

TIAGO TEIXEIRA VIANA BARROS

**OSMOCONDICIONAMENTO E TOLERÂNCIA AO ESTRESSE TÉRMICO NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

TIAGO TEIXEIRA VIANA BARROS

**OSMOCONDICIONAMENTO E TOLERÂNCIA AO ESTRESSE TÉRMICO NA
GERMINAÇÃO DE SEMENTES DE GIRASSOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de julho de 2017.


Laércio Junio da Silva


Dalcionei Pazzin


Luiz Antônio dos Santos Dias


Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias
(Orientadora)

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

B277o
2017

Barros, Tiago Teixeira Viana, 1986-
Osmocondicionamento e tolerância ao estresse térmico na
germinação de sementes de girassol / Tiago Teixeira Viana
Barros. – Viçosa, MG, 2017.
vi, 47f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Referências bibliográficas: f.33-47.

1. Sementes - Condicionamento osmótico. 2. Estresse
abiótico. 3. *Helianthus annuus* . I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Fitotecnia. Programa de Pós-graduação
em Fitotecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 631.521

*Aos meus pais, Edson e Rosângela,
por serem fonte inesgotável de amor e inspiração,*

Dedico.

AGRADECIMENTOS

À Deus, inteligência suprema, causa primária de todas as coisas, pelo dom da vida.

Aos meus pais, Edson e Rosângela, e irmãos, Edinho e Filipe, por todo apoio, acima de qualquer circunstância. Vocês são a base de tudo em minha vida.

À minha namorada, Joice Heidemann, por iluminar meus dias com seu amor e carinho. Obrigado pela paciência e pelas incontáveis análises estatísticas. Obrigado por tornar esta jornada mais leve aos olhos do coração. Seu apoio foi fundamental.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, por prover todos os recursos necessários para a realização deste trabalho.

À professora e orientadora Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias, pelos ensinamentos e orientação, por ser tão solícita aos meus apelos e, sobretudo, por servir de exemplo de conduta ética e profissional.

A todos os amigos do GSem, especialmente, ao Paulo Hilst, Daniel Pinheiro, Hamilton Jr e Eduardo Pacca, por toda ajuda, parceria e histórias compartilhadas. Ainda, à Thaís Morais, Ana Bernardo, Paola Hormaza, Alice de Souza e ao Rafael Macedo, pela convivência e carinho na lida do dia-a-dia.

Ao amigo Matheus França, por toda ajuda prestada sempre com boa vontade.

Aos professores Luiz Antônio dos Santos Dias e Laércio Junio da Silva e, igualmente, ao Dalcionei Pazzin, pela participação na banca de defesa e pelas contribuições.

Ao professor Eduardo Euclides de Lima e Borges, por ter cedido gentilmente as dependências do Laboratório de Análise de Sementes Florestais e ao técnico José Mauro Ferreira, pela disponibilidade e assistência nas análises enzimáticas.

Aos funcionários José Custódio, Wander Pereira e José Maurício, por todo auxílio.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela concessão da bolsa de fomento à pesquisa.

À HELIAGRO, pelo fornecimento das sementes de girassol.

OBRIGADO.

SUMÁRIO

RESUMO.....	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1. CARACTERIZAÇÃO DA QUALIDADE INICIAL DOS LOTES	5
2.1.1 Grau de umidade	6
2.1.2 Germinação	6
2.1.3 Primeira contagem de germinação	6
2.1.4 Emergência de plântulas.....	6
2.1.5 Índice de velocidade de emergência.....	6
2.1.6 Envelhecimento acelerado.....	7
2.2 CONDICIONAMENTO OSMÓTICO	7
2.2.1 Germinação	8
2.2.2 Primeira contagem de germinação	8
2.2.3 Comprimento de plântulas	8
2.2.4 Massa seca de plântulas.....	8
2.2.5 Emergência de plântulas.....	8
2.2.6 Índice de velocidade de emergência.....	8
2.2.7 Determinação da atividade das enzimas do sistema antioxidativo	9
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	11
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS LOTES DE SEMENTES DE GIRASSOL	11
3.2 EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO NA QUALIDADE FISIOLÓGICA DE SEMENTES DE GIRASSOL SOB DIFERENTES TEMPERATURAS	12
3.3 EFEITO DO CONDICIONAMENTO OSMÓTICO NA ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE GIRASSOL SOB DIFERENTES TEMPERATURAS	23
4. CONCLUSÃO	32
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

RESUMO

BARROS, Tiago Teixeira Viana, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Osmocondicionamento e tolerância ao estresse térmico na germinação de sementes de girassol**. Orientadora: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

A técnica de condicionamento osmótico é empregada visando diminuir o período entre a semeadura e a emergência de plântulas em campo, bem como favorecer o desempenho das sementes frente às condições de estresse. Nesse contexto, o objetivo do estudo foi avaliar a tolerância ao estresse térmico durante a germinação de sementes de girassol osmocondicionadas com diferentes níveis de vigor. Para isso, foram utilizados três lotes de sementes de girassol do cultivar Helio 250. Inicialmente, as sementes foram avaliadas pelos testes de germinação e de vigor para caracterização dos lotes. Em seguida, foram osmocondicionadas com PEG 6000 a -2,0 MPa, a 15 °C por 8 h e submetidas aos testes de qualidade fisiológica e atividade enzimática em três temperaturas: 15 °C (sub ótima), 25 °C (ótima) e 35 °C (supra ótima). Pelos testes de qualidade fisiológica, os lotes 1, 2 e 3 foram classificados em três níveis diferentes de vigor, sendo alto, médio e baixo vigor, respectivamente. O condicionamento osmótico favoreceu o desempenho das sementes do lote de menor vigor quanto à germinação e emergência de plântulas em todas as temperaturas avaliadas. Houve efeito positivo na velocidade de germinação das sementes dos lotes de médio e baixo vigor, avaliada pela primeira contagem de germinação e índice de velocidade de emergência, em todas as temperaturas. O comprimento de plântulas não foi afetado pelo condicionamento osmótico, ao passo que houve efeito positivo na massa seca de plântulas em todas as temperaturas nos lotes de melhor qualidade fisiológica. De maneira geral, as atividades das enzimas antioxidantes (SOD, CAT, POX e APX) aumentaram com o condicionamento osmótico, efeito observado principalmente nas sementes de menor vigor, nas temperaturas sub e supra ótima. O condicionamento osmótico das sementes de girassol foi eficiente para melhorar o desempenho do lote de menor vigor sob temperatura sub e supra ótima, favorecendo o aumento da atividade das enzimas do sistema antioxidante.

ABSTRACT

BARROS, Tiago Teixeira Viana Barros, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2017. **Osmopriming and tolerance to thermal stress on germination of sunflower seeds.** Adviser: Denise Cunha Fernandes dos Santos Dias.

Priming technique is used to reduce the period between sowing and emergence of seedlings in field, as well improve the performance of seeds under stress conditions. The objective of the study was to evaluate the thermal stress tolerance during the germination of osmoprimed sunflower seeds with different level of vigor. Three lots of sunflower seeds of Helio 250 cultivar were used. Firstly, seeds were evaluated by germination and vigor tests to characterize lots. Then, they were primed with PEG 6000 -2,0 MPa at 15 °C for 8 h and submitted to physiological quality tests and enzymatic activity evaluations under three temperatures: 15 °C (sub optimal), 25 °C (optimum) and 35 °C (supra optimal). Based on the physiological quality tests, lots 1, 2 and 3 were classified into three different levels of vigor, such as high, medium and low vigor, respectively. Priming improved the germination and seedling emergence of the lower vigor seeds at all evaluated temperatures. There was a positive effect on seed germination and speed of the germination for medium and low vigor seed lots, evaluated by the first count germination and emergence speed index at all temperatures. Seedling length was not affected by priming while there was a positive effect of priming on seedling dry weight at all temperatures in the lots of higher physiological quality. In general, activity of antioxidative enzymes (SOD, CAT, POX and APX) increased with priming and this effect was observed mainly in seeds of lower vigor, in sub and supra optimal temperatures. Priming of sunflower seeds was efficient to improve the performance of the lower vigor lot under sub and supra optimal temperature, promoting increases in the activity of antioxidant system enzymes.

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) é uma dicotiledônea anual pertencente à família *Asteraceae*, originária do continente Americano. Devido à sua capacidade de adaptação, a cultura do girassol encontra-se presente em todos os continentes, nas mais diversas regiões, tais como tropicais, subtropicais e temperadas (Castro e Farias, 2005; Leite et al., 2005). O girassol é um importante componente da indústria alimentícia, seu consumo na alimentação humana se dá principalmente por meio do óleo, devido à alta concentração de ácidos graxos insaturados (ácido linoleico) presente em suas sementes. Na alimentação animal é utilizado na forma de farelo ou silagem (Brighenti et al., 2003). Outra particularidade importante se deve às diferentes aplicações do seu óleo, sendo empregado nas indústrias agroenergéticas, farmacêuticas, de cosméticos, de tintas e de limpeza (Silva et al., 2013).

No Brasil, a principal região produtora de girassol se concentra no Centro-Oeste durante a entressafra das culturas de soja e milho, mas seu cultivo se estende em todo território nacional (Conab, 2014). Na safra 2014/2015, a produção nacional foi da ordem de 208 mil toneladas (Conab, 2015). Alguns fatores que colocam em evidência o cultivo desta oleaginosa são relacionados à sua ampla capacidade de adaptação edafoclimática, baixa sensibilidade à altitude e fotoperíodo, maior tolerância à seca em comparação ao sorgo e milho, além de ser uma cultura que melhora a qualidade do solo devido à ciclagem de nutrientes (Nobre et al., 2010). Por essas razões, a cultura do girassol encontra-se em franco processo de expansão no território nacional (Uchoa et al., 2011), o que gera a necessidade de utilizar insumos de alta qualidade, a fim de suprir às necessidades e expectativas crescentes do mercado.

Neste sentido, as sementes são de fundamental importância, o que gera um desafio constante para os produtores de sementes. Os principais desafios associados à produção de sementes de girassol são relacionados à alta umidade das sementes no momento da colheita, dormência pós-colheita das sementes (Borghetti et al., 2002), maturação desuniforme dentro da inflorescência (Rondanini et al., 2007), entre outros. Neste contexto, a maturação desuniforme das sementes é bastante relevante, pois seus efeitos são observados tanto na fase de estabelecimento das plântulas em campo, conforme verificado por Mwale et al. (2003), quanto na fase de armazenamento, pois sementes imaturas perdem a viabilidade mais rapidamente (Floriano, 2004).

Outro fator determinante que afeta o estabelecimento e rendimento da cultura em campo refere-se às condições ambientais. Dentre elas, destaca-se a temperatura, pois durante a fase de germinação pode afetar processos bioquímicos e fisiológicos nas sementes comprometendo o estabelecimento da cultura em campo. De acordo com Kumar e Bhatla (2006), a temperatura afeta a germinação e pode induzir à dormência das sementes, principalmente por alterar a velocidade de absorção de água e modificar a velocidade das reações químicas que irão acionar o desdobramento, transporte de reservas e a ressíntese de substâncias para a plântula (Pacheco Júnior, 2010).

Em virtude das características intrínsecas do girassol e das intempéries ambientais às quais a cultura está sujeita na fase de estabelecimento em campo, justifica-se o uso de tratamentos que acelerem a emergência das plântulas, favorecendo o seu estabelecimento rápido e uniforme.

Neste enfoque, a técnica de condicionamento osmótico ou 'priming' (Heydecker et al., 1973) pode ser interessante para melhorar o desempenho das sementes em campo. Esta técnica se baseia na hidratação controlada das sementes, suficiente para promover a atividade metabólica das fases iniciais do processo de germinação (fases I e II), sem atingir, contudo, a fase III, caracterizada pelo alongamento celular e protrusão da raiz primária (Bewley et al., 2013). Para tanto, são empregados agentes osmóticos que reduzem o potencial hídrico da solução e limitam a absorção de água pelas sementes.

Vários fatores podem afetar o sucesso da técnica, dentre eles destacam-se: o agente osmótico e a concentração da solução osmótica, as condições durante a hidratação, secagem das sementes após a hidratação e a qualidade inicial dos lotes (Kikuti e Marcos Filho, 2009; Nascimento, 2004; Gomes et al., 2012).

Diversos agentes osmóticos podem ser empregados, como sais inorgânicos, a exemplo do nitrato de potássio (KNO_3), sulfato de magnésio ($MgSO_4$), cloreto de sódio ($NaCl$), cloreto de magnésio ($MgCl_2$) ou compostos orgânicos, como manitol, glicerol e polietileno glicol (PEG) (Tavili et al., 2011; Saha et al., 2010; Amooaghaie, 2011; Nawaz et al., 2011). Dentre eles, o mais utilizado é o PEG, pois como destaca Marcos Filho (2005), se trata de um polímero osmoticamente ativo, quimicamente inerte e de elevado peso molecular, ou seja, não penetra nas células das sementes. Como desvantagem, o PEG pode afetar a disponibilidade de oxigênio para as sementes, a depender da concentração, devido sua alta viscosidade, o que acarreta a baixa difusão

do oxigênio na solução. Deste modo, alguns autores recomendam a aeração da solução osmótica durante o processo (Balbinot e Lopes, 2006; Pereira et al., 2009).

O potencial osmótico da solução osmótica é ajustado de maneira a permitir a ocorrência de todos os processos preparatórios da germinação, mas impedir o alongamento celular e, conseqüentemente, a protrusão da radícula (Ibrahim, 2015; Pinto-Marijuan e Munne-Bosch, 2013). Desta forma, ao final do condicionamento todas as sementes se encontrariam na mesma fase da curva de embebição, sem atingir a fase de emissão da radícula (fase III).

A temperatura durante o condicionamento osmótico pode igualmente interferir no êxito da técnica como destacam Oliveira et al. (2010). Nascimento (2005) considera que temperaturas inferiores às consideradas ótimas para o teste de germinação são preferenciais, uma vez que reduzem o metabolismo da semente impedindo a protrusão da radícula durante o processo de condicionamento; já temperaturas superiores afetam a técnica de maneira negativa, pois causam a redução do período de hidratação, comprometendo a fase pré-metabólica.

Após o condicionamento, as sementes podem ser secas até o seu grau de umidade inicial, o que permite a vantagem de manuseio e/ou armazenamento por períodos curtos sem perder a viabilidade (Nascimento, 2005). Entretanto, há controvérsias relacionadas ao efeito da secagem logo após o condicionamento osmótico. Para Butler et al. (2009) e Caseiro e Marcos Filho (2005), a secagem reverteu os efeitos benéficos relatados nas sementes osmocondicionadas; ao passo que, em outros trabalhos, os resultados foram favoráveis (Gomes et al., 2012; Reis et al., 2013). A secagem pode ocorrer de maneira natural ou artificial. A primeira, geralmente é feita em temperatura e umidade relativa ambiente com as sementes em contato direto com o ar, perdendo água lentamente para o meio até que ocorra o equilíbrio. Na secagem artificial, o ar que se insufla na massa de sementes é aquecido, com o objetivo de garantir uma secagem mais rápida (Oliva et al., 2012). Bailly et al. (2000) relataram efeito positivo na germinação de sementes de girassol submetidas a diferentes períodos de secagem após osmocondicionadas com PEG 8000. A secagem após o condicionamento osmótico atua interrompendo os processos metabólicos que resultariam na emissão da radícula, deste modo ao serem fornecidas as condições favoráveis à germinação, ela ocorreria de forma mais rápida e uniforme (Bewley et al., 2013).

