. P. Submersão de sementes de feijão do grupo preto e desenvolvimento inicial de plântulas. **Revista Nucleus**, Ituverava-MG, v.13, n.2, p.283-290, 2016.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Efeito do condicionamento osmótico na germinação e vigor de sementes de sorgo com diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.32, n.3, p.25-34, 2010.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E. Estabelecimento de plântulas de sorgo oriundas de sementes osmocondicionadas de diferentes qualidades fisiológicas. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.6, n.2, p.223-229, 2011.

OLIVEIRA, A. B.; MOREIRA, F. J. C.; DUTRA, A. S.; MEDEIROS FILHO, S. Qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico e secagem. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE, v.5, n3, p.358-363, 2010.

OLIVEIRA, A. K. M.; RIBEIRO, J. W. F.; PEREIRA, K. C. L.; SILVA, C. A. A. Germinação de sementes de *Aspidosperma tomentosum* Mart. (Apocynaceae) em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre-RS, v.9, n.3, p.392, 2011.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* E *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v.28, n.4, p.537-545, 2012.

PIROLA, K.; DOTTO, M.; CASSOL, D. A.; WAGNER JUNIOR, A.; CONCEIÇÃO, P. C.; MAZARO, S. M. Umedecimento do substrato na germinação de sementes de seis espécies ornamentais. **Ornamental horticulture**, Campinas-SP, v.21, n.1, p.47-52, 2015.

POPINIGIS, F. 1985. **Fisiologia da semente**. Brasília, DF: AGIPLAN. 289p.

QUEIROGA, V. P.; BRUNO, R. L. A.; LIMA, M. M. A.; SANTOS, J. W. Qualidade fisiológica de sementes de algodoeiro submetidas ao condicionamento mátrico e osmótico. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v.58, n.1, p.56-61, 2011.

REGITANO-D'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F.; CASTELLUCCI, A. C. L. Processamento e industrialização do milho para alimentação humana. **Visão agrícola**, v.13, n.jul/dez, 2015.

RIBEIRO, G.; PIMENTE, A.J.B; SOUZA, M.A. de; ROCHA, J.R.A.S.C.; FONSECA, W.B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas-RS, v.18, n.2-4, p.133-142, 2012.

RITCHIE, S. W.; HANWAY, J. J.; BENSON, G. O. **How a corn plant develops**. Ames: Iowa State University of Science and Technology, 1993. 26p. (Special Report, 48).

SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.; SILVA, R. F.; SOUZA, P. A. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.21, n.2, p.1-6, 2008.

SBRUSSI, C. A. G.; ZUCARELI, C. Germinação de sementes de milho com diferentes níveis de vigor em resposta à diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v.35, n.1, p.215-226, 2014.

SILVA, T. A.; SILVA, P. B.; SILVA, E. A. A.; NAKAGAWA, J.; CAVARIANI, C. Condicionamento fisiológico de sementes de soja, componentes de produção e produtividade. **Ciência rural**, Santa Maria-RS, v.46, n.2, p.227-232, 2016.

SILVEIRA, J. A.G.; SILVA, S. L.; SILVA, E. N.; VIÉGAS, R. A. **Mecanismos biomoleculares envolvidos com a resistência ao estresse salino em plantas. Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados**, v.1, p.161-180, 2010.

SOLOGUREN, L. Milho: Demanda mundial cresce e Brasil tem espaço para expandir produção. **Visão agrícola**, v.13, n.jul/dez, 2015.

SOUZA, M.A.; PIMENTEL, A.J.B.; RIBEIRO, G. Melhoramento para tolerância ao calor. In: FRITSCHENETO, R.; BORÉM, A. (Eds.). **Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos**. Visconde do Rio Branco: Suprema, 2011. p.199-226.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TEIXEIRA, R. N.; TOLEDO, M. Z.; FERREIRA, G.; CAVARIANI, C.; JASPER, S. P. Germinação e vigor de sementes de crambe sob estresse hídrico. **Irriga**, Botucatu-SP, v.16, n.1, p.42-51, 2011.

USDA. **United States Department of Agriculture**. Disponível em <<https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latest.pdf>> Acesso em 12 de janeiro de 2018.

VALÁRIO, B. P. **Estudo da tolerância a dessecação e longevidade em sementes de soja (*Glycine max* (L.) MERK)**. 2016. Tese (Doutorado em Agronomia, Agricultura), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, Botucatu-SP, 2016. 95 f.

VAZ-DE-MELO, A.; SANTOS, L. D. T.; FINOTO, E. L.; DIAS, D. C. F. S.; AVARENGA, E. M. Germinação e vigor de sementes de milho-pipoca submetidas ao estresse térmico e hídrico. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v.28, n.5, p.687-695, 2012.

VON PINHO, R. G.; SANTO, A. O.; VON PINHO, I. V. Botânica. In: BORÉM, A.; GALVÃO, J. C. C.; PIMENTEL, M. A. **Milho: do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. p.26-49.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, n.61, p.199-223, 2007.

ZUCARELI, C.; CAVARIANI, C.; OLIVEIRA, E. A. P.; NAKAGAWA, J. Métodos e temperaturas de hidratação na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.42, n.3, p.684-692, 2011.

CAPÍTULO 2 – NITRATOS NO CONDICIONAMENTO FISIOLÓGICO EM SEMENTES DE MILHO SOB ESTRESSES ABIÓTICOS

RESUMO

O projeto foi realizado no Laboratório de Análise de Sementes e na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, na Unidade Universitária de Cassilândia, no ano de 2017, e foi dividido em duas etapas (etapa A e B). Etapa A: o objetivo foi evidenciar o melhor método e período de condicionamento fisiológico. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x6 para hidratação entre papéis e 3x8 para imersão direta, sendo constituído de lotes de sementes de milho e períodos de hidratação. O método entre papéis consistiu na hidratação das sementes utilizando três folhas de papel do tipo “Germitest”, umedecidas com três vezes a massa dos papéis secos, e imersão direta, onde a hidratação das sementes foi realizada deixando-as totalmente submersas em água, ambos os métodos realizados na temperatura de 25°C. Etapa B: o objetivo foi avaliar diferentes agentes químicos através do método e período hidratação escolhido da etapa A, no condicionamento fisiológico para a superação de estresses durante o período de germinação. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo constituído de dois lotes de sementes que foram submetidas ao condicionamento fisiológico por imersão direta, sob temperatura constante de 25°C, pelo período de 18 horas, e diferentes agentes químicos utilizados no condicionamento fisiológico - controle, água, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, KNO_3 , $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KNO}_3$. O condicionamento fisiológico de sementes através da imersão direta, no período de 18 horas evidenciou ser benéfico para superação do estresse a abiótico por baixa temperatura durante o processo germinativo, além de propiciar maior velocidade de emergência.

Palavras-chave: *Priming*; *Zea mays* L.; Nitrato de Cálcio; Nitrato de Potássio.

NITRATES ON PRIMING IN CORN SEEDS UNDER ABYOTIC STRESSES

Academic: Caio Cesar Burin

Advisor: Prof. Dr. Flávio Ferreira da Silva Binotti

ABSTRACT

The project was carried out in the Seed Analysis Laboratory and in the experimental area of the State University of Mato Grosso do Sul, at the University Unit of Cassilândia, in the year 2017, and was divided into two stages (step A and B). Step A: the objective was to evidence the best method and period of physiological conditioning. The experimental design was completely randomized in a 3x8 factorial scheme for hydration between papers and 3x6 for direct immersion, consisting of lots of corn seeds and periods of hydration. The method between papers consisted of the hydration of the seeds using three "Germitest" paper sheets, moistened with three times the mass of the dry papers, and direct immersion, where the hydration of the seeds was done leaving them totally submerged in water, both methods performed at a temperature of 25 ° C. Step B: the objective was to evaluate different chemical agents through the method and hydration period chosen from step A, in the physiological conditioning for the overcoming of stresses during the period of germination. The experimental design was completely randomized in a 2x5 factorial scheme, consisting of two seed lots that were submitted to physiological conditioning by direct immersion, under a constant temperature of 25°C, for a period of 18 hours, and different chemical agents used in the physiological conditioning - control, water, Ca(NO₃)₂, KNO₃, Ca(NO₃)₂ + KNO₃. The physiological conditioning of seeds through direct immersion in the 18 - hour period proved to be beneficial to overcome the abiotic stress due to low temperature during the germination process, in addition to providing a higher emergence speed.

