

Estresse hídrico na qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com tiametoxam e polímeros

Water stress on the physiological quality of soybean seeds treated with thiamethoxam and polymers

Estrés hídrico sobre la calidad fisiológica de semillas de soja tratadas con tiametoxam y polímeros

Recebido: 24/09/2023 | Revisado: 02/10/2023 | Aceitado: 03/10/2023 | Publicado: 06/10/2023

Eduardo José Ludwig

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2242-0589>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: eduludwig@yahoo.com.br

Ubirajara Russi Nunes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7124-9204>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: russinunes@yahoo.com.br

Cassiano Vasconcelos dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0946-3840>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: cassianovs2@gmail.com

Priscila Barbieri Zini

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1530-7983>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: priscilabarbieri88@hotmail.com

Jessica Andiará Kleinpaul

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7550-6012>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: kleinpauljessica@gmail.com

Géssica Gaboardi De Bastiani

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4489-5964>

Universidade Federal de Santa Maria, Brasil

E-mail: ggdebastiani@gmail.com

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as respostas fisiológicas em sementes de soja com distintos níveis de vigor tratadas com polímeros e tiametoxam submetidas a déficit hídrico simulado. Foram utilizados dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909, em que a diferenciação ocorreu pelo seu nível de vigor. Para realização do tratamento de sementes foi utilizado o produto comercial Cruiser 350FS, devido ao seu ingrediente ativo tiametoxam possuir a propriedade bioativadora e foram utilizados os polímeros Laborsan e Likoseed. A condição de estresse hídrico simulado foi realizada de duas formas, em rolos de papel germitest, a qual foi realizada utilizando soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e em bandejas de PVC, contendo areia e diferentes níveis de saturação hídrica. A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada por meio dos testes de germinação, primeira contagem de germinação, comprimento e massa seca de plântulas. Concluiu-se que para ambos os lotes tanto o estresse hídrico simulado em rolos de papel como em areia, houve redução do desempenho fisiológico das sementes e que a molécula tiametoxam associada ou não a polímeros proporcionou melhor desenvolvimento em plântulas de soja de baixo vigor quando submetidas a estresse hídrico.

Palavras-chave: *Glycine max* (L.) Merrill; Bioativador; Vigor.

Abstract

The objective of the present study was to evaluate the physiological responses in soybean seeds with different vigor levels treated with polymers and thiamethoxam subjected to simulated water deficit. Two lots of soybean seeds from the Nidera NA5909 cultivar were used, in which differentiation occurred based on their vigor level. To carry out the seed treatment, the commercial product Cruiser 350FS was used, due to its active ingredient thiamethoxam having the bioactivating property and the polymers Laborsan and Likoseed were used. The simulated water stress condition was carried out in two ways, on rolls of germitest paper, which was carried out using polyethylene glycol solutions (PEG 6000) and on PVC trays, containing sand and different levels of water saturation. The evaluation of physiological quality was carried out through germination tests, first germination count, length and dry mass of seedlings. It was concluded that for both batches, both the water stress simulated in paper rolls and in sand, there was a reduction in the

physiological performance of the seeds and that the molecule thiametoxam associated or not with polymers provided better development in low vigor soybean seedlings when subjected to water stress.

Keywords: *Glycine max* (L.) Merrill; Bioactivator; Vigor.

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue evaluar las respuestas fisiológicas en semillas de soja con diferentes niveles de vigor tratadas con polímeros y tiametoxam sometidas a déficit hídrico simulado. Se utilizaron dos lotes de semillas de soja del cultivar Nidera NA5909, en las que se diferenciaron según su nivel de vigor. Para realizar el tratamiento de las semillas se utilizó el producto comercial Cruiser 350FS, debido a que su ingrediente activo tiametoxam tiene la propiedad bioactivante y se utilizaron los polímeros Laborsan y Likoseed. La condición de estrés hídrico simulado se realizó de dos formas, sobre rollos de papel germitest, que se realizó utilizando soluciones de polietilenglicol (PEG 6000) y sobre bandejas de PVC, que contenían arena y diferentes niveles de saturación de agua. La evaluación de la calidad fisiológica se realizó mediante pruebas de germinación, primer conteo de germinación, longitud y masa seca de plántulas. Se concluyó que para ambos lotes, tanto el estrés hídrico simulado en rollos de papel como en arena, hubo una reducción en el desempeño fisiológico de las semillas y que la molécula tiametoxam asociada o no a polímeros proporcionó mejor desarrollo en plántulas de soja de bajo vigor cuando sometidos a estrés hídrico.

Palabras clave: *Glycine max* (L.) Merrill; Bioactivator; Vigor.

1. Introdução

O estabelecimento inicial da cultura da soja no campo é um dos principais fatores que irá interferir no posterior desenvolvimento e produtividade. Uma emergência rápida e homogênea vai proporcionar um estabelecimento uniforme das plântulas no campo. Para que ocorra a população adequada de plantas esta é condicionada, entre outras causas, à utilização de sementes com elevada qualidade fisiológica.