O sucesso do tratamento depende também da qualidade inicial das sementes ou nível de deterioração do lote (Bittencourt et al., 2005; Armondes et al., 2016). Segundo Armondes et al. (2016), efeitos positivos do condicionamento osmótico na germinação e vigor das sementes de repolho foram mais evidentes em lotes de menor qualidade fisiológica quando comparado aos lotes vigorosos. Resultados semelhantes já haviam sido obtidos por Nascimento e Aragão (2004) e Pereira et al. (2008) em sementes de melão e cenoura, respectivamente.

Dentre os benefícios promovidos pelo osmocondicionamento, destacam-se a velocidade e uniformidade de emergência de plântulas (Arin et al., 2011; Queiroga et al., 2011; Gomes et al., 2012) e, em alguns casos, também se observa ganhos na germinação, sobretudo, em condições adversas, tais como temperatura sub e supra ótima, déficit hídrico e salino (Mohammadi e Amiri, 2010; Tavili et al., 2011). Esses resultados têm sido associados à síntese proteica e do reparo do sistema de membranas (Kubala et al., 2015), conferidos pela absorção controlada e gradual de água pelas sementes (Varier et al., 2010).

Outro benefício proporcionado pelo condicionamento está relacionado à eficiência do sistema antioxidante das sementes. Diversos autores reportam incrementos significativos na atividade das enzimas superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e peroxidase do ascorbato (APX) em virtude do osmocondicionamento (Chen e Arora, 2011; Kibinza et al., 2011; Sun et al., 2011; Bailly et al., 2000; Mouradi et al., 2016).

Inicialmente, esta técnica foi desenvolvida principalmente para sementes de menor tamanho como hortaliças e flores, devido à facilidade de aplicação do tratamento em um menor volume de sementes. Entretanto, estudos relatam efeitos benéficos desse tratamento na germinação de sementes e no desenvolvimento inicial de plântulas de diversas culturas, como observado por Zheng et al. (2016) em arroz, Amooaghaie e Nikzad (2013) em alfafa, Shaheen et al. (2016) em algodão, Oliveira e Gomes-Filho (2010) em sorgo, Rabbani et al. (2013) em girassol, Murungu et al. (2005) em milho, Oliveira et al. (2008) em milho doce.

Em sementes de girassol, Mwale et al. (2003) observaram favorecimento da germinação e emergência de plântulas utilizando solução de PEG 8000 a -0,6 MPa. Barros e Rossetto (2009) também obtiveram aumento significativo nos valores médios de germinação aplicando PEG 6000 a -2,0 MPa em sementes sob condições sub e supra ótima de temperatura. Bajehbaj (2010) relatou aumento da síntese de prolina em

sementes de girassol osmocondicionadas com NaCl, sob condição de estresse salino. Kaya et al. (2006) verificaram incrementos significativos nos valores de germinação e tempo médio de germinação em sementes osmocondicionadas em solução de KNO₃ (500 ppm). Kibinza et al. (2011) relataram aumento da atividade da catalase em sementes tratadas com PEG 8000 a -2,0 MPa quando submetidas ao envelhecimento acelerado por 7 dias. Outros estudos também indicam resultados positivos do condicionamento utilizando água pura e fitormônios, tais como Maiti et al. (2006) com hidratação das sementes em água por períodos de 15 e 20 horas e Wahid et al. (2008) com soluções de ácido giberélico (GA₃) e ácido salicílico, em que observaram ganhos na germinação e velocidade de germinação.

Diante do cenário de alterações climáticas mundiais que estão proporcionando um aumento contínuo da temperatura, torna-se importante caracterizar a capacidade germinativa das sementes das espécies agrícolas sob condições de estresse térmico. Especialmente, a cultura do girassol por estar distribuída nas mais diversas regiões do país, encontra-se sujeita a amplas variações de temperatura no intervalo da sementeira à germinação. O estudo de técnicas que minimizem tais efeitos constitui um importante foco de pesquisa. Assim sendo, o objetivo do trabalho foi analisar a tolerância ao estresse térmico durante a germinação de sementes de girassol osmocondicionadas com diferentes níveis de vigor.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido nos Laboratório de Sementes do Departamento de Fitotecnia e no Laboratório de Análise de Sementes Florestais do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa (Viçosa, MG). Foram utilizados três lotes de sementes de girassol com diferentes níveis de vigor do cultivar Helio 250, colhidos na safra de 2015, fornecidos pela empresa HELIAGRO.

2.1. Caracterização da qualidade inicial dos lotes

As sementes de cada lote foram avaliadas quanto à qualidade fisiológica por meio dos seguintes testes:

2.1.1 Grau de umidade

A determinação do grau de umidade (base úmida) foi efetuada de acordo com as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009), utilizando-se o método da estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, com quatro repetições de 25 sementes por lote, sendo os resultados expressos em percentagem.

2.1.2 Germinação

Foi conduzido com quatro repetições de 50 sementes de cada lote, segundo a metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). A semeadura foi feita em papel toalha umedecido com volume de água equivalente a 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida, foram confeccionados rolos que foram mantidos em germinador a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. As avaliações foram realizadas no quarto e décimo dia após a semeadura e os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.1.3 Primeira contagem de germinação

Foi conduzido juntamente com o teste de germinação consistindo na porcentagem de plântulas normais observadas no quarto dia após a semeadura (BRASIL, 2009).

2.1.4 Emergência de plântulas

Foi realizado em germinador a $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, em bandejas contendo areia previamente peneirada e autoclavada. As bandejas foram preenchidas com 3,0 kg de areia umedecida a 60% da capacidade de retenção e a semeadura foi feita a uma profundidade de 1 cm. Foram semeadas quatro repetições de 50 sementes por lote. As avaliações foram realizadas diariamente até a estabilização do estande. Para tanto, foram consideradas como emergidas as plântulas normais que apresentavam os cotilédones acima do nível substrato.

2.1.5 Índice de velocidade de emergência

O índice de velocidade de emergência de plântulas foi calculado a partir dos dados obtidos nas contagens diárias efetuadas no teste de emergência (2.1.4), conforme proposto por Maguire (1962):

$$\text{IVE} = \frac{E_1}{N_1} + \frac{E_2}{N_2} + \dots + \frac{E_n}{N_n}$$

Em que:

IVE = Índice de velocidade de emergência (plântulas/dia);

E₁, E₂, E_n = Número de plântulas normais computadas na primeira contagem, na segunda contagem e na última contagem;

N₁, N₂, N_n = Número de dias da semeadura da primeira contagem, à segunda contagem e à última contagem.

2.1.6 Envelhecimento acelerado

Para o teste de envelhecimento acelerado, 250 sementes de cada lote foram distribuídas sobre tela acoplada em caixas do tipo "Gerbox" contendo, ao fundo, 40 mL de água destilada. Foram utilizadas duas caixas contendo 125 sementes cada. As caixas foram tampadas e mantidas em B.O.D a 41 °C por 48 horas. Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação conforme descrito anteriormente. A porcentagem de plântulas normais foi avaliada no quarto dia após a semeadura.

Após a caracterização da qualidade inicial, as sementes de cada lote foram submetidas ao condicionamento osmótico.

2.2 Condicionamento osmótico

Foi realizado em solução aerada de polietileno glicol 6000 (PEG 6000) com potencial osmótico ajustado a -2,0 MPa, na concentração de 400 g L⁻¹, conforme Michel e Kaufman (1973), a 15 °C, durante oito horas (Chojnowski et al., 1997). Para tanto, as sementes foram colocadas em balões de Erlenmeyers (capacidade 500 mL) contendo 350 mL da solução osmótica, que foram vedados com rolha de borracha e supridos com aeração constante por meio de uma bomba de ar. Todo o sistema foi mantido em B.O.D durante todo processo. Ao final do condicionamento, as sementes foram retiradas, lavadas em água corrente para remoção dos resíduos da solução e secas em condições de ambiente de laboratório até atingirem o teor de água inicial que foi de 7,4% em média. Sementes não condicionadas foram utilizadas como controle.

Em seguida, as sementes osmocondicionadas ou não de cada lote foram avaliadas quanto à qualidade fisiológica e atividade do sistema antioxidante em três níveis de temperatura constantes: 15 °C (sub ótima), 25 °C (ótima) e 35 °C (supra ótima), conforme descrito a seguir:

2.2.1 Germinação

As sementes foram colocadas para germinar conforme o método descrito acima para o teste de germinação, utilizando-se as temperaturas de 15, 25 e 35 °C. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

2.2.2 Primeira contagem de germinação

Foi realizado em conjunto ao teste de germinação, como descrito acima, utilizando-se as temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

2.2.3 Comprimento de plântulas

Foram semeadas quatro repetições de dez sementes de forma linear e equidistante em linha traçada no terço superior do papel para germinação umedecido. Em seguida, foram confeccionados rolos que foram acondicionados em germinador nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C. No décimo dia após a semeadura, foram feitas as medições do comprimento das plântulas normais. Os resultados foram expressos em cm.plântula^{-1} .

2.2.4 Massa seca de plântulas

Foi determinada em seguida às avaliações de comprimento de plântula descrita no item 2.2.3. As plântulas foram acondicionadas em sacos de papel e secas em estufa de ar forçado a 72 °C até atingirem peso constante. Posteriormente, foram efetuadas pesagens das plântulas normais e os resultados foram expressos em g.plântula^{-1} .

2.2.5 Emergência de plântulas

Foi conduzido conforme descrito no item 2.1.4, em germinadores nas temperaturas de 15, 25 e 35 °C.

2.2.6 Índice de velocidade de emergência

Foi realizado em conjunto ao teste de emergência nas condições descritas no item 2.1.4, por meio de contagens diárias de plântulas normais emergidas, conforme citado no item 2.1.5.

2.2.7 Determinação da atividade das enzimas do sistema antioxidativo

Para as avaliações das atividades enzimáticas, cerca de 50 sementes osmocondicionadas ou não (controle) de cada lote foram inicialmente pesadas (Pi) e colocadas para embeber em papel toalha umedecido com água, sendo mantidas sob as temperaturas estudadas de 15, 25 e 35 °C, em incubadora tipo B.O.D, para definição do tempo necessário para atingirem a fase II da embebição (Bewley et al., 2013), e alcançarem grau de umidade suficiente para ativação da atividade enzimática. Para tanto, foram feitas pesagens sucessivas das sementes em intervalos regulares de tempo até se obter o peso requerido (PR) para atingir o grau de umidade desejado, cerca de 35%, adotando-se a seguinte fórmula:

$$PR = \left(100 - \frac{GU_i}{100} - GU_d \right) \times Pi$$

Em que:

PR = peso requerido no grau de umidade desejado (g);

GU_i = grau de umidade inicial (%);

GU_d = grau de umidade desejado (%);

Pi = peso inicial das sementes (g).

O tempo médio de embebição das sementes na temperatura sub ótima (15 °C) foi de 48 h, na temperatura controle ou ótima (25 °C) correspondeu à 24 h e na temperatura supra ótima (35 °C) foi de aproximadamente 12 h.

Foram avaliadas as atividades das enzimas do sistema de defesa antioxidativo: superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POX) e ascorbato peroxidase (APX).

2.2.7.1 Determinação de proteínas

Os teores de proteínas dos extratos enzimáticos foram determinados pelo método de Bradford (1976), utilizando BSA como padrão. Cerca de 100 µL do extrato enzimático foi adicionado a 1 mL do reagente de Bradford, seguido de agitação. Após 20 minutos, foi realizada a leitura da absorbância da amostra em espectrofotômetro a 595 nm.

2.2.7.2 Obtenção do extrato enzimático para determinação da atividade de enzimas antioxidantes

Para a obtenção dos extratos enzimáticos brutos para as determinações da atividade da superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT), peroxidase (POX) e da peroxidase do ascorbato (APX), os embriões de cada lote foram congelados em nitrogênio líquido, após o período de embebição nas temperaturas propostas, conforme descrito no item 2.2.7, e mantidas em freezer à temperatura de -80 °C. Posteriormente, foram macerados cerca de 0,3 g de embrião de girassol. Foram então adicionados 2 mL de meio de extração, tampão fosfato de potássio (0,1M, pH 6,8) ácido etilenodiaminotetracético (EDTA) 0,1mM, fluoreto de fenilmetilsulfônico (PMSF) 1 mM e polivinilpirrolidona (PVPP) 1% (p/v) (Peixoto et al., 1999). Em seguida, foram feitas duas centrifugações a 15.000 xg por 15 minutos, a 4 °C para retirada da camada de óleo do sobrenadante.

2.2.7.3 Determinação da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD)

Para avaliação da atividade da SOD, o protocolo proposto por Del Longo et al. (1993) foi ajustado para as sementes de girassol, por meio da adição de 30 µL do extrato enzimático bruto a 2,97 mL do meio de reação constituído de tampão fosfato de sódio (50 mM, pH 7,8), contendo metionina 13 mM, azul de p-nitro tetrazólio (NBT) 75µM, EDTA 0,1 mM e riboflavina 2 µM. A reação foi conduzida a 25 °C por cinco minutos em câmara de reação iluminada com lâmpadas fluorescentes de 15 W. O branco foi obtido nas mesmas condições, porém na ausência de luz. Assim, a fotorredução do NBT foi determinada pela medição da absorbância a 560 nm (Giannopolitis e Ries, 1977). Uma unidade de SOD foi definida como a quantidade da enzima capaz de inibir 50% da fotoinibição do NBT (Beauchamp e Fridovich, 1971).

2.2.7.4 Determinação da atividade da enzima catalase (CAT)

A atividade da catalase foi determinada de acordo com o protocolo proposto por Haver e Mchale (1987), por meio da adição de 30 µL do extrato enzimático bruto em 2,97 mL do meio de reação constituído de tampão fosfato de potássio (50 mM, pH 7,0 e H₂O₂ 12,5 mM). A atividade enzimática foi obtida com base na leitura em espectrofotômetro no comprimento de onda de 240 nm durante o primeiro minuto da reação, a 25 °C, em seguida calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de

$36 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (Anderson et al., 1995). Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ de proteína.

2.2.7.5 Determinação da atividade das peroxidases (POX)

A atividade das peroxidases foi determinada pela adição de 50 μL do extrato enzimático bruto a 2,95 mL de meio de reação constituído de tampão fosfato de potássio (25 mM, pH 6,8), pirogalol 20 mM e peróxido de hidrogênio 20 mM (Kar e Mishra, 1976). Durante o primeiro minuto de reação foi observado o aumento da absorbância no comprimento de onda de 420 nm a 25 °C. A atividade enzimática foi calculada utilizando-se o coeficiente de extinção molar de $2,47 \text{ mM}\cdot\text{L}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (Chance e Maehley, 1955) e expressa em $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ de proteína.

2.2.7.6 Determinação da atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX)

A atividade da ascorbato peroxidase foi obtida por meio da adição de 50 μL do extrato enzimático bruto em 2,95 mL do meio de reação constituído de tampão fosfato de potássio (50 mM, pH 7,8), ácido ascórbico 0,25 mM, EDTA 0,1 mM e H_2O_2 0,3 mM. Foi observado o decréscimo da absorbância a 290 nm durante o primeiro minuto a 25 °C. A atividade enzimática foi calculada conforme o coeficiente de extinção molar $2,8 \text{ mM}^{-1}\text{cm}^{-1}$ (Nakano e Asada, 1981), e o resultado expresso em $\mu\text{mol}\cdot\text{min}^{-1}\text{mg}^{-1}$ proteína.