Keywords: *Priming*; *Zea mays* L .; Calcium nitrate; Potassium nitrate.

2.1 Introdução

O milho (*Zea mays*) é uma cultura de verão, cultivada no Brasil principalmente na segunda safra (safrinha) após a colheita de culturas principais como a soja. De acordo com a Conab (2018), no Mato Grosso do Sul, a redução da área cultivada na safra 17/18 chega a 46,4% em relação à safra anterior, fato que se deve a oscilações do valor da *commoditie* no mercado e aos altos investimentos necessários para o cultivo, dentre eles o custo alto das sementes.

O cultivo de safrinha, necessita de muitos cuidados por apresentar diversos fatores que interferem de forma negativa em todo o ciclo da cultura, desde o momento da germinação até a colheita. Na semeadura os principais fatores são o estresse hídrico, que interrompe e dificulta os processos metabólicos que ocorrem durante a embebição de água pelas sementes (MEDEIROS et al., 2015); o estresse salino que dificulta a absorção de água e gera acúmulo de íons de forma prejudicial as células (PEREIRA et al., 2012); estresse térmico por baixas temperaturas que dificulta a entrada de oxigênio e retarda o metabolismo (CARVALHO et al., 2009), e o estresse por hipóxia que diminui a respiração e dá início a fermentação, o que gera a formação de substâncias tóxicas para as células (GAZOLA et al., 2014).

Deste modo o uso de sementes de qualidade é o primeiro passo para enfrentar as dificuldades dessa época de cultivo. Zucareli et al. (2015) destaca que diversas características devem estar adequadas para se classificar uma semente como de qualidade, dentre elas a qualidade fitossanitária, genética, física e principalmente a fisiológica. Contudo, durante a produção, beneficiamento, armazenamento e transporte, as sementes sempre estão sujeitas a danos internos e externos (SMIDERLE et al., 2014); que por final tendem a diminuir o potencial fisiológico das mesmas, retardando a emergência e comprometendo o estande final.

Diante desse fato, a necessidade de técnicas que ajudem a enfrentar tais dificuldades é evidente. O condicionamento fisiológico de acordo com Santos et al. (2008) é uma técnica que pode realçar a qualidade fisiológica de sementes, reduzir o tempo de germinação e emergência, uniformizar o estabelecimento da formação do estande de plantas e em algumas espécies pode até promover a superação da dormência.

Nesta técnica as sementes são submetidas a hidratação, onde de forma controlada passam pela fase I e II da germinação (hidratação e reativação do metabolismo), sem que atinjam a fase III (emissão da radícula), desta forma, as sementes podem retornar à

umidade inicial, serem armazenadas e posteriormente semeadas (MARCOS FILHO, 2015). Junto a esta técnica ainda se pode utilizar algumas substâncias que tendem a agir de forma fisiológica nas sementes, como é o caso dos nitratos.

A utilização do Nitrato de Potássio por exemplo pode ser explicada por Cardoso et al. (2015), aonde mencionam que a atuação do nitrato se deve a redução do mesmo a nitrito, onde nesse processo reoxida as moléculas de NAD(P)H, tornando-as disponíveis novamente, dando assim estímulo a rota das pentoses-fosfato e a via do Ácido Chiquímico, estas sendo responsáveis pela formação de compostos importantes para o metabolismo da germinação. Contudo, a utilização do nitrato de cálcio também parece atuar de forma semelhante; em trabalhos de Gouveia et al. (2017) esta substância aplicada em sementes de milho promoveu maior tolerância a baixas temperaturas, possibilitando assim maior expressão do vigor.

Em seus trabalhos, Sanz et al. (2015) relatam ainda que a redução de nitrato a nitrito pode resultar posteriormente na redução a óxido nítrico (NO), que nos tecidos vegetais apresentam grande influência na produção enzimática e hormonal, logo, nas sementes, o mesmo atua principalmente na superação da dormência através da inibição do ácido abscísico e indução da produção de giberelina, proporcionando maior velocidade na germinação.

Visto isso, estudos que possibilitem saber o correto procedimento da técnica são importantes, uma vez que a mesma pode promover melhorias nas sementes desde que feita de forma correta. O objetivo foi evidenciar o melhor método, período e substância a ser utilizada no condicionamento fisiológico de sementes de milho para a superação de estresses abióticos no momento da germinação e emergência.

2.2 Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Análise de Sementes e na área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul (UEMS), na Unidade Universitária de Cassilândia (UUC), localizado no município de Cassilândia – MS, no ano de 2017, e foi dividido em duas etapas (etapa A e B).

Etapa A: foram utilizados três lotes (níveis de vigor) de sementes de milho híbrido simples colhidas na safra 16/17, tendo a qualidade inicial avaliada (Tabela 1).

Tabela 1. Qualidade fisiológica inicial das sementes de milho. Cassilândia (MS), 2017.

Lote	1ª contagem	Germinação	Anormais	Inviáveis
	-----%-----			
1	49	90	5	5
2	91	97	2	1
3	88	97	1	2

Todas as sementes passaram por lavagem em água corrente para a retirada do tratamento de sementes industrial, e, posteriormente, colocadas sobre três folhas de papel toalha para a secagem. Após, os lotes foram submetidos a dois diferentes métodos de condicionamento fisiológico, sendo eles:

Entre papéis: neste método foram confeccionados rolos de papel, utilizando três folhas do tipo “Germitest”, duas abaixo e uma acima das 210 sementes, umedecidas com três vezes a massa dos papéis secos, envoltos por saco plástico para preservação da umidade e mantidos na temperatura de 25°C. A cada seis horas foram retiradas 210 sementes de cada lote (um rolo de papel), tendo sua massa mensurada para realização da curva de absorção das sementes, procedimento realizado até que houvesse a emissão da radícula, fato observado no período de 36 horas de hidratação, sendo assim estipulados cinco períodos de hidratação de 6 horas mais controle (sem hidratação).

Imersão direta: neste método de hidratação, 210 sementes foram totalmente submersas em água, dentro de copos descartáveis, na temperatura de 25°C, sem aeração, e a cada seis horas eram retiradas 210 sementes de cada lote (um copo), tendo sua massa mensurada para realização da curva de absorção das sementes, procedimento realizado até que houvesse a emissão da radícula, fato observado no período de 48 horas de hidratação, sendo assim estipulados sete períodos de hidratação de 6 horas mais controle (sem hidratação).

Após a retirada de seus respectivos métodos e períodos de hidratação, as sementes foram submetidas a secagem artificial em câmara seca (temperatura de 17°C e umidade relativa de 45%), alocadas em cima de três folhas de papel toalha, até que retornassem à umidade inicial (através do equilíbrio higroscópico que estava durante o armazenamento da semente), sendo este procedimento realizado por um período de 48 horas.

Os testes e avaliações realizados posteriormente foram:

Teste de germinação – consistiu de quatro sub-amostras de 50 sementes por tratamento, utilizando-se três folhas de papel do tipo “Germitest” como substrato, umedecidas com água na proporção de três vezes a massa do papel seco, sendo confeccionados rolos de papel envoltos por saco plástico e acondicionadas em câmara de geminação à temperatura de 25°C, sendo a contagem realizada no 7º dia de acordo com Brasil (2009).

Primeira contagem de germinação – realizado junto ao teste de germinação sendo computadas as sementes consideradas germinadas no 4º dia de avaliação de acordo com Brasil (2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG) – foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula definida por Maguire (1962).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 3x8 para imersão direta e 3x6 para hidratação entre papéis, sendo constituído de lotes de sementes de milho e períodos de hidratação.

Para os períodos de hidratação se verificou ajuste dos dados a regressão polinomial, enquanto as médias dos dados qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, dados em porcentagem foram transformados $\arcsin(x/100)^{0,5}$ para fins estatísticos.