A qualidade fisiológica das sementes compreende os atributos intrínsecos da semente, que determinam sua capacidade de germinar e emergir rapidamente e produzir uma emergência uniforme com plantas vigorosas (Mohammadi et al., 2012). Além disso, sementes com alta qualidade fisiológica são mais propensas a alcançar elevado desempenho quando expostas a diferentes condições ambientais (Scheeren et al., 2010). Quando utilizados lotes de baixa qualidade fisiológica, é possível que muitas sementes não germinem e, também, que haja uma quantidade acentuada de plântulas anormais. Além disso, quando submetidas a condições adversas no campo, estas sementes terão maior dificuldades em se desenvolver nessas condições estressantes.

Dentre os fatores que influenciam na produtividade podemos citar a instabilidade climática, a qual interfere de forma sistemática no sucesso do cultivo da soja, incluindo também a fase de estabelecimento do estande inicial dessa cultura. Dentre esses estresses limitantes, se destaca o déficit hídrico, de maneira mais contundente, durante a fase de germinação.

A indisponibilidade de água nessa fase pode implicar que a semente não complete o processo de germinação, ou pode completar, porém de forma mais lenta e desuniforme entre as plântulas, comprometendo as fases posteriores do desenvolvimento (Khan et al., 2016; Souza et al., 2014). Em solos com saturação hídrica, a rápida entrada de água em sementes com baixo grau de umidade pode causar danos à membrana celular, prejudicando o processo germinativo, reduzindo a emergência das plântulas e o estande no campo (Kappes et al., 2010).

Em algumas regiões do Brasil, como no centro-oeste, produtores realizam a semeadura antecipada ao início da época de chuvas, buscando diminuir o impacto da ferrugem asiática através do escape da época preferencial de ocorrência do fungo. Essa ocupação antecipada da área pode trazer riscos devido à baixa disponibilidade hídrica no solo. Além disso, em anos com menores precipitações, essa baixa disponibilidade hídrica poderá ocorrer em diversas outras regiões, dessa forma, muitas vezes as sementes estarão submetidas a um ambiente estressante devido à deficiência hídrica.

Alguns produtos aplicados através do tratamento de sementes podem trazer, além do efeito protetor, certos tipos de efeitos na fisiologia da planta, podendo auxiliar no crescimento inicial como também no desenvolvimento das plantas, sendo denominados bioativadores (Dan et al., 2012). Estas são substâncias complexas modificadoras do crescimento e podem atuar

em fatores de transcrição, além da expressão gênica, em proteínas da membrana e em enzimas metabólicas sendo capazes de afetar o metabolismo secundário, de modo que possa melhorar a nutrição e a síntese hormonal (Castro & Pereira, 2008).

O ingrediente ativo tiametoxam é considerado um bioativador devido a sua ação na planta. Ele é transportado dentro da planta e ativa várias reações fisiológicas como a expressão de proteínas. Estas proteínas interagem com vários mecanismos de defesa de estresses da planta, permitindo que ela enfrente melhor as condições adversas, tais como estresses hídricos, pH baixo, salinidade do solo, estresses por temperaturas altas e toxicidade por alumínio (Almeida et al., 2011; Lauxen et al., 2016). Sendo assim, a utilização do ingrediente ativo tiametoxam pode se tornar uma alternativa para fornecer melhores condições para a plântula se desenvolver em condições de estresse hídrico.

Para melhorar a eficiência do tratamento de sementes pode ser recomendada a utilização de polímeros adesivos, os quais criam um filme de revestimento sobre a superfície da semente. Esta tecnologia permite a aplicação de vários produtos seguidos de revestimentos para sua proteção (Pedrini et al., 2017). Esse processo de aplicação, além de permitir uma distribuição precisa dos ingredientes ativos na superfície da semente, não altera a sua forma e pode permitir uma melhor aderência e proteção dos fungicidas e inseticidas (Adak et al., 2016; Kunkur et al., 2010).

A utilização de polímero associado ao tratamento de sementes pode proporcionar melhores condições para essas se desenvolverem no campo, quando ocorrerem condições hídricas inadequadas, já que o polímero pode agir na regulação de água na semente. No caso de excesso hídrico no solo, o polímero pode reduzir a rápida absorção de água pela semente, diminuindo assim danos a membrana causados pela embebição acelerada (Pereira et al., 2009). Em condições de déficit hídrico, a utilização de polímeros na semente pode evitar a absorção da pequena quantidade de água disponível no solo, evitando o início do processo de germinação, que conseqüentemente seria cessado devido à falta de água.

Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar as respostas fisiológicas em sementes de soja com distintos níveis de vigor tratadas com polímeros e tiametoxam submetidas a déficit hídrico simulado.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório Didático e de Pesquisas em Sementes (LDPS), do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (RS). Foram utilizados dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 obtidos da empresa Sementes Costabeber do município de Condor-RS, em que a diferenciação ocorreu pelo seu nível de vigor.

Para realização do tratamento de sementes foi utilizado o produto comercial Cruiser 350FS®, na dose de 2 mL Kg⁻¹ devido ao seu ingrediente ativo tiametoxam possuir a propriedade bioativadora. Além disso, foram utilizados os polímeros Laborsan® e Likoseed®, aplicados na dose de 1,5 mL kg⁻¹ de sementes.