2.3 Análise estatística

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, em esquema fatorial 2×3 , (sementes osmocondicionadas e não x três temperaturas – sub, ótima e supra ótima) para cada lote. Os dados foram submetidos à análise de variância e a comparação de médias foram realizadas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caracterização dos lotes de sementes de girassol

A caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes dos três lotes utilizados no experimento encontra-se na Tabela 1. Não houve diferença significativa no grau de umidade das sementes (GU), característica esta importante, pois a uniformidade

do grau de umidade das sementes é essencial para a padronização das avaliações, favorecendo a obtenção de resultados consistentes (Kryzanowski et al., 1999). O teste de germinação (GER) demonstrou diferença significativa entre os três lotes, de modo que o lote 1 apresentou os maiores valores médios com 92% de germinação, seguido pelo lote 2 com 76% e a menor porcentagem foi verificada para o lote 3, com 71% de germinação. Da mesma maneira como foi observado no teste de GER, foi possível separar os três lotes entre si pelos testes de vigor de primeira contagem de germinação (PCG), emergência de plântulas (EME) e envelhecimento acelerado (EAC), sendo que para todos esses testes os melhores resultados foram observados para o lote 1, seguido pelo lote 2 e as piores performances foram verificadas no lote 3. Apenas para o teste de índice de velocidade de emergência (IVE) não houve diferença significativa entre os lotes 2 e 3, sendo ambos superados pelo lote 1. De maneira geral, considerando os resultados obtidos, pode-se categorizar os lotes 1, 2 e 3 como sendo de alta, média e baixa qualidade fisiológica, respectivamente.

Tabela 1. Caracterização inicial da qualidade fisiológica das sementes dos três lotes de girassol, cultivar Helio 250: Grau de umidade (GU), germinação (GER), primeira contagem de germinação (PCG), emergência (EME), índice de velocidade de emergência (IVE) e envelhecimento acelerado (EAC).

Lote	GU %	GER %	PCG %	EME %	IVE	EAC %
1	7,10 a	92 a	83 a	89 a	10,5 a	80 a
2	7,08 a	76 b	73 b	75 b	9,6 b	65 b
3	7,09 a	71 c	46 c	70 c	9,1 b	59 c
CV (%)	0,48	2,18	3,35	2,20	3,58	2,32

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

3.2 Efeito do condicionamento osmótico na qualidade fisiológica de sementes de girassol sob diferentes temperaturas

Pela Figura 1, observa-se que não houve efeito do condicionamento osmótico na germinação das sementes dos lotes 1 e 2, o que pode ser atribuído à sua qualidade fisiológica inicial, alto e médio vigor, respectivamente. Em todas as temperaturas testadas não houve diferença entre a germinação das sementes destes lotes condicionadas e não condicionadas. No entanto, o condicionamento favoreceu a germinação das sementes do lote de menor qualidade fisiológica (lote 3). Para este lote,

o condicionamento promoveu aumento na germinação em todas as condições térmicas avaliadas, sendo que o efeito mais pronunciado ocorreu na temperatura supra ótima (35 °C), com incremento médio de 35% (18 pontos percentuais) no valor da germinação, que era de 51% e aumentou para 69%. Assim, o lote 3, inicialmente com 71% de germinação na temperatura de 25 °C, atingiu 79% de germinação após o condicionamento osmótico (Figura 1), valor este superior ao padrão mínimo de germinação estabelecido para a comercialização das sementes de girassol que é de 70% (MAPA, 2013).

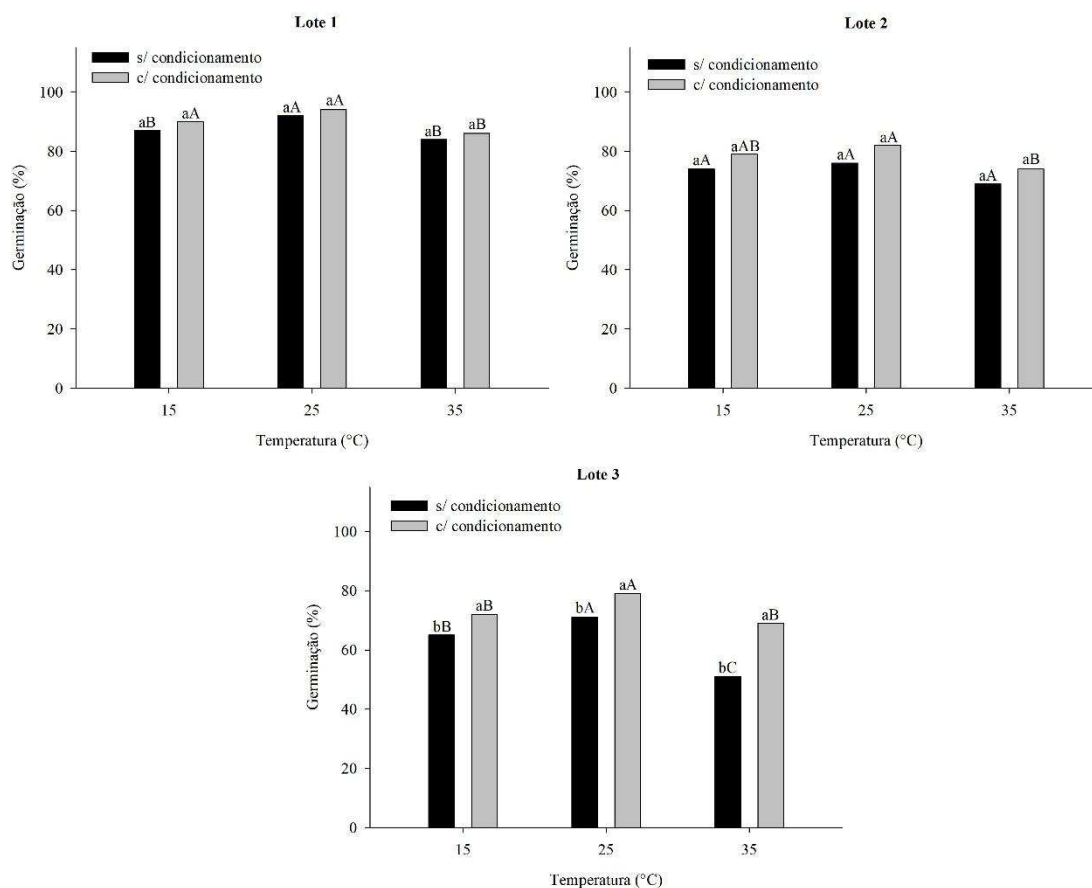


Figura 1. Germinação de sementes de três lotes de girassol ‘Helio 250’ condicionadas (C/Cond.) ou não (S/Cond.), sob diferentes temperaturas. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Alguns autores relatam que o sucesso do condicionamento osmótico depende, dentre outros fatores, da qualidade inicial dos lotes (Nascimento e Aragão, 2002; Silva

et al., 2007; Farooq et al., 2009; Pereira et al., 2008; Armondes et al., 2016) e que, de maneira geral, em sementes de alto vigor as respostas ao condicionamento são limitadas, conforme observado pelos resultados de germinação das sementes dos lotes 1 e 2. Por essa razão, o tratamento tem sido comumente designado na literatura como um revigoramento de sementes (Silva et al., 2016).

O efeito benéfico do osmocondicionamento favorecendo a germinação de sementes de menor qualidade fisiológica foi evidenciado por diversos autores, como Ávila et al. (2008) em sementes de canola, Mwale et al. (2003) e Barros e Rossetto (2009) em sementes de girassol, Yuan-Yuan et al. (2010) em sementes de arroz, Armondes et al. (2016) em sementes de repolho. Bailly et al. (2000) ao condicionarem sementes de girassol com soluções de PEG 6000 e PEG 8000 a -2,0 MPa, também observaram incrementos na porcentagem de germinação de sementes envelhecidas artificialmente por diferentes períodos. Resultado semelhante foi descrito por Rabbani et al. (2013) em sementes de girassol. Esse incremento no potencial germinativo tem sido correlacionado à ativação de mecanismos de reparos macromoleculares e do sistema de membranas, favorecendo as atividades enzimáticas (Artola et al., 2003; Posmyk e Janas, 2007). Para Marcos Filho (2005), o controle da embebição promovido pelo osmocondicionamento possibilita que as sementes menos vigorosas tenham tempo suficiente para reparação e/ou, reorganização das membranas, visando alcançar o estágio de atividade metabólica semelhante às mais vigorosas. Razão pela qual se justifica a aplicação desta técnica na cultura do girassol, a fim de minimizar os efeitos da maturação desuniforme das sementes ao longo do processo produtivo.

Com relação ao comportamento das sementes nas diferentes temperaturas (Figura 1), verifica-se para as sementes não condicionadas dos lotes 1 e 2 maior germinação na temperatura ótima (25 °C) em relação às temperaturas sub e supra ótimas. Após o condicionamento, verificou-se que a germinação nas temperaturas de 25 °C e 15 °C não diferiram entre si, sendo, em geral, superior à obtida a 35 °C. Já para as sementes do lote de menor vigor (lote 3) sem condicionamento, houve diferença entre a germinação obtida nas três temperaturas, com maior valor a 25 °C e menor valor a 35 °C. Quando condicionadas, as sementes deste lote tiveram germinação a 25 °C significativamente superior à obtida nas temperaturas sub e supra ótimas.

Este fato foi evidenciado nas sementes não condicionadas do lote menos vigoroso (lote 3), em que houve um decréscimo da porcentagem de germinação, em

torno de 39% ao se comparar o efeito da temperatura ótima em relação à supra ótima. Comparando-se os resultados obtidos nestas temperaturas, (25 e 35 °C), para as sementes osmocondicionadas deste mesmo lote, verifica-se que esta redução na germinação foi menos intensa, em torno de 14%. Resultados semelhantes foram descritos por Corbineau et al. (2002) e Albuquerque e Carvalho (2003), quanto à redução da porcentagem de germinação em sementes de girassol expostas a altas temperaturas.

Não houve efeito do condicionamento osmótico na primeira contagem de germinação das sementes do lote de melhor qualidade fisiológica (lote 1) tanto a 15, 25 e 35 °C, conforme a Figura 2. Verificou-se efeito positivo do condicionamento para as sementes dos lotes 2 e 3 em todas as temperaturas testadas.

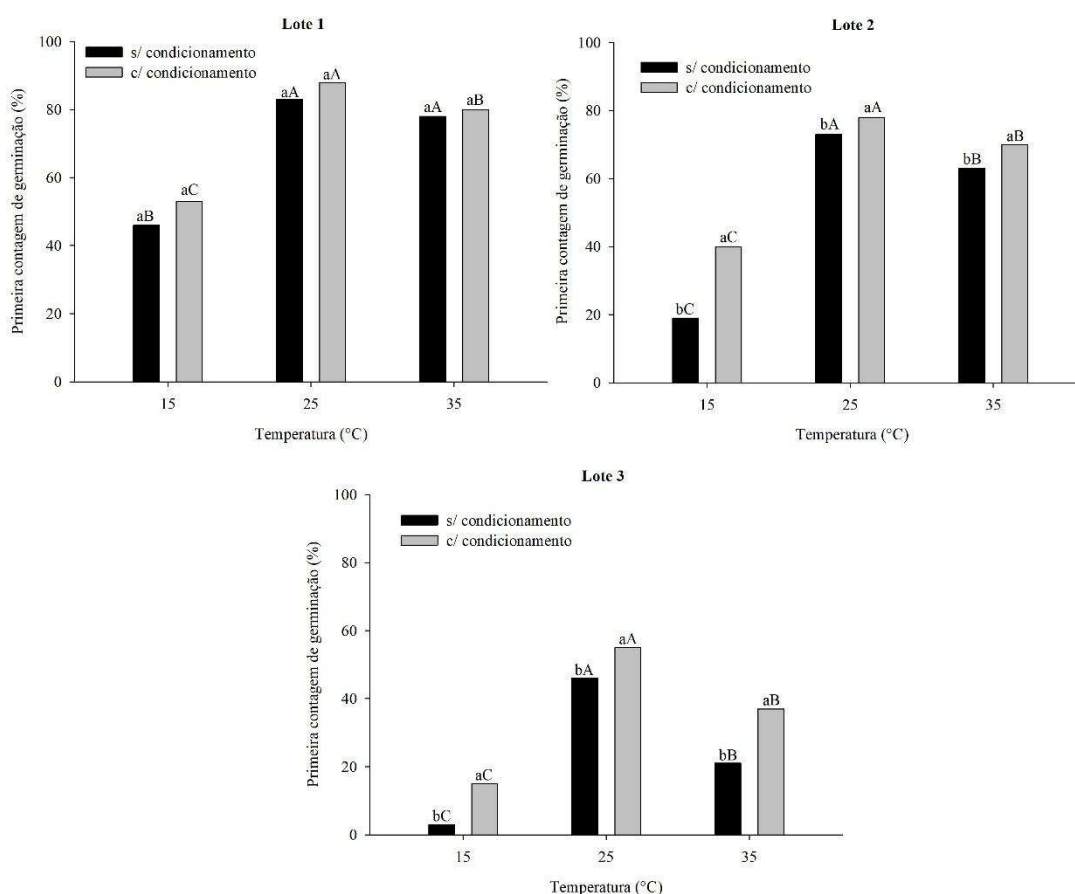


Figura 2. Primeira contagem de germinação de três lotes de girassol ‘Helio 250’ condicionadas (C/Cond.) ou não (S/Cond.), sob diferentes temperaturas. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Nakagawa (1999), sementes que apresentam maior porcentagem de plântulas normais na primeira contagem são mais vigorosas por apresentarem maior velocidade de germinação. Deste modo, pode-se afirmar que o condicionamento osmótico foi eficiente para acelerar a germinação das sementes dos lotes 2 e 3, os quais foram classificados como sendo de média e baixa qualidade fisiológica nos testes de avaliação da qualidade inicial (Tabela 1). Rabbani et al. (2013), relataram efeitos semelhantes do osmocondicionamento na germinação e na velocidade de germinação em sementes de girassol 'BRS-GIRA 19'. O efeito benéfico do condicionamento osmótico favorecendo, sobretudo, variáveis relativas à velocidade de germinação e emergência, são descritos como a principal vantagem desta técnica (Varier et al., 2010; Arif et al., 2014), fato que também foi verificado no presente estudo (Figura 2).

A melhoria da qualidade fisiológica das sementes osmocondicionadas é relacionada ao fato de que, durante o tratamento, ocorre a ativação de eventos pré-germinativos permitindo que o metabolismo das sementes alcance o final da Fase II da embebição, descrita por Bewley et al. (2013). Alguns trabalhos na literatura relatam que o aumento observado no vigor das sementes osmocondicionadas ocorre em razão da eficiência do tratamento em reparar a organização estrutural da membrana plasmática durante a embebição (Hsu et al., 2003; Chiu et al., 2006).