Etapa B: foram utilizados dois lotes de sementes de milho híbrido simples, tendo a qualidade inicial testada antes do trabalho, não sendo utilizado o lote 1 da etapa A decorrente o baixo vigor evidenciado. Os resultados referentes ao teste inicial antes da implantação da etapa B encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Qualidade fisiológica inicial das sementes de milho. Cassilândia (MS), 2017.

Lote	1ª contagem	Germinação	Anormais	Inviáveis
	-----%-----			
2	93	95	2	3
3	95	99	0	1

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x5, sendo constituído de dois lotes de sementes que foram submetidos ao condicionamento fisiológico por imersão direta, sob temperatura constante de 25°C, pelo período de 18 horas (Figura 1B /Tabela 3), e diferentes agentes químicos utilizados no condicionamento fisiológico (controle – sem condicionamento; Água – imersão em água deionizada; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ – solução de 0,2% de nitrato de cálcio; KNO_3 – solução de 0,2% de nitrato de potássio; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{KNO}_3$ – solução de 0,1% de nitrato de cálcio + 0,1% de nitrato de potássio. Após a hidratação, as sementes foram submetidas a secagem artificial de maneira idêntica a etapa anterior.

Os testes e avaliações realizados posteriormente foram:

Teste de germinação – consistiu de quatro sub-amostras de 50 sementes por tratamento, utilizando-se três folhas de papel do tipo “Germitest” como substrato, umedecidas com água na proporção de três vezes a massa do papel seco, sendo confeccionados rolos de papel envoltos por saco plástico e acondicionadas em câmara de germinação à temperatura de 25°C, sendo a contagem realizada no 7º dia de acordo com Brasil (2009).

Primeira contagem de germinação – realizado junto ao teste de germinação sendo computadas as sementes consideradas germinadas no 4º dia de avaliação de acordo com Brasil (2009).

Índice de velocidade de germinação (IVG) – foi calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula definida por Maguire (1962).

Emergência de plântulas – realizado em canteiros de alvenaria, com dimensão de 4,5 m de comprimento x 1,5 m de largura x 1,0 m de altura, sendo 80% do volume inferior preenchido com solo compactado, e os outros 20% preenchidos com areia grossa. Foram utilizadas quatro repetições de 50 sementes por tratamento, com semeadura realizada a dois centímetros de profundidade, sendo feita a contagem diária das plântulas emergidas até sua estabilidade que ocorreu aos 14 dias após semeadura.

Primeira contagem de emergência – realizado junto ao teste de emergência, onde foram contabilizadas como plântulas emergidas aquelas que apresentaram parte aérea superior a dois milímetros no 4º dia após a semeadura.

Índice de velocidade de emergência (IVE) – foi conduzido juntamente com o teste de emergência de plântulas, conforme a fórmula definida por Maguire (1962).

Comprimento de plântula e raiz primária – foram utilizadas quatro repetições de 20 plântulas de milho retiradas aleatoriamente de cada tratamento do teste de emergência, ao final do experimento, lavadas em água corrente para retirada de impurezas, tendo a parte aérea e as raízes mensuradas em centímetros.

Fitomassa seca da parte aérea e raiz de plântulas – foram utilizadas quatro repetições de 20 plantas de cada tratamento do teste de emergência, lavadas para a retirada de impurezas, tendo sua fitomassa seca determinada após a secagem da parte aérea e raiz em estufa de circulação forçada de ar, à uma temperatura média de 65 °C, pelo período de 72 horas. Os valores foram expressos em mg plântula⁻¹.

Os diferentes estresses abióticos durante a germinação foram simulados segundo os testes a seguir:

Baixa Temperatura - Teste de Germinação à Baixa Temperatura – semelhante ao teste de germinação, todavia, mantido em câmara de germinação à 18 °C (Adaptado de VIEIRA; KRYZANOWSKI, 1999). As avaliações foram realizadas aos quatro dias (primeira contagem) e aos sete dias (teste de germinação), de acordo com Brasil (2009). Também foi realizado o índice de velocidade de germinação de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Restrição de oxigênio - Alagamento – as sementes já condicionadas foram colocadas em copos descartáveis totalmente submersas em água, por um período de 24 horas, na temperatura constante de 25°C (GRZYBOWSKI et al., 2015). Posteriormente, foi realizado o teste de germinação segundo Brasil (2009). Também foi realizado o índice de velocidade de germinação de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Estresse salino – o substrato tipo papel “germintest” foi umedecido com uma solução salina, onde a cada litro de água foram adicionadas 4,73 gramas de NaCl, chegando ao potencial osmótico de -0,2 MPa, de acordo com Richards (1980). Posteriormente, foi realizado o teste de germinação segundo Brasil (2009). Também foi realizado o índice de velocidade de germinação de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Restrição Hídrica - PEG 6000 – para a simulação de déficit hídrico, foi utilizada solução de polietileno glicol (PEG 6000). O nível de potencial osmótico utilizado foi de -0,2 MPa, equivalendo à concentração de 119,571g de PEG L⁻¹H₂O deionizada. Para o cálculo da quantidade de PEG 6000, foi utilizada a equação proposta por Michel e Kaufmann (1973), ou seja: $\Psi_{os} = (1,18 \times 10^{-2}) C - (1,18 \times 10^{-4}) C^2 + (2,67 \times 10^{-4}) CT +$

$(8,39 \times 10^{-7}) C^2T$; em que: Ψ_{os} = potencial osmótico (bar); C = concentração do agente osmótico (g de PEG 6000 L⁻¹ H₂O); T = temperatura (°C) (MOTERLE et al., 2008). A solução contendo PEG 6000 foi fornecida diretamente no substrato de germinação, três vezes a massa do papel. Posteriormente, foi realizado o teste de germinação segundo Brasil (2009). Também foi realizado o índice de velocidade de germinação de acordo com a fórmula proposta por Maguire (1962).

Todos os dados foram avaliados por meio da análise de variância pelo teste F. Quando o valor de F foi significativo ao nível de 5% de probabilidade, aplicou-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias para os agentes químicos, dados em porcentagem foram transformados $\text{arc sen}(x/100)^{0,5}$ para fins estatísticos.

2.3 Resultados e discussão

As curvas de absorção de água de todos os lotes de sementes, de ambos os métodos de condicionamento fisiológico, estão evidenciadas na Figura 1 (A e B). É possível observar a diferença na rapidez com que a água foi absorvida entre os métodos, onde o método de imersão direta em água, promoveu com 6 horas em torno de $\pm 28\%$ de umidade, enquanto o método entre papéis, no mesmo período, promoveu porcentagem menor, chegando em torno dos $\pm 20\%$ de umidade.

O método de imersão direta necessitou de um maior tempo para a emissão radicular, fato este que possivelmente se deve a escassez de oxigênio nas últimas horas de hidratação, o que pode ser comprovado quando se observa os resultados dos lotes 1 e 2 na Tabela 4; é possível verificar na primeira contagem de germinação, que a partir de 30 horas, houve diminuição na quantidade de sementes germinadas, o que possivelmente demonstra algum dano provocado no processo germinativo pela hipóxia, todavia, como o objetivo era utilizar agentes químicos no condicionamento das sementes posteriormente, não se realizou a oxigenação durante a hidratação das sementes, pois a mesma iria oxidar o agente químico utilizado no condicionamento fisiológico das sementes, mudando sua característica química e conseqüentemente seu efeito.