A condição de estresse hídrico simulado foi realizada de duas formas, em rolos de papel germitest, a qual foi realizada utilizando soluções de polietileno glicol (PEG 6000) e em bandejas de PVC, contendo areia e diferentes níveis de saturação hídrica.

Para a avaliação em rolos de papel germitest, a composição dos tratamentos e o experimento ocorreram da seguinte forma:

T1= Controle

T2= Tratamento químico (Cruizer)

T3= Tratamento químico + polímero Laborsan

T4= Tratamento químico + polímero Likoseed

T5= Polímero Laborsan

T6 = Polímero Likoseed

A condição de estresse hídrico simulada em rolos de papel germiteste, foi realizada utilizando soluções de polietileno glicol (PEG 6000), sob diferentes níveis de potencial osmótico, em que estas foram preparadas de acordo com as especificações de Villela et al. (1991). Foram formuladas soluções contendo polietileno glicol nos seguintes níveis de potencial osmótico: 0; -0,1; -0,2 e -0,3 megapascal (MPa), em que o nível zero foi o tratamento controle, sendo utilizada apenas água destilada. A organização do experimento com os lotes se deu de forma fatorial 6x4 (seis tratamentos x quatro potenciais osmóticos).

A avaliação da qualidade fisiológica foi realizada por meio dos seguintes testes:

Teste padrão de germinação: Foi realizado com base nas Regras para Análise de Sementes – RAS (Brasil, 2009), por meio da semeadura de quatro repetições com 50 sementes em rolos de papel germiteste umedecido com as diferentes soluções na proporção de 2,5 vezes o seu peso seco. Os rolos foram colocados em sacos plásticos e, em seguida, em germinador à temperatura de 25 °C por oito dias, com luz constante, quando foi realizada a avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Teste de primeira contagem de germinação: esse teste foi realizado conjuntamente com o teste de germinação, computando-se as médias de plântulas normais, após cinco dias da instalação do teste. Os resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais.

Comprimento de plântulas: Foram semeadas quatro repetições de 20 sementes por rolo de papel germiteste, dispostas em três linhas na parte superior do papel de germinação. Os rolos de papel foram colocados em sacos plásticos e acondicionados em germinador do tipo BOD a 25 °C e a avaliação ocorreu aos cinco dias, onde foi medido o comprimento de raiz e de hipocótilo, com o auxílio de uma régua milimétrica, de dez plântulas normais coletadas aleatoriamente. O resultado foi expresso em centímetros por plântula, conforme descrito por Nakagawa (1994).

Massa seca de plântulas: Após a avaliação do comprimento de plântulas, as raízes e o hipocótilo foram mantidos em sacos de papel, em estufa a 65±5 °C por 48 horas até a obtenção de massa constante. Em seguida, as raízes e hipocótilos foram pesados em balança de precisão 0,001 g. A massa obtida foi dividida pelo número de plântulas normais, sendo os resultados expressos em miligramas por plântula (mg plântula⁻¹), conforme Nakagawa (1994).

Para a avaliação em bandejas de areia, a composição dos tratamentos e o experimento ocorreram da seguinte forma:

T1= Controle

T2= Tratamento químico (Cruizer)

T3= Tratamento químico + polímero Laborsan

T4= Tratamento químico + polímero Likoseed

As sementes foram submetidas a diferentes níveis de capacidade de retenção de água pelo substrato, em que foram semeadas em bandejas plásticas com substrato areia lavada, peneirada e esterilizada em estufa, utilizando quatro repetições com 20 sementes para cada tratamento, em sulcos de 1 cm de profundidade. O substrato foi mantido com quatro condições hídricas, mantendo o armazenamento da água no solo em 20, 40, 60 e 80% da capacidade de armazenamento da água. Para a manutenção dessa capacidade, foi aplicada água destilada em volume correspondente a diferença de peso do conjunto areia + bandeja no momento da leitura e da última pesagem do dia anterior.

As bandejas foram mantidas em sala climatizada com temperatura de 25°C e fotoperíodo de 24 horas durante todo período de execução das avaliações. As sementes foram avaliadas pelos testes de emergência em areia, comprimento da raiz e parte aérea (hipocótilo) e massa seca de plântulas, como já descritos anteriormente.

Os pressupostos de normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias foram verificados. Foi realizada análise de variância e as médias dos níveis dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Scott Knott ($P \leq 0,05$); para os fatores quantitativos foi realizada análise de regressão, utilizando o software Sisvar.

3. Resultados e Discussão

Previamente ao início do experimento foi realizada a caracterização inicial dos lotes a fim de verificar o seu nível de vigor (Tabela 1). Foi possível verificar através das variáveis primeira contagem de germinação, germinação e massa seca de plântulas que os dois lotes possuem distintos níveis de vigor, indicando que o lote de menor potencial fisiológico possui um retardo em seu desenvolvimento. Tais resultados vão ao encontro dos de Kolchinski et al. (2006) que verificaram baixo vigor das sementes associado a reduções na porcentagem de emergência, desuniformidade de emergência e reduções na produção de matéria seca e nas taxas de crescimento da cultura.