Considerando que a primeira contagem de germinação é uma variável associada à velocidade de germinação, a temperatura teve efeito significativo no desempenho das sementes de todos os lotes (Figura 2). Apenas para as sementes não condicionadas do lote 1 (maior vigor), não houve diferença significativa entre os valores obtidos a 25 e 35 °C, os quais foram superiores aos observados a 15 °C. Para as sementes condicionadas deste lote e também para as condicionadas e não condicionadas dos lotes 2 e 3, houve diferença significativa entre as três temperaturas quanto à velocidade de germinação, com maior velocidade a 25 °C e menor velocidade a 15 °C. Assim, de maneira geral, os valores de primeira contagem de germinação obtidos nas temperaturas sub e supra ótima, para todos os lotes, foram inferiores aos observados na temperatura de 25 °C. Bewley et al. (2013) relatam que baixas temperaturas reduzem a dinâmica de absorção de água, retardando a velocidade do processo germinativo e, conseqüentemente, a formação de plântulas normais. Para sementes de girassol, o teste de primeira contagem de germinação é realizado no quarto dia após a semeadura, o que remete a um período relativamente curto para manifestação de resultados quantitativos mais expressivos,

especialmente, a 15 °C. Todavia, em se tratando de um teste que fornece informações sobre o vigor, o conjunto de resultados obtidos nas diferentes temperaturas é importante para se atestar a eficiência do tratamento. Observa-se, para o lote 2 (Figura 2), que na temperatura sub ótima, a germinação das sementes na primeira contagem passou de 19% (não condicionadas) para 40% (condicionadas), com um aumento significativo de 21 pontos percentuais.

À semelhança do que foi encontrado para a primeira contagem de germinação (Figura 2), os resultados do índice de velocidade de emergência (IVE) seguiram tendência semelhante (Figura 3).

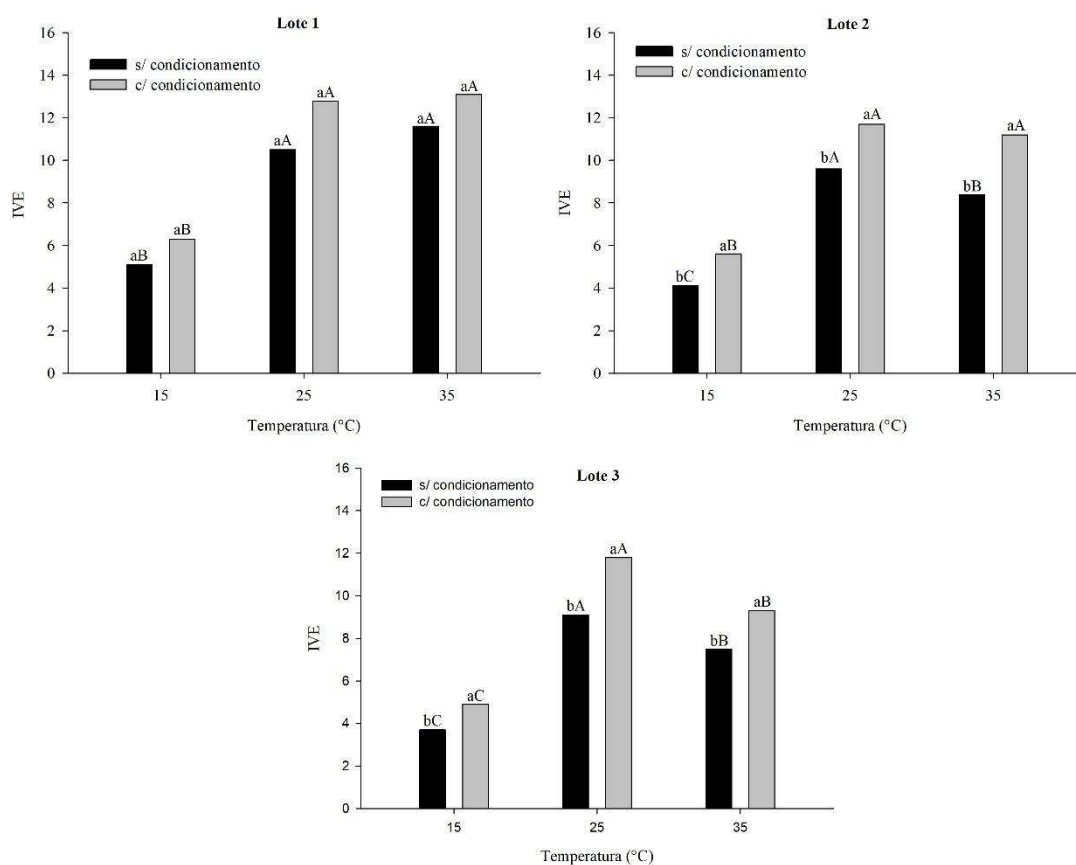


Figura 3. Índice de velocidade de emergência (IVE) de plântulas de três lotes de girassol ‘Helio 250’ condicionadas (C/Cond.) ou não (S/Cond.), sob diferentes temperaturas. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve efeito positivo do osmocondicionamento nas sementes dos lotes 2 e 3 em todas as temperaturas avaliadas. O resultado mais expressivo foi observado para o lote de vigor intermediário (lote 2), na temperatura supra ótima, com incremento na ordem de 33% na velocidade de emergência, o que corresponde à redução de 2,8 dias entre a semeadura e a emergência de plântulas. Conforme mencionado para o teste de primeira contagem de germinação, temperaturas sub ou supra ótimas podem alterar a dinâmica do processo de germinação das sementes e a velocidade de emergência das plântulas em campo, isto se deve principalmente às alterações na duração da Fase II, durante o processo de embebição de água pelas sementes (Nascimento, 2000).

Com relação às temperaturas de germinação (Figura 3), observa-se que para o lote de maior vigor (lote 1), não houve diferença significativa entre os valores obtidos a 25 e 35 °C, tanto para sementes condicionadas como não condicionadas, o que também foi constatado para as sementes condicionadas do lote 2. Já para os lotes 2 e 3, de qualidade intermediária e baixa, respectivamente, as três temperaturas avaliadas diferiram entre si, com maiores valores de IVE a 25 °C e menores a 15 °C. Segundo Carvalho e Nakagawa (2012), o principal efeito de temperaturas sub e supra ótimas durante a germinação de sementes de menor vigor está relacionado ao atraso da emergência das plântulas, como observado no presente estudo para os lotes 2 e 3 (Figura 3). Entretanto, os benefícios provenientes do osmocondicionamento com PEG a -2,0 MPa foram suficientes para minimizar tais efeitos em ambos os lotes.

Diversos estudos demonstram efeito positivo do condicionamento osmótico na velocidade de germinação das sementes e emergência das plântulas em campo, tanto para olerícolas quanto para grandes culturas (Sedghi et al., 2010; Demir e Yasar, 2012; Pandita et al., 2010; Arif et al., 2014; Hussain et al., 2017). Haider et al. (2016) ressaltam a eficiência desta técnica sobretudo em condições ambientais adversas. A embebição controlada promovida pelo condicionamento osmótico induz mecanismos de proteção e reparo nas sementes favorecendo a aclimatização, o que permite as sementes tolerarem condições adversas (Kubala et al., 2015). Para Marcos Filho e Kikutu (2008), em situações adversas, maiores valores de velocidade de emergência são vantajosos, pois acarretam em menor período de exposição das sementes frente às intempéries ambientais, principalmente nas fases críticas de germinação e emergência.

Em conformidade ao exposto no presente trabalho, outros autores relataram efeitos semelhantes, como Carvalho et al. (2000) em sementes de sorgo (PEG a -1,2

MPa) e Giudice (1998) em sementes de soja (PEG 6000 a -0,8 MPa). Na cultura do girassol, Bailly et al. (1998; 2000) e Barros e Rossetto (2009) também descreveram acréscimos na velocidade de emergência das plântulas provenientes de sementes osmocondicionadas com PEG a -2,0 MPa.

Para os resultados de emergência de plântulas (Figura 4), verificou-se efeito positivo do condicionamento osmótico apenas para o lote de menor vigor (lote 3). Houve aumento da emergência em todas as temperaturas estudadas, sendo o resultado mais expressivo observado na temperatura supra ótima, com aumento de 40% de plântulas emergidas, ou seja, 19 pontos percentuais, passando de 47% para 66%.

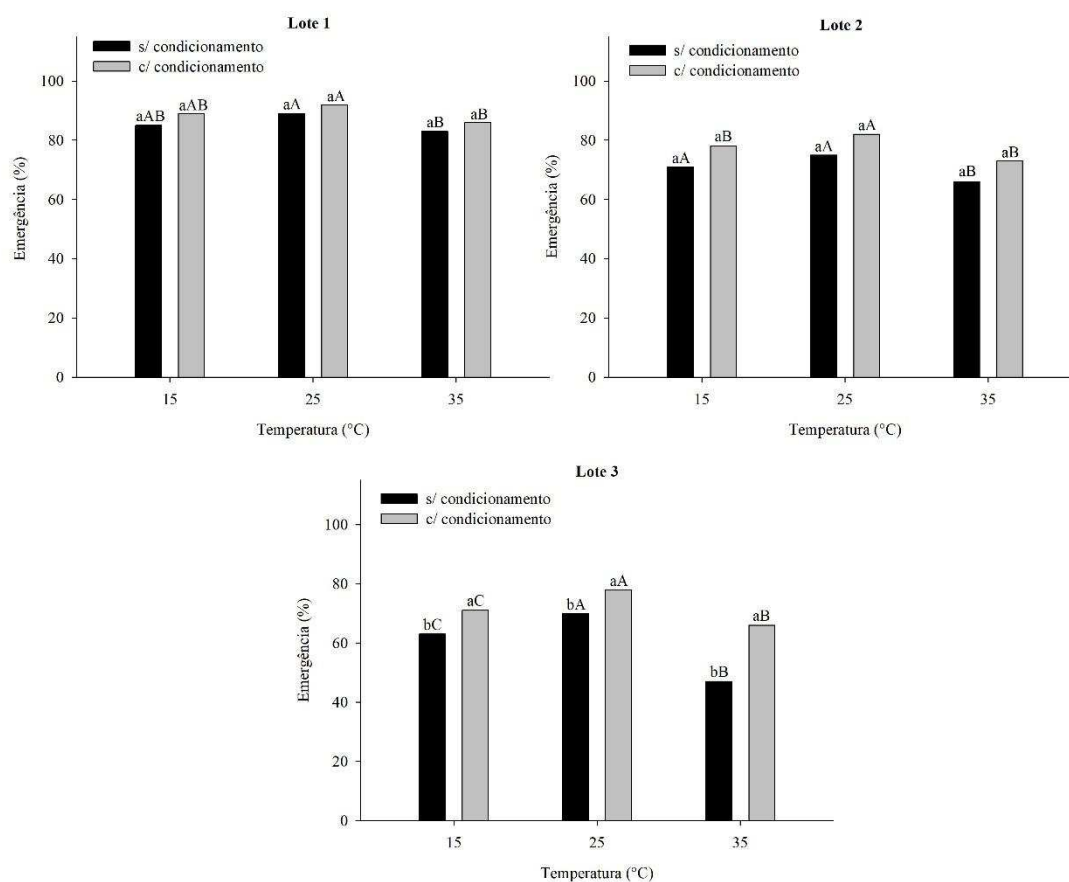


Figura 4. Emergência de plântulas de três lotes de girassol ‘Helio 250’ condicionadas (C/Cond.) ou não (S/Cond.), sob diferentes temperaturas. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na literatura verifica-se que os benefícios do condicionamento osmótico na emergência de plântulas dependem da qualidade inicial dos lotes. Silva et al. (2016),

avaliando os efeitos do condicionamento osmótico com PEG -1,0 e -1,2 MPa em sementes de soja de diferentes níveis de vigor, verificaram aumento da emergência de plântulas para os lotes de médio vigor e que esses resultados favoráveis se reproduziram nos parâmetros de produtividade avaliados (altura de inserção da primeira vagem, número de vagens/planta, número de sementes/planta, número de sementes/vagem). Em sementes de canola, Ávila et al. (2008) obtiveram resultados positivos apenas nos lotes de baixo vigor. Especificamente com sementes de girassol, Mwale et al. (2003) afirmaram que a utilização da solução de PEG 8000 a -0,6 MPa aumentou a emergência de plântulas em 10%. Da mesma forma, Hussain et al. (2006) observaram aumento médio de 80% na emergência de plântulas provenientes em sementes osmocondicionadas com diferentes agentes osmóticos em relação ao controle.

Os resultados de emergência de plântulas (Figura 4) foram semelhantes aos obtidos no teste de germinação (Figura 1) para os três lotes, ou seja, os efeitos positivos do condicionamento osmótico foram observados apenas para o lote de menor qualidade fisiológica (lote 3) tanto na temperatura ideal (25 °C) como na sub e supra ótima (15 e 35 °C, respectivamente). Esse fato é particularmente importante, pois em condições ideais é esperado que o potencial germinativo estimado das sementes se reproduza em campo. Sabe-se, todavia, que as condições ambientais exercem influência sobre a manifestação do potencial fisiológico das sementes e, portanto, quando a semeadura é realizada sob condições desfavoráveis, a emergência de plântulas geralmente é inferior à germinação em laboratório (Miguel e Marcos Filhos, 2002). Assim sendo, os resultados obtidos reforçam os benefícios da aplicação da técnica de osmocondicionamento em condições de temperatura sub e supra ótima em lotes de sementes de girassol de menor qualidade fisiológica.

Não houve efeito do osmocondicionamento no comprimento de plântulas independente do lote e da temperatura estudada (Figura 5).

Para a variável matéria seca (Figura 6), observou-se efeito positivo do condicionamento osmótico nas sementes dos lotes 2 e 3 em todas as temperaturas. Cabe ressaltar, que os resultados de comprimento e matéria seca de plântulas foram balizados apenas para as plântulas caracterizadas como normais, conforme descrito na metodologia. Assim sendo, esses resultados devem-se às plântulas mais vigorosas, após o décimo dia da semeadura, uma vez que o foco da pesquisa foi avaliar a tolerância das sementes na germinação.

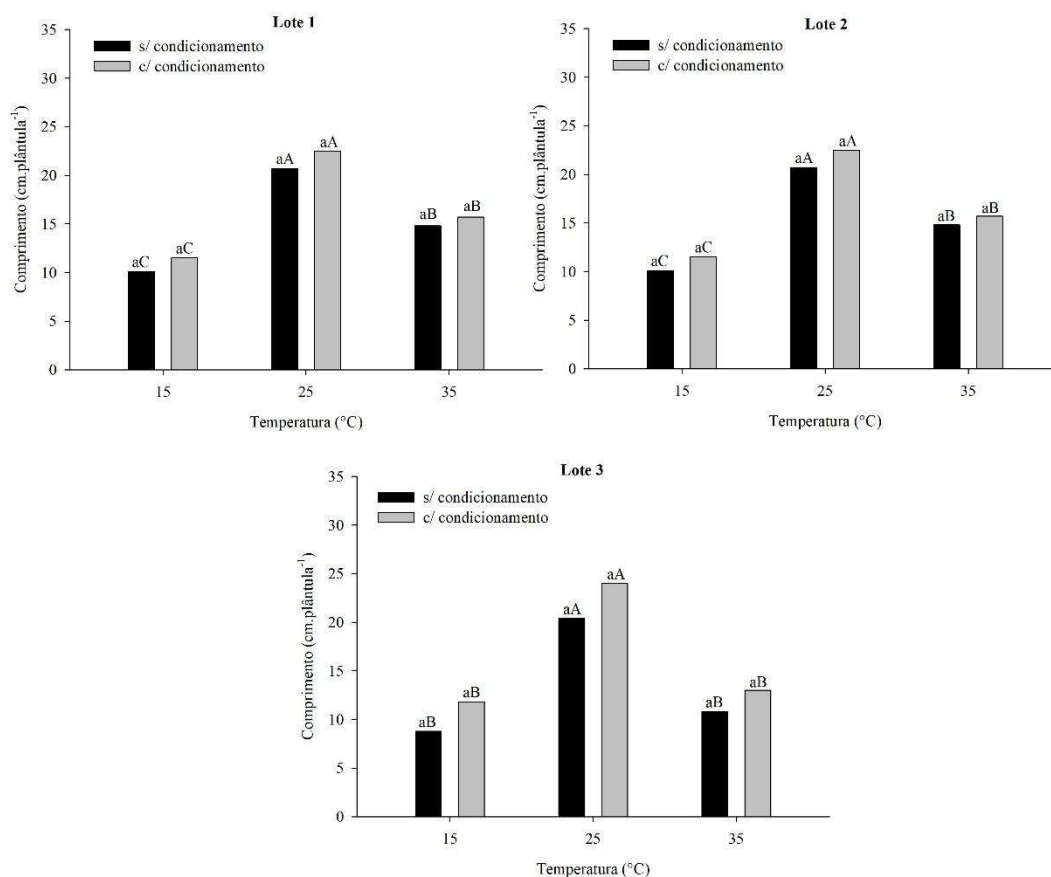


Figura 5. Comprimento de plântula de três lotes de girassol ‘Helio 250’ condicionadas (C/Cond.) ou não (S/Cond.), sob diferentes temperaturas. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os maiores acréscimos de matéria seca de plântula foram verificados no lote de médio vigor (lote 2), em que houve incremento médio em torno de 12% nas temperaturas 15 e 25 °C, ao passo que na temperatura supra ótima o aumento foi de 6%. No lote mais vigoroso (lote 1), os acréscimos na matéria seca foram menos expressivos, sendo o maior incremento verificado na temperatura sub ótima, com um valor médio de 9%.