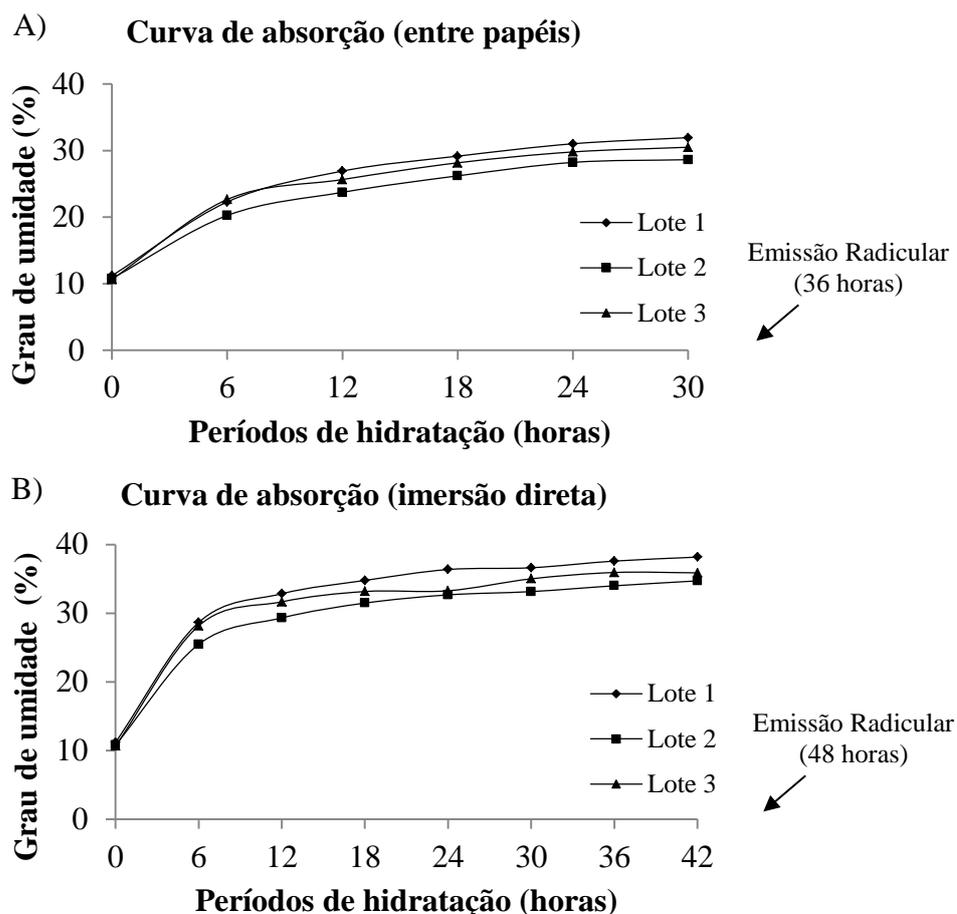


Figura 1. Curva de absorção de água pelas sementes do método de condicionamento entre papéis (A), e imersão direta (B). Cassilândia (MS), 2017.

De acordo com Ogawa et al. (2016), a hipóxia provoca queda na respiração e início a fermentação, que por final gera compostos prejudiciais as células das sementes, o que é comprovado em seus trabalhos, onde em sementes de feijão preto, dependendo do lote, a imersão durante 4 horas já foi suficiente para provocar danos na germinação e no desenvolvimento de plântulas. Deste modo, a hidratação deve ser feita de forma que supra a necessidade de água para a germinação, sem que interrompa o fluxo de oxigênio necessário para a mesma.

Segundo Marco Filho (2015), para sementes endospermáticas, como no presente trabalho, em média, o teor de água necessário para que aconteça o processo germinativo é em torno de 35% da base úmida, fato esse demonstrado nas figuras 1 A e B. No entanto a partir das 18 horas de hidratação, a porcentagem de umidade no método de imersão direta passou por pequeno acréscimo, podendo danificar as sementes após esse período.

É possível evidenciar a superioridade do lote 3 nas variáveis germinação e IVG (Tabela 3) e na variável primeira contagem (Tabela 4), principalmente nos maiores

períodos de imersão, o que pode ser explicado por Dantas et al. (2000), onde em seus trabalhos podem comprovar que o alagamento (hipóxia) pode ser um método rápido para se verificar o vigor de sementes.

Tabela 3. Germinação e índice de velocidade de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	Germinação (%)	IVG
Níveis de vigor		
Lote 1	88 c	10,51 c
Lote 2	96 b	11,69 b
Lote 3	99 a	12,15 a
Hidratação (horas)		
0	94	11,23
6	97	11,59
12	97	11,58
18	96	11,57
24	96	11,74
30	94	11,34
36	96	11,55
42	94	10,99
Ajuste de regressão	N.S.	RQ ⁽¹⁾ **
CV%	5,94	4,20

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro do fator nível de vigor, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; RQ – Regressão Quadrática; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; N.S. Não significativo; ⁽¹⁾Y = 11,280451 + 0,0412756X – 0,00109830X² e R² = 0,71.

Tabela 4. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Hidratação (horas)	Lote 1	Lote 2	Lote 3
	1ª contagem (%)		
0	72 b	94 a	96 a
6	79 c	93 b	99 a
12	79 b	96 a	96 a
18	83 c	94 b	99 a
24	86 b	95 a	98 a
30	88 a	86 a	91 a
36	85 b	88 b	98 a
42	76 b	83 ab	91 a
Ajuste de regressão	RQ ⁽¹⁾ **	RQ ⁽²⁾ *	N.S.
CV%	6,55		

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, dentro do fator nível de vigor, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; RQ – Regressão Quadrática; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; N.S. Não significativo; ⁽¹⁾Y = 57,165848 + 0,8662519X – 0,01748580X² e R² = 0,82; ⁽²⁾Y = 75,414627 + 0,2004751X – 0,01056379X² e R² = 0,78.

No método de condicionamento entre papéis, o lote 3 também obteve maior porcentagem de germinação (Tabela 5), e no geral, também apresentou resultados superiores nas variáveis primeira contagem de germinação (Tabela 6) e índice de velocidade de germinação (Tabela 7). Observa-se que os períodos de hidratação pouco influenciaram no desempenho dos lotes 2 e 3, porém, para o lote 1 (menor potencial), é possível apontar o período de 24 horas como mais indicado. Visto isso, torna-se possível afirmar que para esta técnica de condicionamento fisiológico, lotes com potencial fisiológico baixo ou intermediário são mais responsivos.

Tabela 5. Germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método entre papéis. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	Germinação (%)
Níveis de vigor	
Lote 1	93 c
Lote 2	97 b
Lote 3	99 a
Hidratação (horas)	
0	94
6	95
12	97
18	96
24	99
30	98
Ajuste de regressão	N.S.
CV%	6,28

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas, dentro do fator nível de vigor, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 6. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método entre papéis. Cassilândia (MS), 2017.

Hidratação (horas)	Lote 1	Lote 2	Lote 3
	1ª contagem (%)		
0	67 c	89 b	97 a
6	84 b	79 b	95 a
12	87 b	89 b	99 a
18	85 b	87 b	99 a
24	94 a	94 a	96 a
30	90 b	94 ab	98 a
Ajuste de regressão	RQ ^{(1)*}	N.S.	N.S.
CV%	6,45		

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, dentro do fator nível de vigor, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; RQ – Regressão Quadrática; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; N.S. Não significativo; ⁽¹⁾Y = 56,126878 + 1,3752565X – 0,02786980X² e R² = 0,83.

Tabela 7. Desdobramento da interação significativa do índice de velocidade de germinação em função de lotes e períodos de hidratação em sementes de milho por meio do método entre papéis. Cassilândia (MS), 2017.

Hidratação (horas)	Lote 1	Lote 2	Lote 3
	Índice de Velocidade de Germinação		
0	9,60 b	11,60 a	12,11 a
6	11,01 b	10,85 b	12,09 a
12	11,33 b	11,63 ab	12,19 a
18	10,98 b	11,41 b	12,34 a
24	11,82 a	12,00 a	12,22 a
30	11,53 b	11,98 ab	12,25 a
Ajuste de regressão	RQ ^{(1)**}	N.S.	N.S.
CV%		3,16	

Médias seguidas de letras diferentes nas linhas, dentro do fator nível de vigor, diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade; RQ – Regressão Quadrática; **significativo a 1% de probabilidade; *significativo a 5% de probabilidade; N.S. Não significativo; ⁽¹⁾ $Y = 9,825179 + 0,1517113X - 0,00319196X^2$ e $R^2 = 0,81$.