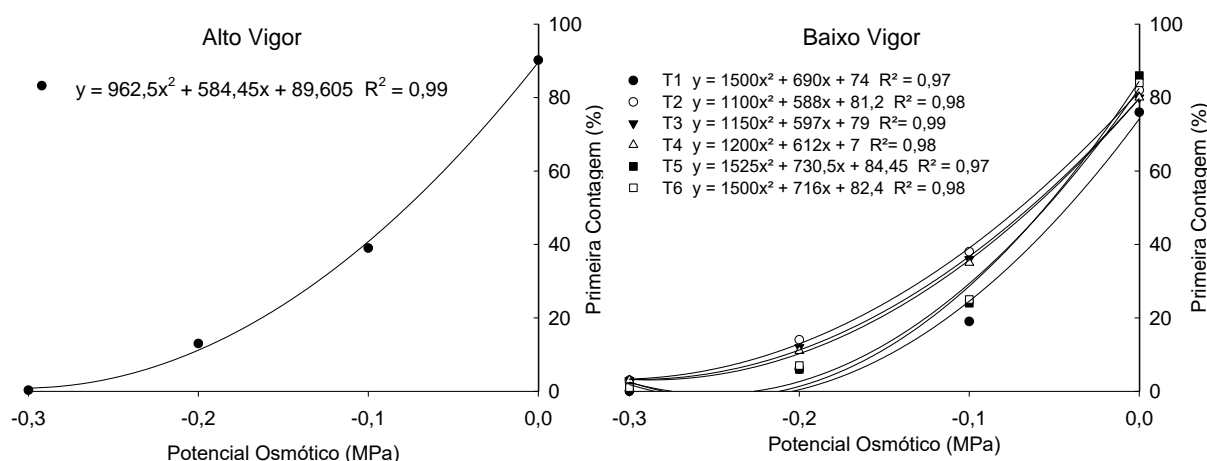
Tabela 1 - Primeira contagem de germinação (PC), germinação (G), comprimento de hipocótilo (CH), comprimento de radícula (CR) e massa seca de plântulas (MS) de dois lotes de sementes de soja cultivar Nidera NA5909.

Lote	PC (%)	G (%)	CH (cm)	CR (cm)	MS (g)
Alto Vigor	91 a ¹	94 a	10,3 ^{ns}	13,39 ^{ns}	46,47 a
Baixo Vigor	76 b	86 b	11,1	13,28	37,37 b
CV (%)	3,87	4,19	5,89	13,74	7,22

¹Médias não seguidas pela mesma letra na coluna diferem entre si pelo teste Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo ao teste F a 5% de probabilidade. Fonte: Autores.

Avaliando o experimento de estresse hídrico no papel germiteste, a Figura 1 apresenta a variável primeira contagem para ambos os lotes, sendo um teste que avalia o vigor das plântulas através da rapidez do seu desenvolvimento inicial. A primeira contagem de germinação é um teste simples de vigor, realizado simultaneamente ao teste de germinação e com base no pressuposto de que sementes mais vigorosas germinam mais rapidamente (Abud et al., 2013).

Figura 1 - Primeira contagem de plântulas, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.



Fonte: Autores.

Para o lote de alto vigor não houve diferença significativa entre os tratamentos, apenas para os níveis de potencial osmótico, em que quanto maior a deficiência hídrica, menores foram os valores de plântulas normais na primeira contagem, apresentando inicialmente valores acima de 90% e com o aumento do estresse hídrico atingindo a primeira contagem próxima a zero quando as sementes foram submetidas ao potencial -0,3 MPa. O início do desenvolvimento da plântula é afetado negativamente quando a quantidade de água absorvida é insuficiente, prejudicando o início das atividades metabólicas, a

reativação enzimática e a degradação das substâncias de reservas, resultando no retardo da formação de estruturas e desenvolvimento do embrião (Carvalho et al., 2016).

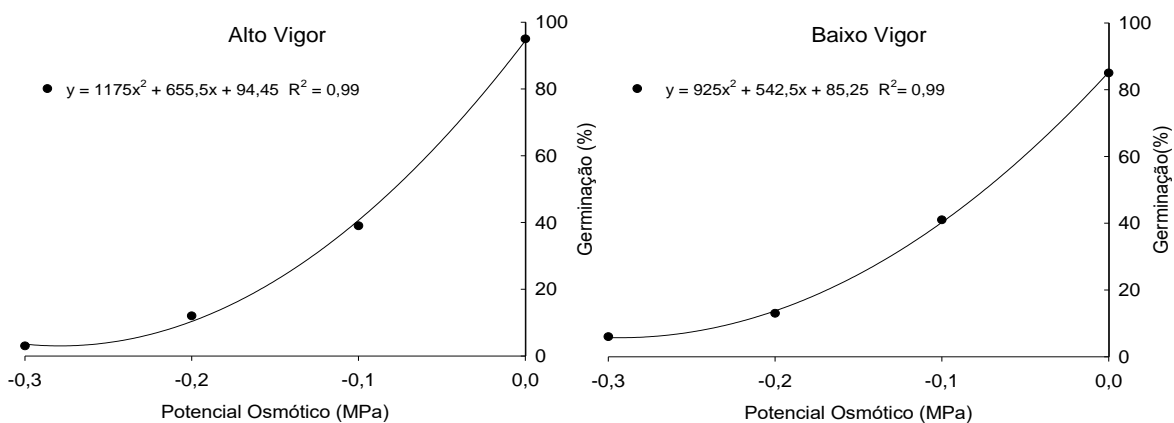
Para o lote de baixo vigor os tratamentos apresentaram diferenças significativas em função do regime hídrico, havendo interação entre os tratamentos e potenciais osmóticos. Através da interação pode-se observar que para os níveis de potencial osmótico -0,1 e -0,2 MPa as plântulas que receberam o tratamento apenas com tiametoxam (T2) ou associado a polímeros (T3 e T4) tiveram valores superiores aos apresentados pelo tratamento controle ou apenas com a aplicação de polímeros. Isso pode ter ocorrido devido ao tiametoxam acelerar a germinação, induzindo maior desenvolvimento do eixo embrionário minimizando os efeitos negativos da deficiência hídrica (Carvalho et al., 2011).