De maneira geral, plântulas com menor conteúdo de matéria seca apresentam-se menos vigorosas, sendo, portanto, menos tolerantes e/ou resistentes às condições adversas de campo. Assim sendo, os incrementos obtidos pelo osmocondicionamento nas sementes de girassol foram suficientes para superar os efeitos deletérios das

temperaturas sub e supra ótima no desenvolvimento das plântulas para os lotes 1 e 2. Rashid et al. (2002) relataram efeito semelhante na matéria seca de plântula em condição sub e supra ótima de temperatura em sementes osmocondicionadas de milho. Vinhal-Freitas et al. (2011) observaram aumento no comprimento e massa seca de plântulas de soja osmocondicionadas em PEG a -0,2 MPa. Na cultura do girassol também foram observados resultados positivos do condicionamento osmótico na matéria seca de plântulas (Kaya et al., 2006; Madany e Khalil, 2017).

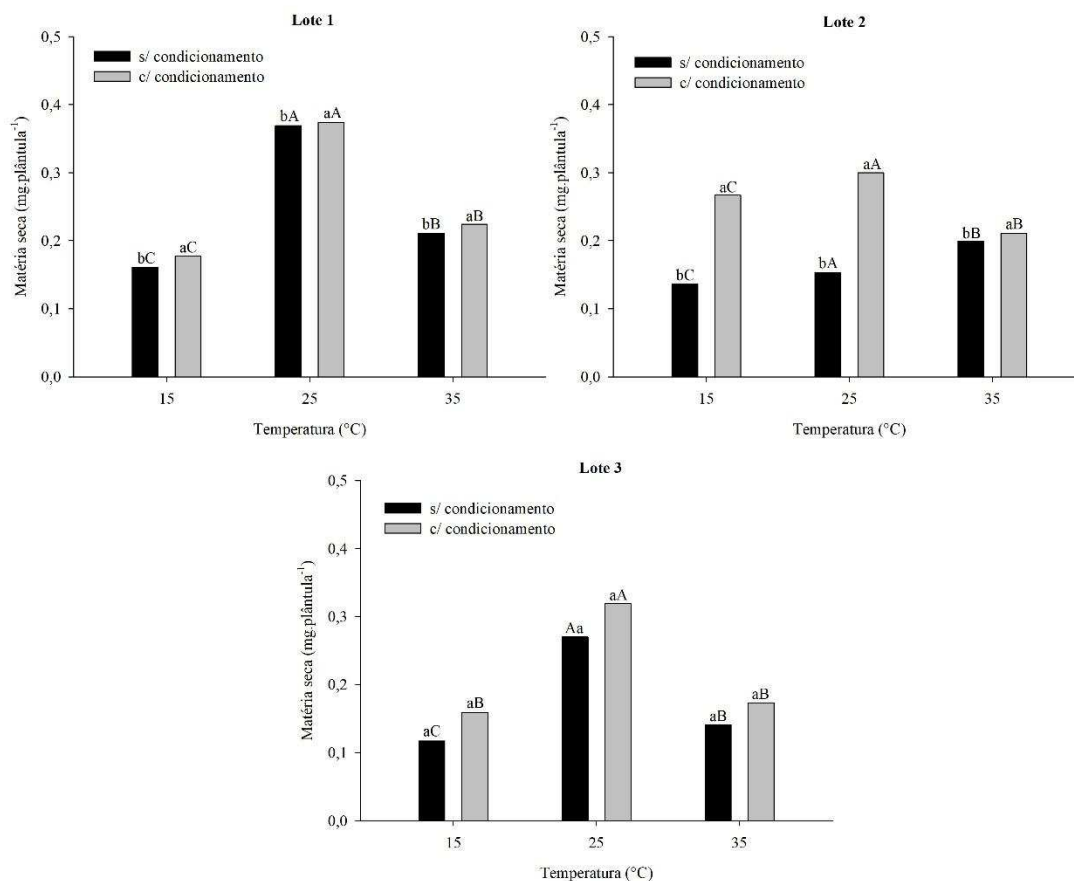


Figura 6. Massa seca de plântula de três lotes de girassol ‘Helio 250’ condicionadas (C/Cond.) ou não (S/Cond.), sob diferentes temperaturas. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Segundo Trigo et al. (1999), o fato das sementes osmocondicionadas apresentarem plântulas com maior acúmulo de matéria seca pode estar relacionado aos processos metabólicos que ocorrem durante o condicionamento. Estes processos

induzem à uma prolongada capacidade de síntese de proteínas, promovendo um balanço metabólico favorável, que resulta no acúmulo de biomassa.

Em síntese, verifica-se que, de modo geral, o condicionamento osmótico das sementes de girassol em solução de PEG 6000 a -2,0 MPa foi eficiente para melhorar o desempenho das sementes de menor qualidade fisiológica (lote 3) conforme pode ser comprovado pelos resultados de germinação (Figura 1), emergência de plântulas (Figura 4) tanto na temperatura ideal (25 °C) quanto nas temperaturas sub e supra ótimas (15 e 25 °C, respectivamente). Observou-se ainda que o condicionamento osmótico das sementes dos lotes 2 (médio vigor) e 3 (baixo vigor) contribuiu para aumentar a velocidade de germinação das sementes, avaliada tanto pela primeira contagem de germinação (Figura 2) como pelo índice de velocidade de emergência (Figura 3), em praticamente todas as temperaturas testadas. O comprimento de plântulas não foi afetado pelo condicionamento (Figura 5), enquanto a massa seca de plântulas (Figura 6) aumentou com o condicionamento das sementes do lote 1 e 2 nas três temperaturas.

3.3 Efeito do condicionamento osmótico na atividade enzimática de sementes de girassol sob diferentes temperaturas

Não houve efeito significativo do condicionamento osmótico na atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) nas sementes dos lotes de alto (lote 1) e médio vigor (lote 2). Por outro lado, foi observado aumento da atividade desta enzima nas sementes condicionadas do lote 3, nas temperaturas 25 e 35 °C (Figura 7).

A enzima superóxido dismutase (SOD) destaca-se por ser a primeira enzima que atua na defesa do organismo contra as espécies reativas de oxigênio (EROs) (Antunes-Neto et al., 2005). Segundo Zelko et al. (2002), a SOD é considerada enzima-chave na regulação de concentrações intracelulares de radicais superóxidos e peróxidos a níveis não tóxicos para as células. O principal papel desta enzima é transformar o superóxido em peróxido de hidrogênio, cujo composto é menos reativo (Gill e Tuteja, 2010). Quando as enzimas antioxidantes não atuam de forma eficiente na eliminação das EROs geradas, a peroxidação lipídica se torna mais evidente, sendo este o principal sintoma atribuído ao dano oxidativo, frequentemente utilizada como um indicador de danos às membranas celulares (Maia, 2012).

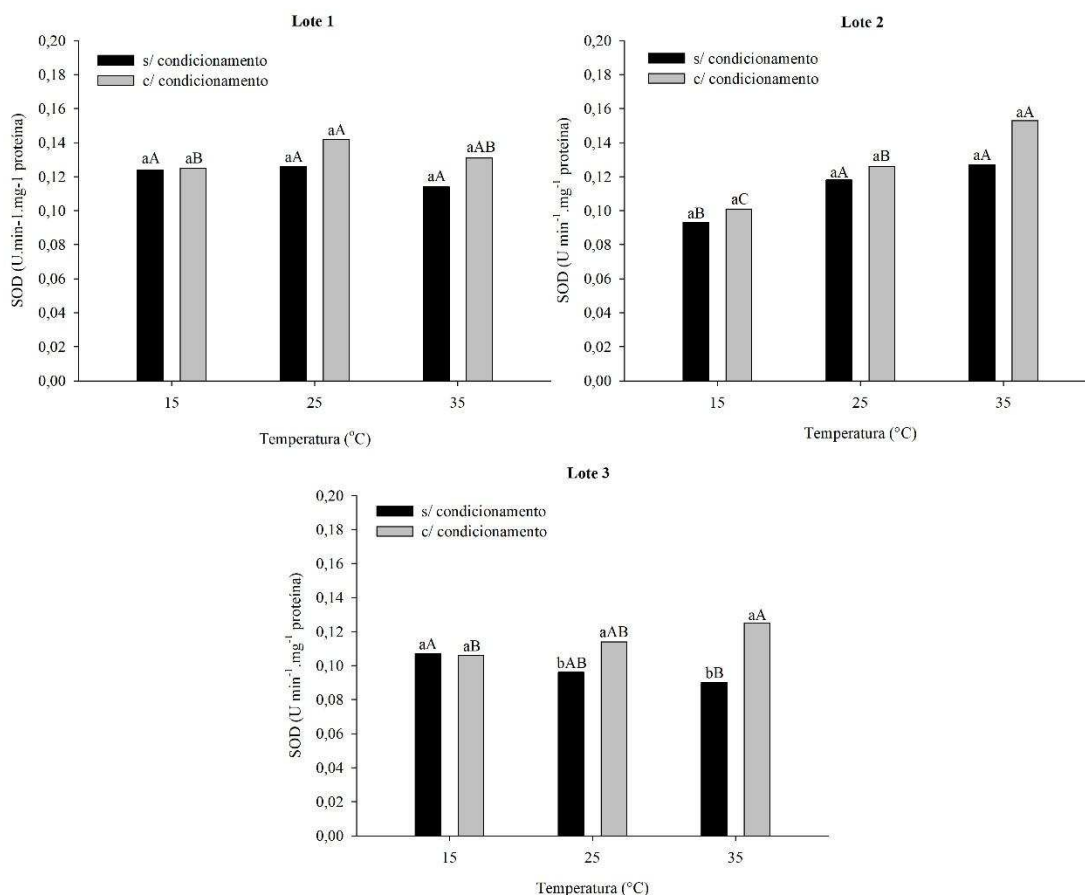


Figura 7. Valores médios da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD) em sementes de três lotes de girassol, em diferentes temperaturas, com e sem condicionamento. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O aumento da atividade da SOD em sementes osmocondicionadas foi constatado por diversos autores (Eisvand et al., 2010; Amooghaie, 2011; Umair et al., 2012), que atribuem o reparo das membranas como responsável por evocar a atividade do sistema antioxidante enzimático. É relatado ainda, que o aumento da atividade desta enzima é reconhecido por conferir tolerância ao estresse oxidativo (Jaleel et al., 2007; Mittler, 2002). Esse efeito pode ser observado nas sementes de girassol do lote 3, em que o condicionamento osmótico com PEG a -2,0 MPa favoreceu o desempenho das sementes sob condições sub (15 °C) e supra ótima (35 °C) de temperatura tendo reflexos positivos nas porcentagens de germinação (Figura 1) e emergência (Figura 4) e velocidade de germinação (Figura 2 e 3).

Ao se comparar o efeito das temperaturas (Figura 7) dentro de cada tratamento de condicionamento, observou-se que apenas para as sementes não condicionadas do lote 1 não houve diferença entre as temperaturas. As sementes osmocondicionadas deste lote quando colocadas para germinar a 25 °C e 35 °C não diferiram quanto à atividade da SOD, que foi superior à observada nas sementes sob temperatura de 15 °C, o que também ocorreu para as sementes do lote 2 sem condicionamento. Nas sementes osmocondicionadas deste lote, verificou-se maior atividade da SOD na temperatura de 35 °C e menor atividade a 15 °C, o que também ocorreu para as sementes condicionadas do lote 3 (menor vigor). Já as sementes não condicionadas deste lote, a maior atividade da SOD ocorreu a 15 °C e a menor, a 35 °C.

Assim, de modo geral, pode-se observar que as sementes osmocondicionadas apresentaram maior atividade da SOD na condição supra ótima, indicando indução no aumento da atividade desta enzima, a fim de remover possíveis danos por acúmulo das EROs na temperatura de 35 °C (Figura 7). Kumar et al. (2012), trabalhando com genótipos de milho e arroz, também relataram aumento da atividade da SOD em condição supra ótima (40 °C).

A catalase (CAT) é encontrada principalmente nos glioxissomos, local de origem do H₂O₂ como subproduto da β-oxidação dos ácidos graxos e fotorrespiração (Gill e Tuteja, 2010). A CAT é efetiva, principalmente em concentrações relativamente altas de H₂O₂, por isso é considerada indispensável para a desintoxicação de EROs, quando os níveis de H₂O₂ são maiores (Ye et al., 2012), especialmente em condições de estresse, como observado nas sementes de girassol expostas às temperaturas sub e supra ótima (Figura 8). A inibição da CAT, por outro lado, leva ao aumento das espécies reativas de oxigênio, proporcionando um estresse oxidativo, que pode afetar o desenvolvimento das plântulas ou até mesmo provocar a morte celular (Silva et al., 2007).