O período de 18 horas de hidratação em imersão direta, propiciou valores de percentual de germinação total e IVG iguais aos demais períodos, mantendo também o percentual de germinação de primeira contagem acima de 93% nos lotes 2 e 3, lotes com vigor superior ao lote 1, sendo que esse período de hidratação já propiciou grau de umidade acima de 30%, onde a hidratação entre papéis só foi observado com 30 horas (Figura 1 A e B).

Deste modo escolheu-se o método de imersão direta, no período de 18 horas para prosseguir para a etapa B, sendo este mais prático. É visto que o método de condicionamento fisiológico é algo benéfico se feito de forma correta e no período adequado, principalmente para lotes com potencial fisiológico intermediário, assim optou-se pelo uso dos os lotes 2 e 3 na próxima etapa.

É possível observar o potencial fisiológico superior das sementes do lote 3 em relação ao lote 2, uma vez que em todas as variáveis (em condições normais do teste de germinação), estatisticamente se mostrou superior. Em relação as substâncias químicas utilizadas, o uso de nitrato no condicionamento fisiológico das sementes de modo geral foi semelhante a testemunha para germinação e velocidade de germinação em condições ideais (Tabela 8).

De acordo com Silva et al. (2015), a germinação uniforme e rápida na cultura do milho, é fator fundamental, para o alcance de altas produtividades. Esse fator garante um estande adequado de plantas, menor tempo de exposição das sementes a pragas e

patógenos diminuindo assim os gastos, já que a semente de milho é considerada um dos insumos mais caros na produção desta cultura.

Tabela 8. Primeira contagem de germinação, geminação total e índice de velocidade de germinação em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	1ª contagem	Germinação	IVG
	-----%-----		
Níveis de vigor			
Lote 2	88 b	94 b	11,43 b
Lote 3	97 a	98 a	12,07 a
Condicionamento			
Controle	94 ab	98 ab	11,91 a
Água	90 b	93 c	11,37 b
Ca(NO ₃) ₂	96 a	99 a	12,00 a
KNO ₃	92 ab	96 abc	11,73 ab
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	92 ab	95 bc	11,71 ab
CV%	5,84	5,28	2,42

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Em condição de estresse por baixa temperatura, é possível observar que todos os métodos de condicionamento fisiológico demonstraram ser eficazes para minimizar esse tipo de estresse durante a germinação (Tabela 9) sobre percentual final germinativo. A germinação das sementes condicionadas, independente da substância, apresentaram até 8% a mais de germinação total em relação ao controle, além de germinarem mais rápido, fato que pode ser observado nas Tabelas 10 e 11.

De acordo com Grzybowski et al. (2015) o milho por ser uma cultura de verão, cultivada e adaptada, principalmente em locais de temperatura mais elevada, pode ter a germinação e a emergência de plântulas afetada em função de temperaturas mais baixas; isso pode ser explicado por Carvalho et al. (2009) onde citam que temperaturas baixas no momento da germinação dificultam o processo de reorganização das membranas do tegumento, provocando perdas elevadas de compostos fundamentais para este processo além de queda do metabolismo da germinação.

Segundo Marcos Filho (2015), temperaturas baixas podem dificultar a embebição, que, por consequência, retarda o processo germinativo, estendendo o período de exposição das sementes ao ambiente. O mesmo autor, relata que os efeitos de temperaturas baixas são agravados em lotes com potencial fisiológico menor, fato esse comprovado no presente trabalho, no lote 2 (vigor inferior) em relação ao lote 3 (Tabelas 10 e 11).

Tabela 9. Germinação sob baixa temperatura em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	Germinação (%)
Níveis de vigor	
Lote 2	92 b
Lote 3	98 a
Condicionamento	
Controle	90 b
Água	98 a
Ca(NO ₃) ₂	96 a
KNO ₃	97 a
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	96 a
CV%	4,26

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 10. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação sob baixa temperatura em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	1ª contagem (%)	
Controle	0 bD	12 aC
Água	13 bB	81 aA
Ca(NO ₃) ₂	17 bB	69 aB
KNO ₃	49 bA	68 aB
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	2 bC	59 aB
CV%	11,46	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 11. Desdobramento da interação significativa do índice de velocidade de germinação sob baixa temperatura em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	Índice de Velocidade de Germinação	
Controle	6,14 bD	7,35 aC
Água	7,30 bBC	11,44 aA
Ca(NO ₃) ₂	7,48 bB	10,67 aB
KNO ₃	9,47 bA	10,64 aB
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	6,82 bC	10,22 aB
CV%	3,05	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Para o lote 2, o condicionamento realizado com nitrato de potássio resultou na germinação mais rápida nessa situação de estresse, em compensação, para o lote 3, o condicionamento realizado só com água foi superior. Contudo, o efeito benéfico do condicionamento fisiológico é demonstrado na variável primeira contagem de germinação, independente da substância utilizada, quando comparado com o controle (Tabela 10).

O resultado superior do lote 2, condicionado com KNO_3 , na variável de primeira contagem (Tabela 10), corroboram com trabalhos de Binotti et al. (2014), onde relatam que o nitrato de potássio quando utilizado em tratamentos pré-germinativos pode resultar no aumento da velocidade do processo germinativo, o que de acordo com Marcos Filho (2015) se deve a ação desta substância no ciclo na via da pentose-fosfato, onde o NADPH é oxidado, resultando na liberação no NADP, que por final dá o início ao metabolismo.

Na Tabela 12 e 13, nenhum dos métodos de condicionamento fisiológico se mostrou eficaz para a superação de estresse por hipóxia, tendo efeito mais danoso no lote de menor potencial (Lote 2). Dantas et al. (2000), evidenciam que após 24 horas em submersão, as sementes de milho tiveram em torno de 10% a menos de germinação, comprovando os danos causados por este tipo de estresse.

Tabela 12. Germinação e índice de velocidade de germinação sob condições de hipóxia em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	Germinação (%)	IVG
Níveis de vigor		
Lote 2	86 b	10,25 b
Lote 3	97 a	11,83 a
Condicionamento		
Controle	94 ab	11,06 ab
Água	89 b	10,74 b
$Ca(NO_3)_2$	95 a	11,41 a
KNO_3	93 ab	11,21 ab
$Ca(NO_3)_2 + KNO_3$	91 ab	10,78 b
CV%	5,76	3,58

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

No estresse promovido pelo alagamento (hipóxia), os danos causados as sementes se devem principalmente ao fato de que o metabolismo celular é comprometido, forçando as células buscarem alternativas como a fermentação para superar este estresse, formando compostos nocivos, resultando na perda do potencial fisiológico das sementes, e em casos severos chegando até a inviabilidade da mesma (GAZOLA et al. 2014).

Tabela 13. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação sob condições de hipóxia em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	1ª contagem (%)	
Controle	74 bA	95 aAB
Água	80 bA	87 aC
Ca(NO ₃) ₂	82 bA	95 aAB
KNO ₃	79 bA	96 aA
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	75 bA	90 aBC
CV%	4,21	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

É válido destacar o desempenho do condicionamento com nitrato de cálcio em relação ao feito somente com água, fato que segundo Marcos Filho (2015) se deve principalmente pela atuação do nitrato ao se reduzir em nitrito nas células das sementes, atuando na rota das pentoses (Tabela 12).

Pode-se observar a redução da porcentagem da primeira contagem de germinação do lote 2, este tendo resultados inferiores ao lote 3 devido ao seu menor potencial fisiológico, o que torna este lote mais suscetível a danos provocados por estresses. No lote 3, o método de condicionamento somente em água pode ter agravado a situação para esta mesma variável, contudo, na presença de agentes químicos, a porcentagem não se diferenciou do controle (Tabela 13).

O condicionamento do nitrato de cálcio e a associação deste com nitrato de potássio, foi eficaz na superação deste estresse, na variável primeira contagem de germinação em relação ao controle (Tabela 14). A germinação mais rápida, garante menor tempo de exposição das sementes aos sais presentes na solução, o que é um resultado satisfatório. Martins et al. (2009) ressaltam a importância da germinação rápida e uniforme, e cita que quanto menos tempo as sementes ficarem expostas ao meio melhor, uma vez que, neste período, existem inúmeros fatores que podem comprometer o processo germinativo.