As sementes que receberam apenas a aplicação de polímeros (T5 e T6) apresentaram valores intermediários, sendo acima dos valores de primeira contagem em relação ao tratamento controle quando foram submetidas aos potenciais osmóticos -0,1 e -0,2 MPa. Como justificativa para esse resultado, tem-se, possivelmente, que devido ao polímero formar uma camada sobre a semente isso pode ter minimizado o desenvolvimento de patógenos.

No caso de plântulas originadas de sementes de alto vigor, a utilização de polímeros e bioativadores pode não trazer grande influência, já que as sementes terão maior quantidade de reservas disponíveis para resistir a essas condições estressantes. As plântulas de baixo vigor podem ser beneficiadas pelo efeito bioativador do tiametoxam aplicado no tratamento de sementes, já que estas estão com maior deterioração e assim o tratamento poderá auxiliar nos mecanismos de defesa dessa plântula.

Para a variável germinação (Figura 2), ambos os lotes apresentaram significância apenas para o fator potencial osmótico, em que tiveram decréscimos na forma de função quadrática conforme a diminuição da disponibilidade de água pela solução. Esse resultado pode ser explicado porque o processo de germinação ocorre quando a quantidade de água absorvida é suficiente para o início das atividades metabólicas, com reativação enzimática e degradação das substâncias de reservas contidas no endosperma (Taiz; Zeiger, 2017).

Figura 2 - Germinação, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nídera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.



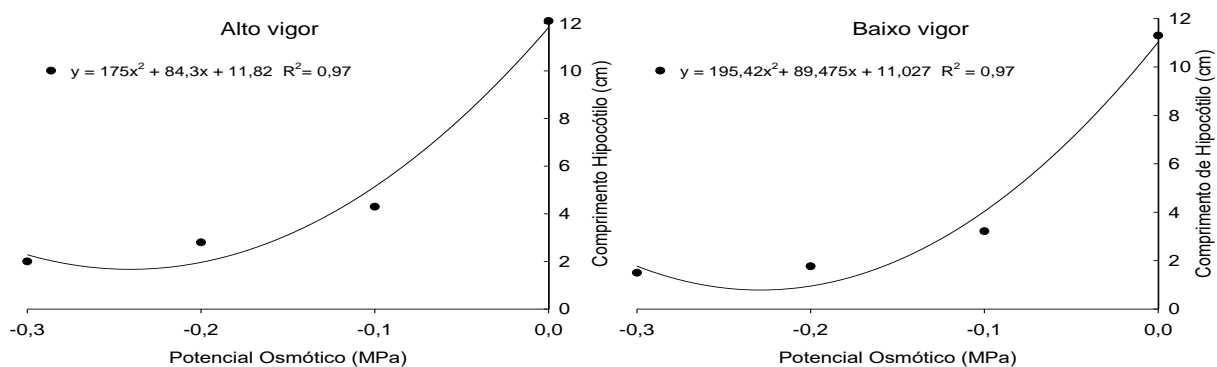
Fonte: Autores.

A redução na germinação de sementes com o aumento das concentrações de PEG pode ser atribuída a consequente diminuição na velocidade e quantidade de água absorvida pela semente, já que a deficiência hídrica durante a germinação reduz a absorção de água pelos tecidos e, consequentemente, o início da germinação da semente (Kappes et al., 2010; Pelegrini et al., 2013).

Estes resultados permitem inferir que houve resposta positiva aos tratamentos para sementes de baixo vigor, sendo que o desempenho dessas sementes sob condições de semeadura com baixa disponibilidade hídrica no solo poderá ser melhorado significativamente com a aplicação de bioativadores e polímeros.

Para o comprimento de hipocótilo (Figura 3) houve significância apenas para o estresse hídrico, em que para ambos os lotes houve queda conforme a diminuição do potencial osmótico. É comum que em condições de estresse hídrico as plântulas apresentem valores reduzidos de comprimento devido à redução de dimensões celulares através da redução de sua turgidez, os tecidos formados a partir das condições com maior estresse hídrico possuem menor alongamento e as substâncias de reserva são menos aproveitadas devido ao estresse osmótico ocorrido (Carvalho et al., 2016).

Figura 3 - Comprimento de hipocótilo expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.