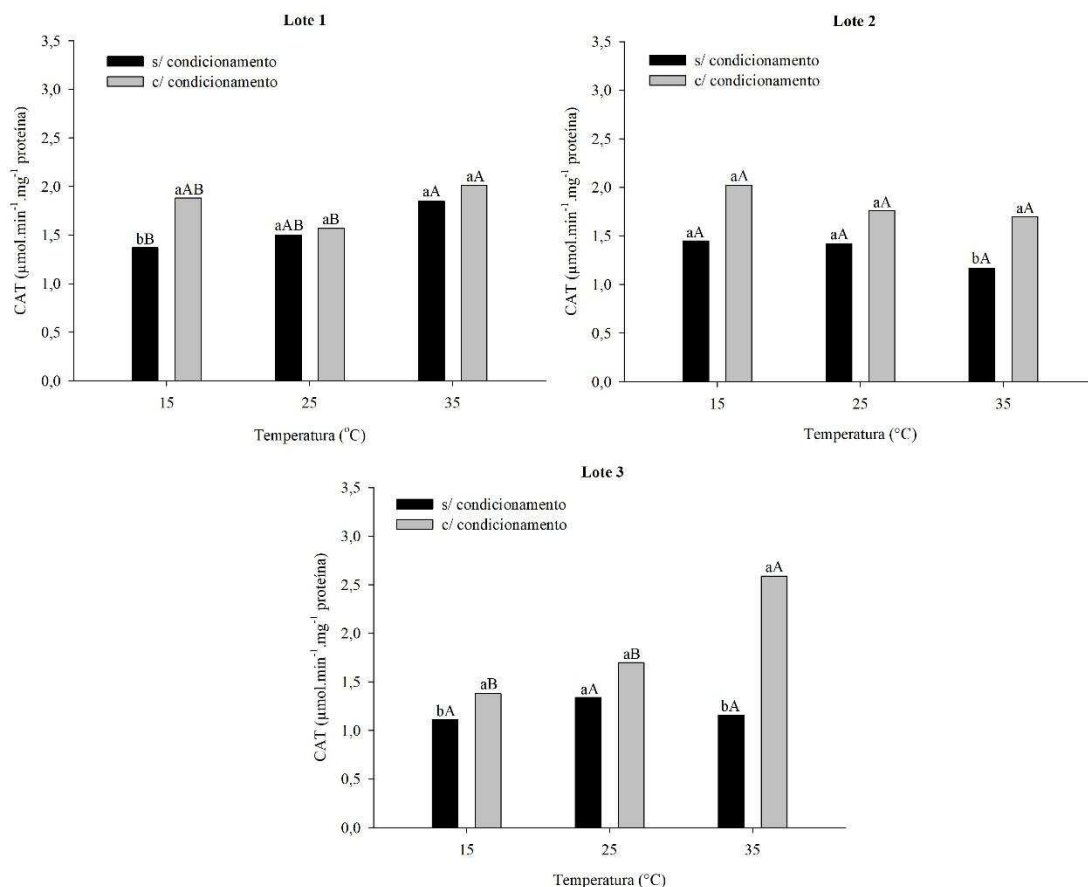


Figura 8. Valores médios da atividade da enzima catalase (CAT), em diferentes temperaturas, em sementes de três lotes de girassol com e sem condicionamento. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

O condicionamento osmótico favoreceu a atividade da CAT para o lote 1 (alto vigor) na situação sub ótima; já para o lote 2 (médio vigor), esse efeito foi observado na temperatura supra ótima. Em contrapartida, para as sementes do lote 3, de menor vigor, foi verificado aumento da atividade da catalase nas duas temperaturas estressantes, 15 e 35 °C (Figura 2). Como se sabe, ambas enzimas (SOD e CAT) estão envolvidas em um mecanismo de proteção responsável pela eliminação de produtos tóxicos às células mantendo-os em níveis controlados. Assim, para manter o equilíbrio das espécies reativas de oxigênios a nível intracelular é necessário que estas enzimas atuem de forma conjunta e integrada (Mittler, 2002).

Assim sendo, os efeitos benéficos observados, especialmente para o lote de menor vigor, podem estar relacionados aos estímulos promovidos pelo

osmocondicionamento na atividade enzimática, tendo reflexos no desempenho das sementes frente às condições sub e supra ótimas de temperatura. Bailly et al. (2002) relataram aumento da atividade da enzima catalase em sementes de girassol cv 'Fantasol' osmocondicionadas com PEG a -2,0 MPa. Segundo esses autores, os benefícios observados na germinação e desenvolvimento das plântulas de girassol estão relacionados aos estímulos promovidos pelo osmocondicionamento nessas enzimas, uma vez há uma estreita relação no balanço entre a atividade enzimática antioxidante e o conteúdo de peróxido de hidrogênio intracelular.

Ainda na Figura 8, comparando-se as temperaturas, observa-se que nas sementes osmocondicionadas do lote 1 a maior atividade da CAT foi obtida na temperatura de 35 °C e a menor atividade na temperatura controle (25 °C), enquanto que as sementes não condicionadas, a maior atividade ocorreu a 35 °C e a menor a 15 °C. Já para o lote 2, não houve diferença entre as temperaturas avaliadas quanto à atividade da CAT tanto para as sementes condicionadas como para as não condicionadas, o que também ocorreu nas sementes não condicionadas do lote de menor vigor (lote 3). Para as sementes condicionadas deste lote, no entanto, a maior atividade da CAT foi observada na temperatura supra ótima (35 °C) em relação às demais temperaturas.

Reduções na atividade da catalase podem tornar as sementes mais sensíveis aos efeitos dos radicais livres sobre ácidos graxos insaturados de membrana e aos produtos derivados da peroxidação de lipídeos secundários (Gomes et al., 2000). Entretanto, os estímulos promovidos pelo condicionamento osmótico nas sementes foram suficientes para atenuar os danos provocados pelas espécies reativas de oxigênio nas sementes de girassol em condição sub e supra ótima de temperatura. Segundo Bailly et al. (1998), na cultura do girassol, a taxa de germinação das sementes está intimamente correlacionada com a atividade da catalase. Fato observado no presente estudo para as sementes osmocondicionadas do lote 3, de menor vigor, na condição supra ótima (35 °C), a qual a maior atividade da catalase foi coincidente aos maiores incrementos obtidos na porcentagem de germinação (Figura 1) e, também para o índice de velocidade de emergência (Figura 3).

O condicionamento osmótico promoveu aumento na atividade da peroxidase (POX) em todos os três lotes na condição sub ótima, ou seja, a 15 °C (Figura 9). No outro extremo, a 35 °C, o condicionamento osmótico promoveu aumento na atividade da POX nas sementes dos lotes 2 e 3. Na temperatura controle (25 °C), o efeito benéfico

do osmocondicionamento na atividade da POX foi observado nos lotes de alto (lote 1) e médio vigor (lote 2).

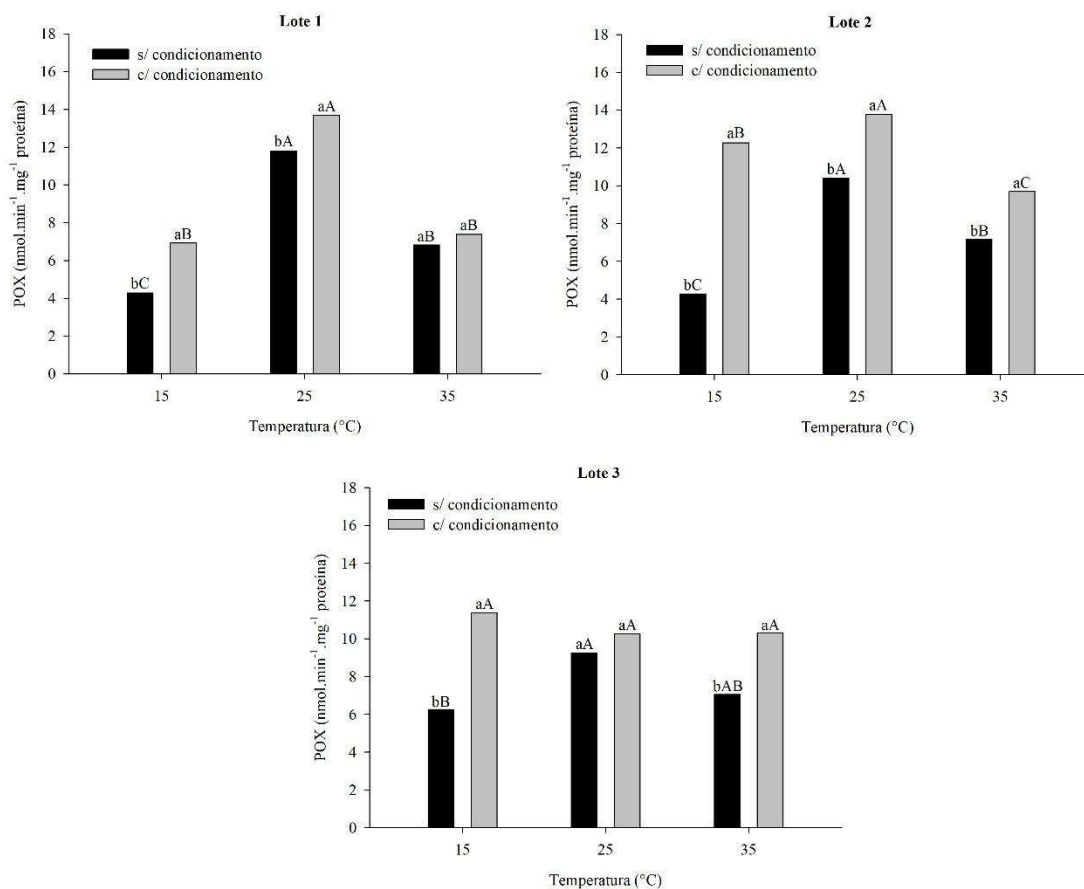


Figura 9. Valores médios da atividade da enzima peroxidase (POX), em diferentes temperaturas, em sementes de três lotes de girassol com e sem condicionamento. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As peroxidases desempenham um papel crítico no metabolismo das plantas e na oxidação por peróxidos, como aceptores de hidrogênio, sendo importante nos mecanismos de defesa. Em sementes, a redução da atividade desta enzima pode torná-las mais sensíveis aos efeitos do O₂, dos radicais livres sobre ácidos graxos insaturados de membranas e à formação de peróxido nas células, indicando baixa viabilidade e vigor das sementes (Demirkaya et al., 2010; Prodanovic et al., 2012).

Comparando-se as temperaturas (Figura 9), a maior atividade da POX ocorreu na temperatura controle (25 °C), tanto nas sementes não condicionadas como nas condicionadas dos lotes 1 e 2, sendo superior às demais temperaturas. No lote 3, não

houve diferença entre as temperaturas quanto à atividade da POX nas sementes osmocondicionadas, ao passo que nas sementes não condicionadas tal atividade foi maior na temperatura controle quando comparada à temperatura sub ótima (15 °C). O aumento promovido pelo condicionamento osmótico na atividade da POX nas sementes do lote 3 foi capaz de mitigar as diferenças estatísticas observadas para as sementes não condicionadas ao longo das temperaturas testadas. Farooq et al. (2017) verificaram correlação positiva entre a atividade do sistema antioxidante (CAT, POX e APX) e a matéria seca de plântulas em sementes de grão-de-bico osmocondicionadas com NaCl₂ a -1,25 MPa, em condição sub ótima e ótima de temperatura. No presente estudo, verificou-se incrementos na matéria seca de plântulas em todas as temperaturas avaliadas nos lotes 1 e 2 (Figura 5), os quais também apresentaram efeito positivo na atividade enzimática da POX, estimulados pelo condicionamento osmótico com PEG a -2,0 MPa. De maneira geral, os resultados referentes à atividade das enzimas antioxidantes nos lotes de médio e baixo vigor, nas temperaturas sub e supra ótima promovidos pelo condicionamento osmótico com PEG a -2,0 MPa em sementes de girassol são importantes, pois evidenciam a capacidade de tolerância aos efeitos deletérios do estresse oxidativo causados pelo estresse térmico.

Aumentos na atividade da POX estimulados pelo condicionamento osmótico em situação de estresse foram relatados por diversos autores. O condicionamento osmótico com manitol (4%) em sementes de alfafa foi eficiente para suprimir os efeitos negativos causados pelo estresse salino, promovendo incrementos na atividade da POX, CAT e SOD e, como consequência, favorecendo a porcentagem de germinação e comprimento de plântula (Amooaghaie, 2011). Em situação de estresse hídrico, as plântulas de girassol condicionadas com ácido ascórbico e NaCl₂ apresentaram maiores valores de atividade do sistema antioxidante (CAT e POX) e, da mesma forma, maiores incrementos no comprimento das plântulas (Madany e Khalil, 2017). Beckers e Conrath (2007) sugerem que o condicionamento osmótico desencadeia uma série de processos de ativação de mecanismos de defesa celular em resposta às condições adversas. Segundo os mesmos autores, as células acumulam compostos de sinalização que são utilizados apenas sob condições de estresse.

A enzima ascorbato peroxidase (APX) desempenha papel-chave no ciclo ascorbato-glutationa e na eliminação de H₂O₂ nos cloroplastos e citosol das células vegetais (Grob et al., 2013). Esta enzima desempenha papel importante na biossíntese

da parede celular, bem como nas funções de crescimento, diferenciação e desenvolvimento das células, além de estarem envolvidas nas respostas ao estresse (Bewley et al., 2013). Para Cavalcanti et al. (2007), a APX atua como regulador das atividades fisiológicas das plantas, sendo sua atividade altamente influenciada pelas condições externas, como pode ser observado na Figura 10.

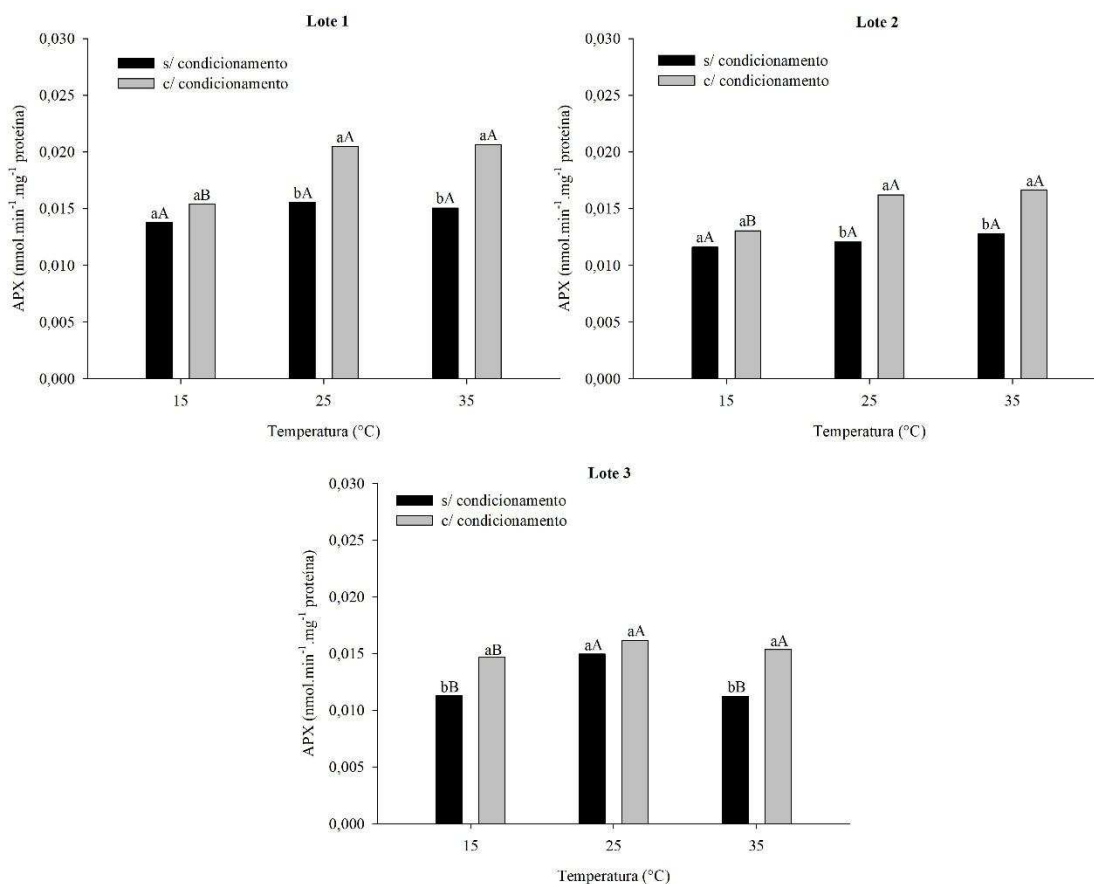


Figura 10. Valores médios da atividade da enzima ascorbato peroxidase (APX), em diferentes temperaturas, em sementes de três lotes de girassol com e sem condicionamento. Letras minúsculas comparam os tratamentos dentro de cada temperatura e letras maiúsculas comparam os tratamentos entre as temperaturas. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Ao se avaliar o efeito da temperatura na atividade enzimática da APX (Figura 10), verificou-se que não houve diferença significativa ao longo das temperaturas para as sementes não condicionadas dos lotes de alto e médio vigor, lote 1 e 2, respectivamente. Para as sementes não condicionadas do lote 3, a maior atividade foi

observada na temperatura controle (25 °C) e as menores nas temperaturas sub e supra ótima, não havendo diferença significativa entre elas. Já nas sementes osmocondicionadas, para os três lotes, houve comportamento semelhante, com maior atividade da APX nas temperaturas de 25 °C e 35 °C e menor atividade a 15 °C.