O excesso de sal no substrato, além de provocar danos por toxidez, reduz o potencial osmótico da solução de hidratação, o que interfere na absorção de água pelas sementes; refletindo diretamente na redução e comprometimento do metabolismo, uma vez que este é dependente da quantidade de água (SANGOI et al. 2009). Moterle et al. (2006), demonstram os efeitos negativos da salinidade na germinação de sementes de milho-pipoca

através da quantidade reduzida do percentual desta variável quando se aumentou a proporção de sal na solução do substrato, além de obterem diferentes resultados em diferentes lotes, demonstrando, como neste trabalho, que o potencial fisiológico e o material genético podem definir a resposta ao estresse.

Na variável índice de velocidade de germinação durante o estresse hídrico (Tabela 15), o lote 3 se sobressaiu ao lote 2, fato que é explicado segundo Moterle et al. (2008), ao relatarem que estresse hídrico resulta em danos nas sementes por comprometer o metabolismo, logo, os resultados demonstrados por estes autores mostram os malefícios deste tipo de estresse, onde sementes de milho-pipoca colocadas para germinar em um potencial de -0,3 MPa tiveram sua germinação comprometida, contudo, alguns cultivares sobressaíram sobre outros,

Kappes et al. (2010) demonstram em seus trabalhos a influência negativa causada pelo estresse hídrico na germinação, vigor e crescimento inicial de sementes de diferentes híbridos de milho; fatos que corroboram com os resultados do presente trabalho, porém, para a variável índice de velocidade de germinação (Tabela 15), os condicionamentos realizados com nitrato de potássio e associação entre nitrato de cálcio e potássio foram eficazes para superar este tipo de estresse, sendo superiores ao controle, deixando as sementes menos tempo expostas a diferentes tipos de danos.

Tabela 15. Índice de velocidade de germinação sob estresse hídrico em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	IVG
Níveis de vigor	
Lote 2	8,09 b
Lote 3	8,89 a
Condicionamento	
Controle	8,26 bc
Água	8,55 ab
Ca(NO ₃) ₂	7,87 c
KNO ₃	8,82 a
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	8,96 a
CV%	4,47

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

É possível verificar na primeira contagem de germinação que a diferença da resposta dos lotes em relação aos tratamentos utilizados, onde o lote 2 obteve resposta na superação do estresse hídrico quando condicionado somente com água ou com nitrato de cálcio + nitrato de potássio, sendo superior ao controle, já para o lote 3, o nitrato de

potássio, ou a associação deste com nitrato de cálcio tiveram maiores médias (Tabela 16). Esses resultados corroboram com os de Gouveia et al. (2017), o qual mostram que o nitrato de potássio, via condicionamento fisiológico, em sementes de milho, promoveu incrementos na primeira contagem de germinação quando as sementes foram submetidas a estresse hídrico simulado com PEG 6000.

Para a germinação total, os métodos de condicionamentos, quando aplicados no lote 3, podem ter potencializado o efeito maléfico deste tipo de estresse, obtendo resultados inferiores ao controle, independentemente da substância aplicada (Tabela 17). Porém, para o lote 2, o qual mostrou potencial fisiológico menor, o efeito do condicionamento com nitrato de cálcio + nitrato de potássio se igualou ao controle, podendo ser aplicado visando uma germinação mais rápida (Tabela 15) e uniforme sem comprometer o estande final de plantas.

Tabela 16. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de germinação sob estresse hídrico em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	1ª contagem (%)	
Controle	28 aB	28 aB
Água	40 aA	35 aB
Ca(NO ₃) ₂	29 aB	30 aB
KNO ₃	31 bAB	51 aA
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	38 bA	51 aA
CV%	7,37	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 17. Desdobramento da interação significativa da germinação total sob estresse hídrico em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes de milho por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	Germinação (%)	
Controle	90 bAB	100 aA
Água	88 bAB	096 aB
Ca(NO ₃) ₂	83 bB	094 aB
KNO ₃	91 aAB	095 aB
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	92 aA	093 aB
CV%	4,85	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O lote 3 obteve maior percentual de plântulas emergidas, contudo, estas apresentaram menor comprimento e fitomassa seca da parte aérea do que as plântulas do lote 2, fato que se deve principalmente a características genéticas de ambos os materiais e não aos tratamentos utilizados (Tabelas 18 e 19). Em trabalhos de Gouveia et al. (2017), é possível notar diferença no comprimento e fitomassa seca da parte aérea de plântulas de milho de dois lotes diferentes, condicionados com nitrato de potássio, demonstrando que o efeito do condicionamento fisiológico está ligado principalmente a germinação e emergência, não interferindo no crescimento na cultura do milho.

Tabela 18. Emergência total, comprimento de parte aérea, raiz e total de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	Emergência (%)	Comprimento (cm)		
		Parte Aérea	Raiz	Total
Níveis de vigor				
Lote 2	96 b	11,23 a	27,38 a	38,62 a
Lote 3	99 a	9,97 b	28,37 a	38,34 a
Condicionamento				
Controle	98 a	10,52 a	28,45 a	38,98 a
Água	97 a	10,54 a	26,56 a	37,10 a
Ca(NO ₃) ₂	97 a	10,51 a	28,54 a	39,05 a
KNO ₃	98 a	10,72 a	27,96 a	38,69 a
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	97 a	10,71 a	27,87 a	38,59 a
CV%	6,27	3,76	6,91	5,65

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 19. Fitomassa seca da parte aérea, raiz e total de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Tratamentos	Fitomassa seca (mg/planta)		
	Parte Aérea	Raiz	Total
Níveis de vigor			
Lote 2	56,42 a	099,10 a	155,52 a
Lote 3	49,25 b	105,43 a	154,69 a
Condicionamento			
Controle	52,90 a	103,84 a	156,75 a
Água	51,75 a	97,32 a	149,07 a
Ca(NO ₃) ₂	51,59 a	101,29 a	152,88 a
KNO ₃	53,95 a	103,99 a	157,94 a
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	54,00 a	104,87 a	158,87 a
CV%	14,58	9,96	7,44

Médias seguidas de letras diferentes nas colunas diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nas variáveis primeira contagem e índice de velocidade de emergência, é possível observar o bom desempenho das sementes condicionadas, que estatisticamente demonstraram superioridade em relação a testemunha, independente do lote e do tipo de condicionamento (Tabelas 20 e 21). O fato da obtenção da germinação ser mais rápida, gera grandes vantagens na prática desta cultura. Ludwig et al. (2009), afirmam que o milho, por ser uma cultura totalmente responsiva a soma térmica, acumula mais unidades de calor ao emergir rapidamente, além de ficar menos tempo exposta a danos causados por patógenos e pragas, o que somados são características que resultam em produtividades maiores.

Tabela 20. Desdobramento da interação significativa da primeira contagem de emergência de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	1ª contagem (%)	
Controle	4 aB	3 aB
Água	17 bA	29 aA
Ca(NO ₃) ₂	11 bA	35 aA
KNO ₃	13 bA	40 aA
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	13 bA	41 aA
CV%	15,66	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 21. Desdobramento da interação significativa do índice de velocidade de emergência de plântulas de milho em função de lotes e substâncias químicas no condicionamento de sementes por meio do método de imersão direta. Cassilândia (MS), 2017.

Condicionamento	Lote 2	Lote 3
	IVE	
Controle	8,90 aB	9,24 aB
Água	9,47 bA	10,35 aA
Ca(NO ₃) ₂	9,35 bA	10,41 aA
KNO ₃	9,44 bA	10,80 aA
Ca(NO ₃) ₂ + KNO ₃	9,25 bA	10,66 aA
F	2,78*	
CV%	3,77	

Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas colunas e minúsculas nas linhas, diferem estatisticamente entre si pelo teste F a 5% de probabilidade para o fator lote e substância química pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Oliveira et al. (2007) descrevem a importância do condicionamento fisiológico de sementes para reduzir o tempo de emergência de plântulas, e em seus experimentos, comprovaram que a utilização desta técnica promoveu maior velocidade de germinação de

sementes de milho doce armazenadas por seis meses, superando os danos ocasionados neste período. Pallaoro et al. (2016), também mostram a eficiência do condicionamento fisiológico em sementes de milho, onde esta técnica promoveu melhor expressão do potencial destas sementes; logo, o mesmo autor relata que se realizado da forma correta, o condicionamento pode ser uma ferramenta para aproveitar lotes de sementes que apresentem baixo potencial fisiológico.