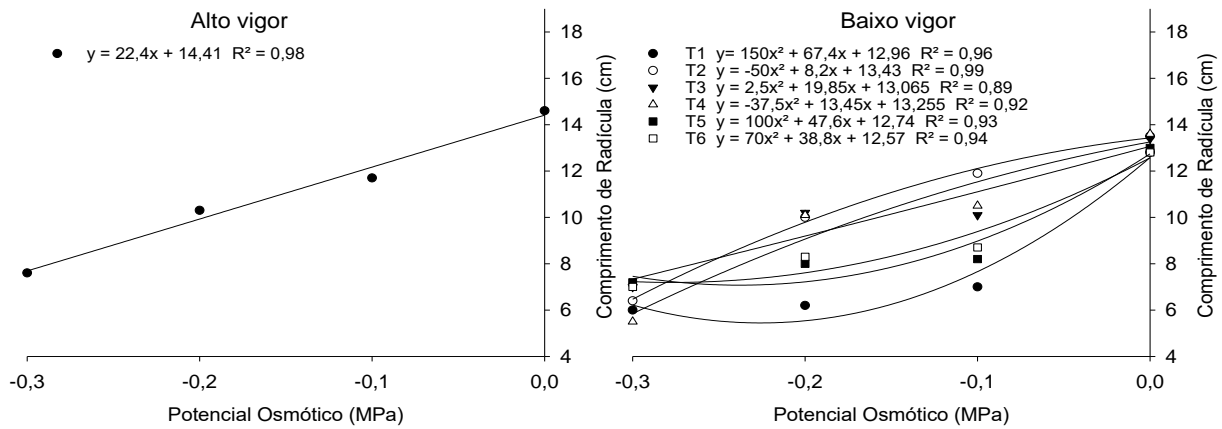


Fonte: Autores.

O hipocótilo possui função essencial no desempenho inicial da plântula, pois quando vigoroso, acelera o desenvolvimento dos tecidos tegumentares e fotossintéticos, proporcionando que as plântulas sintetizem assimilados mais rápido e não dependam da energia provinda de substâncias do endosperma da semente (Carvalho et al., 2016).

Para a análise do comprimento de radícula (Figura 4), o lote de alto vigor apresentou resultados da germinação que se ajustaram a uma equação de regressão linear, com redução no comprimento conforme a diminuição do potencial osmótico. O teste de avaliação do comprimento da parte radicular é considerado o mais sensível para a diferenciação da qualidade fisiológica entre lotes e também de cultivares, conforme constatado por Vieira et al. (2013), pois um dos primeiros efeitos mensuráveis da baixa disponibilidade de água é a redução no crescimento, que é causada pela redução da expansão celular.

Figura 4 - Comprimento de radícula expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.



Fonte: Autores.

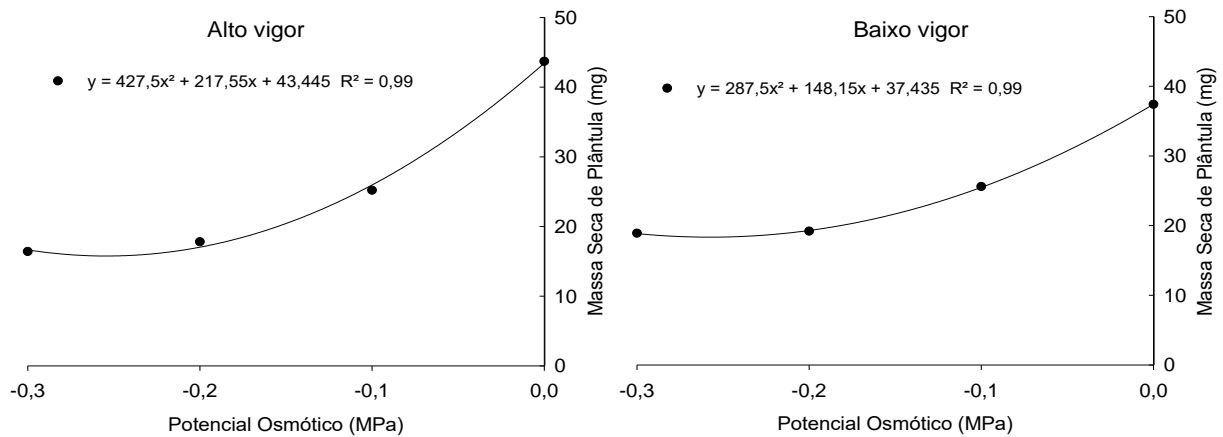
O sistema radicular é fundamental para a absorção de água, nutrientes e sustentação da planta. Problemas de formação em sua estrutura podem gerar danos ao seu estabelecimento e, conseqüentemente, no rendimento final da cultura. O estresse hídrico provoca redução do potencial hídrico da célula, causando diminuição da pressão de turgor, o que afeta de forma negativa a expansão e crescimento celular, o metabolismo, crescimento e estabelecimento das plântulas, reduzindo, desta forma, o crescimento do hipocótilo e da radícula (Viçosi et al., 2017).