Em situação de estresse térmico, houve aumento da atividade da CAT e APX durante a germinação de sementes de trigo na temperatura controle (20 °C) (Yao et al., 2012). Sun et al. (2010), avaliando o efeito de temperaturas supra e sub ótima no desempenho de sementes de tabaco, reportaram aumento da atividade da APX nas condições estressantes (15 e 35 °C).

Quanto ao efeito do condicionamento osmótico, verificou-se resultados semelhantes para os lotes 1 e 2, ocorrendo aumento da atividade da APX nas temperaturas ótima e supra ótima em relação à sub ótima. Por outro lado, para o lote de menor vigor (lote 3) observou-se aumento na atividade da APX nas temperaturas sub e supra ótima nas sementes condicionadas em relação às não condicionadas (Figura 10). Resultados semelhantes foram descritos por Chen e Arora (2011), ao avaliarem o efeito do condicionamento osmótico com PEG a -0,6 MPa em sementes de espinafre, relataram aumentos na atividade das enzimas do sistema antioxidante (CAT, APX e SOD) e incrementos na porcentagem de germinação. O condicionamento osmótico com CaCl₂ a -1,25 MPa induziu a tolerância das plântulas de grão-de-bico sob condição sub ótima de temperatura (Farooq et al., 2017). Esses autores atribuíram esse fato às melhorias promovidas pelo condicionamento osmótico no metabolismo antioxidante (CAT e APX), protegendo a planta contra os danos oxidativos do estresse térmico. O condicionamento osmótico com PEG a -15 bars em sementes de trigo sob déficit hídrico promoveu incrementos na atividade da CAT e APX (Ansari e Sharif-Zadesh, 2012). Os autores correlacionaram esses resultados aos benefícios obtidos nas porcentagens de germinação e primeira contagem de germinação.

Os efeitos positivos promovidos pelo condicionamento osmótico observados na atividade da APX para o lote de menor vigor estão em consonância aos descritos para a enzima catalase (Figura 8). Essa observação é interessante, pois estas enzimas atuam em cooperação em eventos de dismutação do peróxido de hidrogênio, otimizando a redução dos efeitos deletérios dos EROs gerados em condição de estresse (Moller et al. 2007). Cabe ressaltar que esta regulação enzimática pode ser perdida caso o estresse seja muito severo, provocando aumento da produção de radicais livres que podem levar a uma

cascata de eventos que se inicia com a peroxidação de lipídios, avançando para a degradação de membranas e morte celular (Greggains et al., 2000). Assim sendo, nas condições em que as sementes foram submetidas no presente estudo, o condicionamento osmótico com PEG a -2,0 MPa foi eficiente em suprimir tais efeitos.

4. CONCLUSÃO

O condicionamento osmótico das sementes de girassol com solução de PEG 6000 a -2,0 MPa foi eficiente para melhorar o desempenho do lote de menor vigor sob temperatura sub e supra ótima, favorecendo o aumento da atividade das enzimas do sistema antioxidante.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, M. D. F.; CARVALHO, N. D. Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annuus* L.), soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. **Seed Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 465-479, 2003.

AMOOAGHAIE, R. The effect of hydro and osmopriming on alfalfa seed germination and antioxidant defenses under salt stress. **African Journal of Biotechnol**, v. 10, n. 1, p. 6269–6275, 2011.

AMOOAGHAIE, R.; NIKZAD, K. The role of nitric oxide in priming-induced low-temperature tolerance in two genotypes of tomato. **Seed Science Research**, v. 23, n. 2, p. 123-131, 2013.

ANDERSON, M. D.; PRASAD, T. K.; STEWART, C. R. Changes in isozyme profiles of catalase, peroxidase, and glutathione reductase during acclimation to chilling in mesocotylus of maize seedlings. **Plant Physiology**, v. 109, n. 1, p. 1247-1257, 1995.

ANSARI, O.; SHARIF-ZADEH, F. Osmo and hydro priming improvement germination characteristics and enzyme activity of Mountain Rye (*Secale montanum*) seeds under drought stress. **Journal of Stress Physiology & Biochemistry**, v. 8, n. 4, p. 253-261, 2012.

ANTUNES-NETO, J. M.; SILVA, L. P. D.; MACEDO, D. V. D. Biomarcadores de estresse oxidativo: novas possibilidades de monitoramento em treinamento físico. **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, v. 13, n. 3, p. 73-80, 2005.

ARIF, M.; JAN, M. T.; MIAN, I. A.; KHAN, S. A.; HOLLINGTON, P.; HARRIS, D. Evaluating the impact of osmopriming varying with polyethylene glycol concentrations and durations on soybean. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 16, n. 2, p. 349-364, 2014.

ARIN, L.; POLAT, S.; DEVECI, M.; SALK, A. Effects of different osmotic solutions on onion seed emergence. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 4, p. 986-991, 2011.

ARMONDES, K. A. P.; DIAS, D. C. F. S., MARTÍNEZ, P. A. H; SILVA, L. J; HILST, P. C. Condicionamento osmótico e desempenho de sementes de repolho com diferentes níveis de vigor. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 3, p. 428-434, 2016.

ARTOLA, A.; CARRILO-CASTAÑEDA, G.; GARCIA, G. S. Hydropriming: a strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigour. **Seed Science and Technology**, v. 31, n. 2, p. 455-463, 2003.

AVILA, M. R.; BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; ALBRECHT, L. P.; RODOVALHO, M. A.; FRACARO, M. Hydration and pre-osmotic treatments on canola rape seeds (*Brassica napus* L.). **Seed Science and Technology**, v. 36, n. 1, 218-224, 2008.

BAILLY, C., BENAMAR, A., CORBINEAU, F., COME, D. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. **Seed Science Research**, v. 10 n. 1, p. 35-42, 2000.

BAILLY, C.; BENAMAR, A.; CORBINEAU, F.; COME, D. Free radical scavenging as affected by accelerated ageing and subsequent priming in sunflower seeds. **Physiologia Plantarum**, v. 104, n. 4, p. 646-652, 1998.

BAILLY, C.; BOGATEK-LESZCZYNSKA, R.; COME, D.; CORBINEAU, F. Changes in activities of antioxidant enzymes and lipoxygenase during growth of sunflower seedlings from seeds of different vigour. **Seed Science Research**, v. 12, n. 1, p. 47-55, 2002.

BAJEHBAJ, A. A. The effects of NaCl priming on salt tolerance in sunflower germination and seedling grown under salinity conditions. **African Journal of Biotechnol**, v. 9, n. 1, p. 1764–1770, 2010.

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**, v. 28, n. 1, p. 1-8, 2006.

BARROS, C. S.; ROSSETTO, C. A. V. Condicionamento fisiológico de aquênios de girassol. **Ciência Rural**, v. 39, n. 6, p. 1667-1675, 2009.

BEAUCHAMP, C.; FRIDOVICH, I. Superoxide Dismutase: Improved assays and an assay applicable to acrylamide gels. **Analytical Biochemistry**, v. 44, n. 1, p. 276-287, 1971.

BECKERS, G. J. M.; CONRATH, U. Priming for stress resistance: from the lab to the field. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 10, n. 1, p. 425-431, 2007.

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

BITTENCOURT, M. L. C.; DIAS, D. C. F. S., DIAS, L. A. S., ARAUJO, E. F. Germination and vigor of primed asparagus seeds. **Scientia Agricola**, v. 62, n. 4, p. 319-324, 2005.

BORGHETTI, F.; NODA, F. N.; CEZAR, M. S. Possible involvement of proteasome activity in ethylene-induced germination of dormant sunflower embryos. **Brazilian Journal Plant Physiology**, v. 14, n. 2, p. 125-131, 2002.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, n. 1, p. 248-254, 1976.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 2009. 220 p.

BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C.; GAZZIERO, D. L. P.; ADEGAS, F. S., VOLL, E. Cadastramento fitossociológico de plantas daninhas na cultura de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 5, p. 651-657, 2003.

BUTLER, L. H.; HAY, F. R.; ELLIS, R. H.; SMITH, R. D.; MURRAY, T. B. Priming and re-drying improve the survival of mature seeds of *Digitalis purpurea* during storage. **Annals of Botany**, v. 103, n. 8, p. 1261-1270, 2009.

CARVALHO, L. F.; MEDEIROS FILHO, S.; ROSSETTI, A. G.; TEÓFILO, E. M. Condicionamento osmótico em sementes de sorgo. **Revista Brasileira de Sementes**, v.22, n.1, p.185-192, 2000.

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

CASEIRO, R. F.; MARCOS FILHO, J. Métodos para a secagem de sementes de cebola submetidas ao condicionamento fisiológico. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 887-892, 2005.

CASTRO, C.; FARIAS, J.R.B. Ecofisiologia do girassol. In. LEITE, R.M.V.B. de C.; BRIGHENTI, A.A.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1 ed. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2005. p. 163-218.

CAVALCANTI, F. R.; LIMA, J. P. M. S.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VIÉGAS, R. A.; SILVEIRA, J. A. G. Roots and leaves display contrasting oxidative response during salt stress and recovery in cowpea. **Journal of Plant Physiology**, v. 164, n. 1, p. 591-600, 2007.

CHANCE, B.; MAEHLEY, A. C. Assay of catalases and peroxidases. **Methods in Enzymology**, v. 2, n. 1, p. 764-775, 1955.

CHEN, K.; ARORA, R. Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*). **Plant Science**, v. 180, n. 2, p. 212-220, 2011.

CHIU, K. Y.; CHUANG, S. J.; SUNG, J. M. Both anti-oxidation and lipid-carbohydrate conversion enhancements are involved in priming-improved emergence of *Echinacea purpurea* seeds that differ in size. **Scientia Horticulturae**, v. 108, n. 2, p. 220-226, 2006.

CHOJNOWSKI, M.; CORBINEAU, F.; COME, D. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seeds by osmopriming and subsequent drying, storage and aging. **Seed Science Research**, v. 7, n. 4, p. 323-332, 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Indicadores da Agropecuária**. Brasília, DF, 2014. 98p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos: Quinto levantamento (Safra 2014/15)**. Brasília: CONAB, v. 4, n. 1, 2015. 176p.

CORBINEAU, F.; GAY-MATHIEU, C.; VINEL, D.; COME, D. Decrease in sunflower (*Helianthus annuus*) seed viability caused by high temperature as related to energy metabolism, membrane damage and lipid composition. **Physiologia Plantarum**, v. 116, n. 1, p.489–496, 2002.

DEL LONGO, O. T.; GONZÁLEZ, A.; PASTORI, G. M.; TRIPPI, V. Antioxidant defenses under hyperoxygenic and hyperosmotic conditions in leaves of two lines of maize with differential sensitivity to drought. **Plant Cell Physiology**, v. 34, n. 1, p. 1023-1028, 1993.

DEMIR I, O. I.; YASAR, F.; Staden, J. V. Effect of smoke derived butenolide priming treatment on pepper and salvia seeds in relation to transplant quality and catalase activity. **South African Journal of Botany**, v. 78, n. 1, p. 83-87, 2012.

DEMIRKAYA, M.; DIETZ, K. J.; SIVRITEPE, H. O. Changes in antioxidant enzymes during aging of onion seeds. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, v. 38, n. 1, p. 49-52, 2010.

EISVAND, H. R.; AFSHARI, R. T; SHARIFZADEH, F.; MADDAH, H. A. Effects of hormonal priming and drought stress on activity and isozyme profiles of antioxidant enzymes in deteriorated seed of tall wheatgrass (*Agropyron elongatum* Host). **Seed Science and Technology**, v. 38, n. 2, p. 280-297, 2010.

FAROOQ, M.; BASRA, S. M. A. Seed priming enhances emergence, yield, and quality of direct-seeded rice. **International Rice Research Notes**, v. 31, n. 2, p. 42-44, 2009.

FAROOQ, M.; HUSSAIN, M.; NAWAZ, A.; LEE, D. J.; ALGHAMDI, S. S.; SIDDIQUE, K. H. Seed priming improves chilling tolerance in chickpea by modulating germination metabolism, trehalose accumulation and carbon assimilation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 111, n. 1, p. 274-283, 2017.

FLORIANO, E. P. **Armazenamento de sementes florestais**. Santa Rosa: ANORGS, 2004. 10p.

GIANNOPOLITIS C. N.; RIES, S. K. Superoxide Dismutases. **Plant Physiology**, v. 59, n. 1, p. 309-314, 1977.

GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 12, p. 909-930, 2010.

GIUDICE, M. P.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, T.; MOSQUIM, P. S. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja submetidas ao condicionamento osmótico em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 20, n. 2, p. 16-24, 1998.

GOMES, D. P.; SILVA, A. F.; DIAS, D. C. F. S.; ALVARENGA, E. M.; SILVA, L. J.; PANOZZO, L. E. Priming and drying on the physiological quality of eggplant seeds. **Horticultura Brasileira**, v. 30, n. 3, p. 484-488, 2012.

GOMES, M. S.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; VIEIRA, M. G. G. C. Efeito da heterose na qualidade fisiológica de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 22, n. 1, p. 7-17, 2000.

GREGGAINS, V.; FINCH-SAVAGE, W. E.; QUICK, W. P.; ATHERTON, N. M. Metabolism-induced free radical activity does not contribute significantly to loss of viability in moist-stored recalcitrant seeds of contrasting species. **New Phytologist**, v. 148, n. 1, p. 267-276, 2000.

GROB, F.; DURNER, J.; GAUPELS, F. Nitric oxide, antioxidants and prooxidants in plant defense responses. **Frontiers in Plant Science**, v. 4, n. 1, 419-424, 2013.

HAIDER, M. U.; HUSSAIN, M.; KHAN, M. B.; IJAZ, M.; SATTAR, A.; AKRAM, M.; HASSAN, W. Influence of seed priming and seed size on wheat performance under different tillage systems. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 18, n. 1, p. 858-864, 2016.

HAVIR E.A.; MCHALE, N.A. Biochemical and developmental characterization of multiple forms of catalase in tobacco leaves. **Plant Physiology**, v. 84, n. 1, p. 450-455, 1987.

HEYDECKER, W.; HIGGINS, J.; GULLIVER, R. L. Accelerated germination by osmotic seed treatment. **Nature**, v. 246, n. 5427, p. 42-44, 1973.

HSU, C. C.; CHEN, C. L.; CHEN, J. J.; SUNG, J. M. Accelerated aging-enhanced lipid peroxidation in bitter melon seeds and effects of priming and hot water soaking treatments. **Scientia Horticulturae**, v. 98, n. 3, p. 201-212, 2003.