Além de descrever a importância da rápida germinação e emergência, Oliveira et al. (2010) explicam que a técnica de condicionamento fisiológico, promove efeito benéfico pelo simples fato de propiciar a hidratação controlada das sementes, onde estas terão fatores ótimos para a reestruturação das membranas celulares, síntese de moléculas fundamentais ao metabolismo da germinação além de poder eliminar o ácido abscísico, o que por final reflete em resultados como os encontrados neste trabalho.

2.4 Conclusões

- O método de imersão direta, no período de 18 horas apresentou grau de umidade das sementes acima de 30%, onde a hidratação entre papéis só foi observado com 30 horas, sem comprometer a germinação e índice de velocidade de germinação, além de ser prático.
- Para a germinação em baixas temperaturas, o condicionamento fisiológico, independente da substância utilizada promoveu maior percentual de germinação.
- Em situações de hipóxia, o condicionamento realizado somente com água pode potencializar esse tipo de estresse, contudo, na presença das substâncias químicas utilizadas esse efeito foi minimizado.
- A utilização do condicionamento com nitrato de cálcio ou a associação deste com nitrato de potássio é uma alternativa para a superação do estresse salino quando se quer um percentual de germinação maior aos 4 dias.
- Para a superação do estresse hídrico, pode-se indicar a utilização do condicionamento com nitrato de cálcio + nitrato de potássio para lotes de potencial fisiológico intermediário.
- O condicionamento fisiológico em imersão direta, por 18 horas, independente da substância utilizada, promove maior velocidade de emergência, contudo não interfere no crescimento de plântulas.
- São necessários mais estudos em relação a períodos de hidratação.

2.5 Agradecimentos

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudo.

2.6 Referências Bibliográficas

BINOTTI, F. F. S.; SUEDA JUNIOR, C. I.; CARDOSO, E. D.; HAGA, K. I.; NOGUEIRA, D. C. Tratamentos pré-germinativos em sementes de *Brachiaria*. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife-PE v.9, n.4, p.614-618, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. **Regras Para Análise de Sementes**. Brasília-DF: Mapa/ACS, 2009. 399p.

CARDOSO, E. D.; SÁ, M. E.; HAGA, K. I.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E. Qualidade fisiológica e composição química de sementes de *Brachiaria brizantha* em função do condicionamento osmótico. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v.2, n.2, p.42-48, 2015.

CARVALHO, L. F. et al. Influência da temperatura de embebição da semente de soja no teste de condutividade elétrica para avaliação da qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.31, n.1, p.9-17, 2009.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos**. CONAB, Brasília, v.5, n.4, p.1-127, 2018.

DANTAS, B. F.; ARAGÃO, C. A.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J.; RODRIGUES, J. D. Efeito da duração e da temperatura de alagamento na germinação e no vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.22, n.1, p.88-96, 2000.

GAZOLA, D.; ZUCARELI, C.; CAMARGO, M. C. Comportamento germinativo de sementes de cultivares de milho sob condições de hipóxia. **Científica**, Jaboticabal-SP, v.42, n.3, p.224-232, 2014.

GOUVEIA, G. C. C.; BINOTTI, F. F. S.; COSTA, E. Priming effect on the physiological potential of maize seeds under abiotic stress. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia-GO, v.47, n.3, p.328-335, 2017.

GRZYBOWSKI, C. R. S.; VIEIRA, R. D.; PANOBIANCO, M. Testes de estresse na avaliação do vigor de sementes de milho. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.46, n.3, p.590-596, 2015.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. 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-PR, v.11, n.2, p.125-134, 2010.

LUDWIG, M. P.; SCHUCH, L. O. B.; LUCCA FILHO, O. A.; AVELAR, S. A. G.; MIELEZRSKI, F.; OLIVEIRA, S.; CRIZEL, R. L. Desempenho de sementes e plantas de milho híbrido originadas de lotes de sementes com alta e baixa qualidade fisiológica. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG, v.8, n.1, p.83-92, 2009.

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

MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de Sementes de Plantas Cultivadas**. 2. ed. Londrina-PR: ABRATES, 2015. 660 p.

MARTINS, C. C.; BOVI, M. L. A.; SPIERING, S. H. Umedecimento do substrato na emergência e vigor de plântulas de pupunheira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal-SP, v.31, n.1, p.224-230, 2009.

MEDEIROS, D. S.; ALVES, E. U.; SENA, D. V. A.; SILVA, E. O.; ARAÚJO, L. R. Desempenho fisiológico de sementes de gergelim submetidas a estresse hídrico em diferentes temperaturas. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina-PR, v.36, n.5, p.3069-3076, 2015.

MICHEL, B.E.; KAUFMANN, M.R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, Lancaster, v.51, n.6, p.914-916, 1973.

MOTERLE, L. M.; LOPES, P. C.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A. Germinação de sementes e crescimento de plântulas de cultivares de milho-pipoca submetidas ao estresse hídrico e salino. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina-PR, v.28, n.3, p.169-176, 2006.

MOTERLE, L. M.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, A. L.; RODOVALHO, M. A.; BARRETO, R. R. Influência do estresse hídrico sobre o desempenho fisiológico de

sementes de híbridos simples de milho-pipoca. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras-MG, v.32, n.6, p.1810-1817, 2008.

OGAWA, N. S.; SENEME, A. M.; MENDONÇA, C. G.; FERRIANI, A. P. Submersão de sementes de feijão do grupo preto e desenvolvimento inicial de plântulas. **Revista Nucleus**, Ituverava-MG, v.13, n.2, p.283-290, 2016.

OLIVEIRA, A. B.; GOMES-FILHO, E.; ENÉAS-FILHO, J. Condicionamento osmótico e fatores que afetam esta técnica: envelhecimento das sementes e estresses abióticos. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia-GO, v.6, n.11, p.1-18, 2010.

OLIVEIRA, A. S.; SILVA-MANN, R.; SANTOS, M. F.; GOIS, I. B.; BARRETO, M. C. V. Condicionamento osmótico em sementes de milho doce submetidas ao armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v.38, n.4, p.444-448, 2007.

PALLAORO, D. S.; CAMILI, E. C.; GUIMARÃES, S. C.; ALBUQUERQUE, M. C. F. Methods for priming maize seeds. **Journal of Seed Science**, Maringá-PR, v.38, n.2, p.148-154, 2016.

PEREIRA, M. R. R.; MARTINS, C. C.; SOUZA, G. S. F.; MARTINS, D. Influência do estresse hídrico e salino na germinação de *Urochloa decumbens* E *Urochloa ruziziensis*. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v.28, n.4, p.537-545, 2012.

RICHARDS, L. A. **Suelos Salinos y Sódicos**. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. México. 1980. 171p.

SANGOI, L.; ERNANI, P. R.; BIANCHET, P.; VARGAS, V. P.; PICOLI, G. J. Efeito de doses de cloreto de potássio sobre a germinação e o crescimento inicial do milho, em solos com texturas contrastantes. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas-MG v.8, n.2, p.187-197, 2009.

SANTOS, M. C. A.; AROUCHA, E. M. M.; SOUZA, M. S.; SILVA, R. F.; SOUZA, P. A. Condicionamento osmótico de sementes. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.21, n.2, p.1-6, 2008.

SANZ, L.; ALBERTOS, P.; MATEOS, I.; SÁNCHEZ-VICENTE, I.; LECHÓN, T.; FERNÁNDEZ-MARCOS, M.; LORENZO, O. Nitric oxide (NO) and phytohormones crosstalk during early plant development. **Journal of Experimental Botany**, Lancaster-UK, v.66, n.10, p.2857-2868, 2015.