Para o lote de baixo vigor houve interação entre os tratamentos e potenciais osmóticos e assim como ocorreu para a avaliação de primeira contagem de plântulas, pode se observar que para os níveis de potencial osmótico -0,1 e -0,2 MPa, as plântulas que receberam o tratamento apenas com tiametoxam ou associado a polímeros tiveram valores mais elevados que o tratamento controle (T1), demonstrando que ocorreu uma indução mais rápida para o comprimento de radícula. Como plântulas de menor vigor provavelmente possuem menor quantidades de reservas, Bewley et al. (2013) comentam que conforme a menor mobilização de reservas, menor síntese e atividades enzimáticas ou alterações no turgor celular e, assim, redução no desenvolvimento. Dessa forma a utilização do bioativador em sementes de menor qualidade fisiológica proporciona que os mecanismos de defesa da plântula possam se desenvolver de forma que esta possa iniciar seu processo de expansão radicular com maior velocidade.

Além disso, plântulas oriundas de sementes tratadas apenas com polímeros (T5 e T6) apresentaram valores superiores de comprimento de radícula em relação ao tratamento controle, apresentando resultado semelhante aos de vigor por primeira contagem.

Avaliando a variável massa seca de plântulas (Figura 5), para ambos os lotes houve queda conforme o aumento do estresse hídrico. Esses valores são uma consequência dos valores obtidos nas avaliações de comprimento de hipocótilo e de radícula. A massa seca de plântulas também se caracteriza como indicadora do vigor inicial das sementes e da taxa de crescimento inicial.

Figura 5 - Massa seca de plântulas, expressa em miligramas por plântula, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nídera NA5909 submetidas a estresse hídrico simulado.



Fonte: Autores.

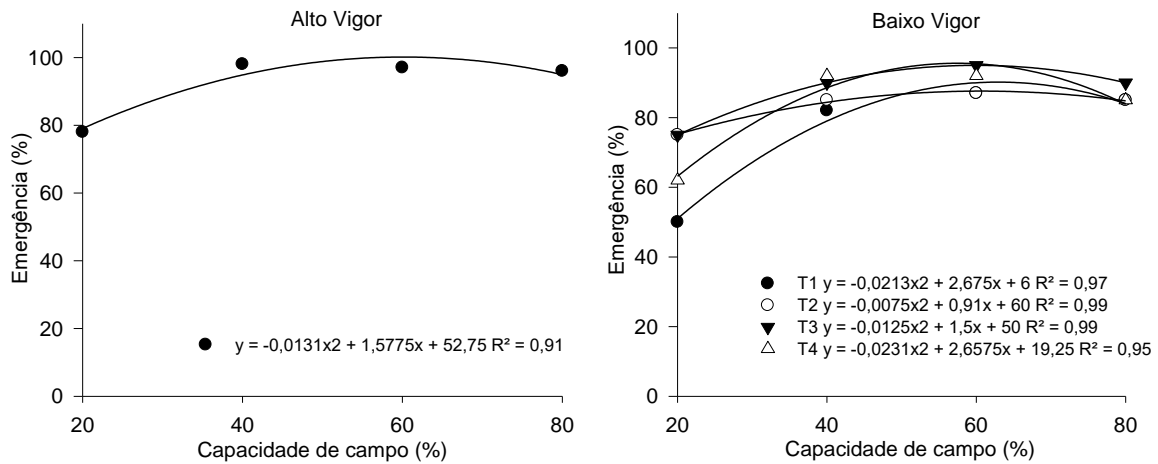
Sementes de soja induzidas a estresses hídricos tendem a reduzir as dimensões e massa de plântulas à medida que o estresse aumenta. Essa redução na biomassa do epicótilo pode ser explicada pela diminuição no metabolismo das sementes, em função da menor disponibilidade de água para digestão das reservas e translocação de produtos metabolizados (Bewley et al., 2013).

Observando os resultados para a avaliação em areia, estes se assemelharam aos obtidos através do estresse hídrico simulado com PEG. Para o lote de alto vigor a variável emergência, não apresentou grau de significância para os diferentes tratamentos, apenas havendo diferença significativa para o fator capacidade de retenção (Figura 6). Conforme Bansal et al. (1980), potenciais hídricos negativos, principalmente nas fases iniciais de embebição, irão reduzir de forma drástica a absorção de água pelas sementes, chegando a inviabilizar a sequência de eventos no processo de germinação da semente.

Quando analisado o lote de sementes com baixo vigor, os tratamentos apresentaram diferenças significativas em função da disponibilidade hídrica, havendo interação entre os tratamentos e capacidades de retenção. Através da interação pode-se observar que para o nível de capacidade de retenção de 20%, as plântulas que não receberam tratamento, apresentaram valores inferiores aos demais tratamentos com tiametoxam e polímeros. Tal resultado evidencia que a utilização do tratamento de sementes com o i.a. tiametoxam foi positiva quando as sementes foram submetidas a deficiência hídrica, corroborando com os resultados relatados por Castro et al. (2008) que ressaltam os efeitos fisiológicos benéficos via tratamento de sementes.

Ainda avaliando a capacidade de retenção de 20% para o lote de baixo vigor, o tratamento 4 (tiametoxam+ likoseed), apresentou valores inferiores aos tratamentos 2 e 3. Tal resultado pode ser explicado devido a esse polímero poder ter agido reduzindo a velocidade de embebição, impedindo a germinação das sementes nessa fase inicial. Já para as condições com maior disponibilidade de água, os tratamentos tiveram efeitos semelhantes.