HUSSAIN, M.; FAROOQ, M.; BASRA, S. M.; AHMAD, N. Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid sunflower. **International Journal of Agriculture and Biology**, v. 8, n. 1, p. 14-18, 2006.

HUSSAIN, M.; FAROOQ, M.; LEE, D. J. Evaluating the role of seed priming in improving drought tolerance of pigmented and non-pigmented rice. **Journal of Agronomy and Crop Science**, v. 203, n. 4, 2017.

IBRAHIM, E.A. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. **Journal of Plant Physiology**, v. 192, n. 15, p. 38-46, 2015.

JALEEL, C.A.; MANIVANNAN, P.; SANKAR, B.; KISHOREKUMAR, A.; GOPI, R. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and Surfaces B. Biointerfaces*, v. 60, n. 1, p. 110-116, 2007.

KAR, M.; MISHRA, D. Catalase, peroxidase, and polyphenoloxidase activities during rice leaf senescence. **Plant Physiology**, v. 57, n. 2, p. 315-319, 1976.

KAYA, M. D.; OKÇU, G.; ATAK, M.; ÇIKILI, Y.; KOLSARICI, O. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). **European Journal of Agronomy**, v. 24, n. 1, p. 291-295, 2006.

KIBINZA, S., BAZIN, J., BAILLY, C., FARRANT, J. M., CORBINEAU, F., EL-MAAROUF-BOUTEAU, H. Catalase is a key enzyme in seed recovery from ageing during priming. **Plant Science**, v. 181, n. 3, p. 309-315, 2011.

KIKUTI, A. L. P.; MARCOS FILHO, J. Condicionamento fisiológico de sementes de couve-flor. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 1, p. 240-245, 2009.

KRYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. 218 p.

KUBALA, S.; GARNCZARSKA, M.; WOJTYLA, L.; CLIPPE, A.; KOSMALA, A.; ZMIENKO, A.; LUTTS, S.; QUINET, M. Deciphering priming-induced improvement of rapeseed (*Brassica napus* L.) germination through an integrated transcriptomic and proteomic approach. **Plant Science**, v. 231, n. 1, p. 94-113, 2015.

KUMAR, A.; BHATLA, S. C. Polypeptide markers for low temperature stress during seed germination in sunflower. **Biologia Plantarum**, v. 50, n. 1, p. 81-86, 2006.

KUMAR, S., GUPTA, D., NAYYAR, H. Comparative response of maize and rice genotypes to heat stress: status of oxidative stress and antioxidants. **Acta Physiologiae Plantarum**, n. 34, v. 1, p. 75-86, 2012.

LEITE, R. M. V. B. C.; BRIGHENTI, A. M.; CASTRO, C. **Girassol no Brasil**. 1 ed. Londrina: EMBRAPA SOJA, 2005. 641p.

MADANY, M.; KHALIL, R. Seed priming with ascorbic acid or calcium chloride mitigates the adverse effects of drought stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings. **The Egyptian Journal of Experimental Biology**, v. 13, n. 1, p. 119-133, 2017.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for emergence and vigour. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962.

MAIA, J. M.; FERREIRA-SILVA, S. L.; VOIGT, E. L.; MACEDO, C. D.; PONTE, L. F. A.; SILVEIRA, J. A. G. Atividade de enzimas antioxidantes e inibição do crescimento radicular de feijão caupi sob diferentes níveis de salinidade. **Acta Botânica Brasilica**, v. 26, n. 2, p. 342-349, 2012.

MAITI, R. K.; VIDYASAGAR, P.; SHAHAPUR, S. C.; SEILER, G. J. Studies on genotypic variability and seed dormancy in sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). **Indian Journal Crop Science**, v. 1, n. 1-2, p. 84-87, 2006.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa N° 45**, de 21 de setembro de 2013. Anexo XXIII - Padrões para produção e comercialização de sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.).

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

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

MICHEL, B. E.; KAUFMANN, M. R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. **Plant Physiology**, v. 51, n. 1, p. 914-916, 1973.

MIGUEL, M. V. C.; MARCOS FILHO, J. Potassium leakage and maize seed physiological potential. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 2, p. 315-319, 2002.

MITTLER, R. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. **Trends Plant Science**, v. 7, n. 1, p. 405-410, 2002.

MOHAMMADI, G. R.; AMIRI, F. The effect of priming on seed performance of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. **American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science**, v. 9, n. 2, p. 202-207, 2010.

MOLLER, I. M.; JENSEN, P. E.; HANSSON, A. Oxidative modifications to cellular components in plants. **Annual Review of Plant Biology**, v. 58, n. 1, p. 459-481, 2007.

MOURADI, M.; BOUIZGAREN, A.; FARISSI, M.; MAKOUDI, B.; KABBADJ, A.; VERY, A. A.; GHOULAM, C. Osmopriming improves seeds germination, growth, antioxidant responses and membrane stability during early stage of Moroccan alfalfa populations under water deficit. **Chilean Journal of Agricultural Research**, v. 76, n. 3, p. 265-272, 2016.

MURUNGU, F. S.; NYAMUGAFATA, P.; CHIDUZA, C.; CLARK, L. J.; WHALLEY, W. R. Effects of seed priming and water potential on germination of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in laboratory assays. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 22, n. 1, p. 64-70, 2005.

MWALE, S. S.; HAMUSIMBI, C.; MWANSA, K. Germination, emergence and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to osmotic seed priming. **Seed Science and Technology**, v. 31, n. 1, p. 199-206, 2003.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYZANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.; FRANÇA-NETO, J.B. (eds.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.

NAKANO, Y.; ASADA, K. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. **Plant Cell Physiology**, v. 22, n. 1, p. 867-880, 1981.

NASCIMENTO, W. M. **Condicionamento osmótico de sementes de hortaliças**. Brasília: EMBRAPA. Circular Técnica, n. 33, 2004. 12p.

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

NASCIMENTO, W. M.; ARAGÃO, F. A. S. Condicionamento osmótico de sementes de melão: absorção de água e germinação em diferentes temperaturas. **Revista Brasileira de Sementes, Brasília**, v. 24, n. 1, p. 153-157, 2002.

NASCIMENTO, W. M.; ARAGÃO, F. A. S. Muskmelon seed priming in relation to seed vigor. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 1, p. 114-117, 2004.

NASCIMENTO, W.M. Temperatura x Germinação. **Seed News**, v. 4, n. 4, p. 44-45, 2000.

NAWAZ, A.; AMJAD, M.; PERVEZ, M. A.; AFZAL, I. Effect of halopriming on germination and seedling vigor of tomato. **African Journal of Agricultural Research**, v. 6, n. 1, p. 3551–3559, 2011.

NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; CORREIA, K. G.; SOARES, F. A. L.; ANDRADE, L. O. Crescimento e floração do girassol sob estresse salino e adubação nitrogenada. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 1, p. 358- 365, 2010.

OLIVA, A. C. E.; BIAGGIONI, M. A. M; CAVARIANI, C. Efeito imediato do método de secagem na qualidade de sementes de crambe. **Energia na Agricultura**, v. 27, n. 3, p. 16-30, 2012.

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**, v. 32, n. 3, p. 25-34, 2010.

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

OLIVEIRA, A. S.; SILVA-MANN, R.; FONSECA, M.; GOIS, I. B.; VASCONCELLOS, M. C. B. Condicionamento osmótico em sementes de milho doce submetidas ao armazenamento. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 444-448, 2008.

PACHECO JÚNIOR, F.; **Temperatura e luminosidade na germinação de sementes de *Piper hispidinervum***. Rio Branco, 2010. 17 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Produção Vegetal), Universidade Federal do Acre, 2010.

PANDITA, V. K; ANAND, A.; NAGARAJAN, S.; SETH, R.; SINHA, S. N. Solid matrix priming improves seed emergence and crop performance in okra. **Seed Science Technology**, v. 38, n. 1, p. 665-674, 2010.

PEIXOTO, P. H. P.; CAMBRAIA, J.; SANT'ANA, R.; MOSQUIM, P. R.; MOREIRA, M. A. Aluminum effects on lipid peroxidation and on activities of enzymes of oxidative metabolism in sorghum. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 11, n. 1, p. 137-143, 1999.

PEREIRA, M. D.; DIAS, D. C. F. S.; DIAS, L. A. S.; ARAUJO, E. F. Primed carrot seeds performance under water and temperature stress. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 2, p. 174-179, 2009.

PEREIRA, M. D.; SANTOS, D. C. F.; DIAS, L. A. S.; ARAUJO, E. F. Germinação e vigor de sementes de cenoura osmocondicionadas em papel umedecido e solução aerada. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 30, n. 2, p. 137-145, 2008.

PINTO-MARIJUAN, M.; MUNNÉ-BOSCH, S. Ecophysiology of invasive plants: osmotic adjustment and antioxidants. **Trends in Plant Science**, v. 18, n. 12, p. 660-666, 2013.

POSMYK, M. M.; JANAS, K. M. Effects of seed hydropriming in presence of exogenous proline on chilling injury limitation in *Vigna radiata* L. seedlings. **Acta Physiology Plant**, v. 29, n. 1, p. 509–517, 2007.

PRODANOVIC, O.; PRODANOVIC, R.; PRISTOV, J. B.; MITROVIC, A.; RADOTIC, K. Effect of cadmium stress on antioxidative enzymes during the germination of Serbian spruce [*Picea omorika* (Panc) Purkyne]. **African Journal of Biotechnology**, v. 11, n. 1, p. 11377-11385, 2012.

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**, v. 58, n. 1, p. 56-61, 2011.

RABBANI, A. R. C.; SILVA, F. B. N.; CARVALHO, S. V. A.; FERREIRA, R. A.; MANN, R. S. Condicionamento osmótico em sementes de girassol (*Helianthus annuus* L.). **Revista Científica UDO Agrícola**, v. 13, n. 1, p. 50-55, 2013.

RASHID, A.; HARRIS, D.; HOLLINGTON, P. A.; KHATTAK, R. A. **On-farm seed priming: a key technology for improving the livelihood of resource poor farmers on saline lands**. 1. ed. Wales: SPRINGER, 2002. 37-39p.

REIS, R. G. E.; SILVA, H. P.; NEVES, J. M. G.; GUIMARÃES, R. M. Physiological quality of osmoprimed gherkin seeds. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 3, p. 368-373, 2013.

RONDANINI, D. P.; SAVIN, R.; HALL, A. J. Estimation of physiological maturity in sunflower as a function of fruit water concentration. **European Journal of Agronomy**, v. 26, n. 3, p. 295-309, 2007.

SAHA, P.; CHATTERJEE, P.; BISWAS, A. K. NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mungbean

(*Vigna radiata* L. Wilczek). **Indian Journal of Experimental Biology**, v. 48, n. 1, p. 593–600, 2010.

SEDGHI, M.; NEMATI, A.; ESMAIELPOUR, B. Effect of seed priming on germination and seedling growth of two medicinal plants under salinity. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, v. 22, n. 2, p. 130, 2010.

SHAHEEN, H. L.; IQBAL, M.; AZEEM, M.; SHAHBAZ, M.; SHEHZADI, M. K-priming positively modulates growth and nutrient status of salt-stressed cotton (*Gossypium hirsutum*) seedlings. **Archives of Agronomy and Soil Science**, v. 62, n. 6, p. 759-768, 2016.

SILVA, J. I. C.; MARTINS, D.; PEREIRA, M. R. R.; CARDOSO, L. A.; COSTA, A. C. P. R. Períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do girassol. **Bioscience Journal**, v. 29, n. 5, p. 1255-1266, 2013.

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**, v. 46, n. 2, p. 227-232, 2016.

SILVA, T. T. A. **Conservação de sementes de citrumelo 'Swingle' colhidas em diferentes estádios de maturação e submetidas a tratamentos fungicidas**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

SUN, H.; LI, L.; WANG, X.; WU, S.; WANG, X. Ascorbate–glutathione cycle of mitochondria in osmoprimed soybean cotyledons in response to imbibitional chilling injury. **Journal of plant physiology**, v. 168 n. 3, p. 226-232, 2011.

SUN, W. H.; DUAN, M.; LI, F.; SHU, D. F.; YANG, S.; WENG, Q. W. Overexpression of tomato tAPX gene in tobacco improves tolerance to high or low temperature stress. **Biologia Plantarum**, v. 54, n. 1, p. 614-620, 2010.

TAVILI, A.; ZARE, S.; MOOSAVI, S. A.; ENAYATI, A. Effects of seed priming on germination characteristics of *Bromus* species under salt and drought conditions. **American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences**, v. 10, n. 1, p. 163–168, 2011.

TRIGO, M. F. O. O.; NEDEL, J. L.; TRIGO, L. F. N. Condicionamento osmótico em sementes de cebola: efeitos sobre a germinação. **Scientia Agricola**, v. 56, n. 4, p. 1059-1067, 1999.

UCHOA, S. C. P.; IVANOFF, M. E. A.; ALVES, J. M. A.; SEDIYAMA, T.; MARTINS, S. A. Adubação de potássio em cobertura nos componentes de produção de cultivares de girassol. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 8-15, 2011.

UMAIR, A.; ALI, S.; TAREEN, M. J.; ALI, I.; TAREEN, M. N. Effects of Seed Priming on the Antioxidant Enzymes Activity of Mungbean (*Vigna radiata*) Seedlings. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 11, n. 2, p. 140-144, 2012.

VARIER, A.; VARI, A. K.; DADLANI, M. The subcellular basis of seed priming. **Current Science**, v. 99, n. 4, p. 450-456, 2010.

VINHAL-FREITAS, I. C.; JUNIOR, J. E. G.; SEGUNDO, J. P.; VILARINHO, M. S. Germinação e vigor de sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Revista Agropecuária Técnica**, v. 32, n. 1, p. 108-114, 2011.

WAHID, A.; NOREEN, A.; BASRA, S. M.; GELANI, S.; FAROOQ, M. Priming-induced metabolic changes in sunflower (*Helianthus annuus*) achenes improve germination and seedling growth. **Botanical Studies**, v. 49, n. 4, p. 343-350, 2008.

YAO, Z.; LIU, L.; GAO, F.; RAMPITSCH, C.; REINECKE, D. M.; OZGA, J. A.; AYELE, B. T. Developmental and seed aging mediated regulation of antioxidative genes and differential expression of proteins during pre-and post-germinative phases in pea. **Journal of Plant Physiology**, v. 169, n. 15, p. 1477-1488, 2012.

YE, N.; ZHU, G.; LIU, Y.; ZHANG, A.; LI, Y. Ascorbic acid and reactive oxygen species are involved in the inhibition of seed germination by abscisic acid in rice seeds. **Journal of Experimental Botany**. V. 63, n. 1, p. 1809-1822, 2012.

YUAN-YUAN, S. U. N.; YONG-JIAN, S. U. N.; MING-TIAN, W. A. N. G.; XU-YI, L. I.; XIANG, G. U. O.; RONG, H. U.; JUN, M. A. Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress in rice. **Acta Agronomica Sinica**, v. 36, n. 11, p. 1931-1940, 2010.

ZELKO, I. N.; MARIANI, T. J.; FOLZ, R. J. Superoxide dismutase multigene family: a review. **Plant Science**, v. 33, n. 1, p. 337-349, 2002.

ZHENG, M.; TAO, Y.; HUSSAIN, S.; JIANG, Q.; PENG, S. Seed priming in dry direct-seeded rice: consequences for emergence, seedling growth and associated metabolic events under drought stress. **Plant Growth Regulation**, v. 78, n. 2, p. 167-178, 2016.