SILVA, P. R. A.; DIAS, P. P.; CORREIA, T. P. S.; SOUZA, S. F. G. Emergência de plântulas de milho em diferentes profundidades de semeadura. **Irriga**, Botucatu-SP, Edição Especial, 20 anos Irriga + 50 anos FCA, p.178-185, 2015.

SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D.; MOURÃO JUNIOR, M. Tratamento e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento em Roraima. **Revista Acadêmica: ciências agrárias e ambientais**, Curitiba-PR, v.1, n.4, p.75-83, 2003.

VIERA, R.D.; KRYZANOWSKI, F.C. Teste de condutividade elétrica. In: KRYZANOWSKI, F.C. et al. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina-PR: ABRATES, 1999. cap.4, p.4.1-4.26.

ZUCARELI, C.; BRZEZINSKI, J. A.; ABATI, J.; WERNER, F.; RAMOS JUNIOR, E. U.; NAKAGAWA, J. Qualidade fisiológica de sementes de feijão carioca armazenadas em diferentes ambientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v.19, n.8, p.803-809, 2015.

APÊNDICES

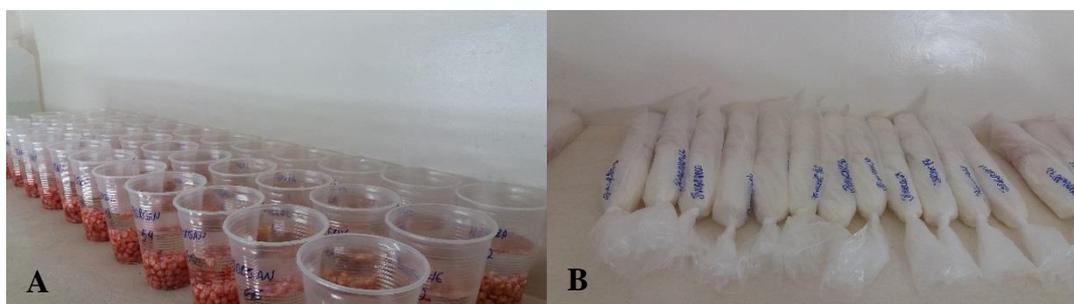


Figura 1. A – Condicionamento fisiológico de sementes de milho pelo método de imersão direta; B – Condicionamento fisiológico de sementes de milho pelo método entre papéis.



Figura 2. Emissão da radícula observada em ambos os métodos de condicionamento fisiológico, (Entre papéis – 36 horas; Imersão direta – 48 horas).

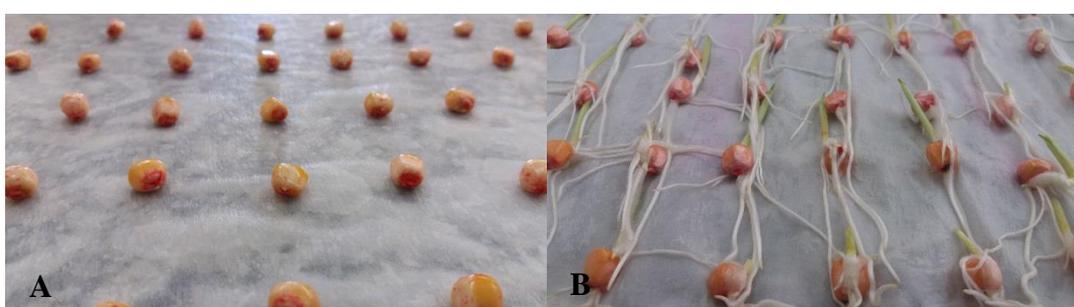


Figura 3. A – Montagem do teste de germinação; B – Leitura do teste de germinação.

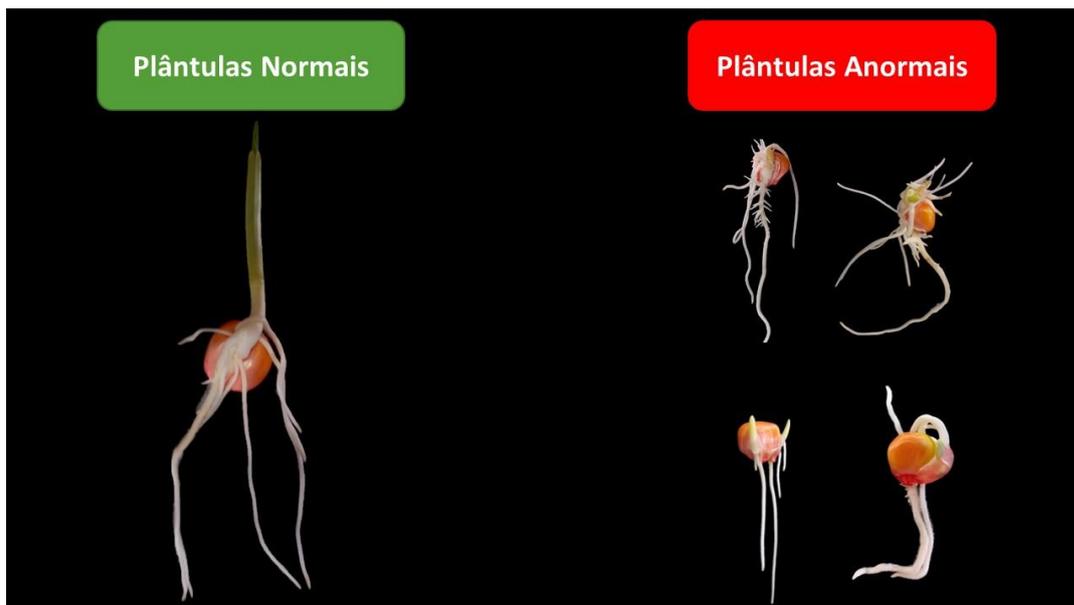


Figura 4. Parâmetros utilizados na leitura do teste de germinação.



Figura 5. A – Canteiros de alvenaria para o teste de emergência de plântulas; B – Plântulas de milho do teste de emergência.

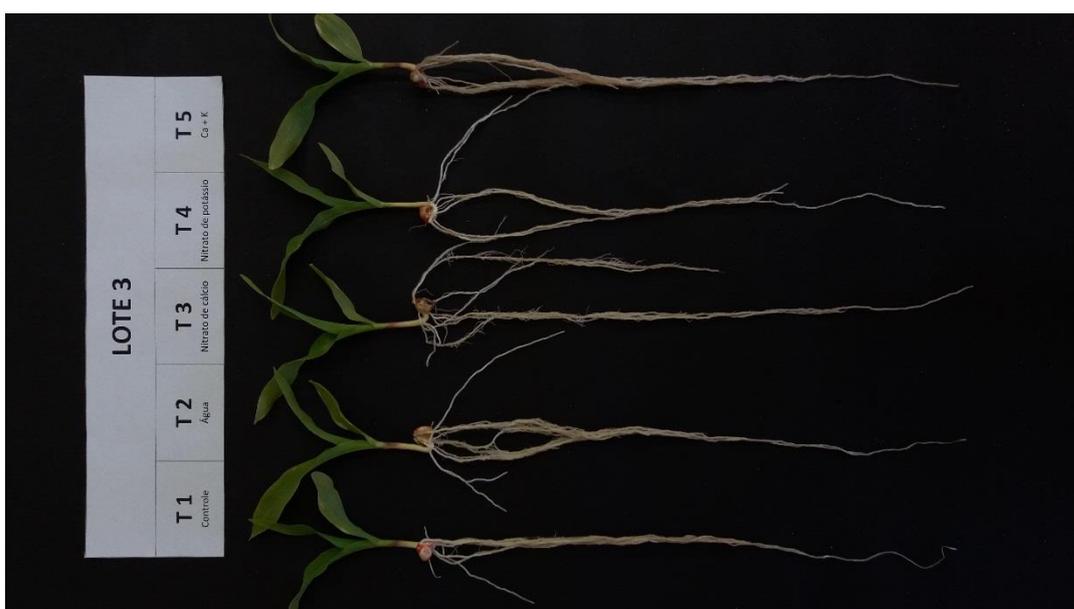


Figura 6. Plântulas de milho do Lote 3 retiradas do teste de emergência, em ordem de tratamentos (T1 – T5).