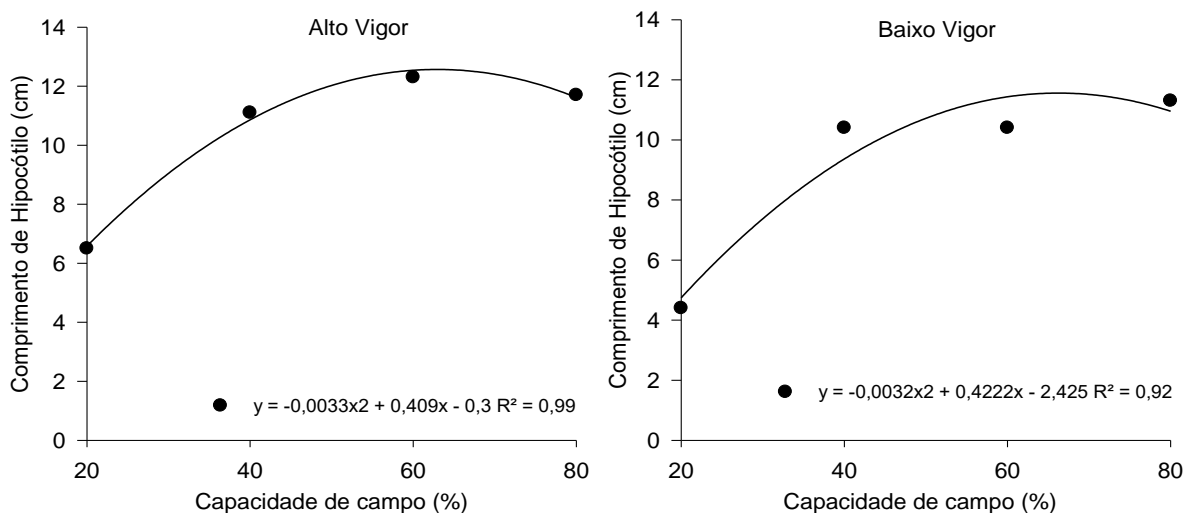
Figura 6 - Emergência, expressa em porcentagem de plântulas normais em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.



Fonte: Autores.

Na avaliação do comprimento de hipocótilo (Figura 7) houve significância para os diferentes níveis de capacidade hídrica. Tanto o lote de alto como o de baixo vigor, se ajustaram em uma função quadrática, em que os índices de 40 e 60% da capacidade de retenção apresentaram valores superiores de comprimento da parte aérea da plântula, demonstrando que em condições de boa disponibilidade hídrica no solo, as plântulas tendem a apresentar um crescimento acelerado.

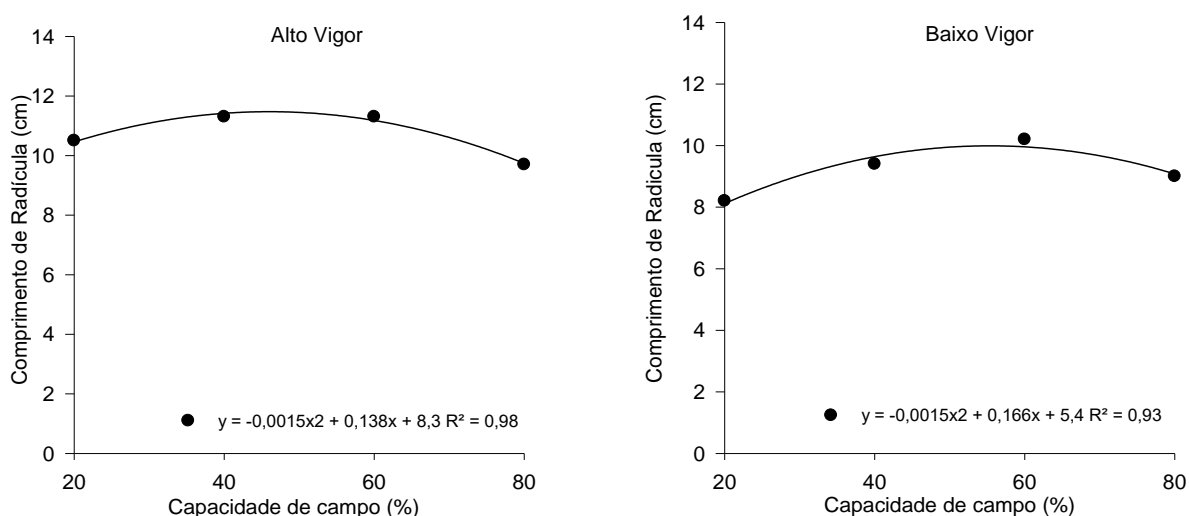
Figura 7 - Comprimento de hipocótilo expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.



Fonte: Autores.

Na análise do comprimento de radícula (Figura 8), ambos os lotes apresentaram resultados da germinação que se ajustaram a uma equação quadrática, de forma complementar ao que ocorreu no comprimento de hipocótilo. Esses resultados evidenciam o efeito negativo que a escassez de água promove no alongamento das plântulas de soja resultando tanto no menor comprimento do hipocótilo como da raiz primária.

Figura 8 - Comprimento de radícula expresso em centímetros, em dois lotes de sementes de soja da cultivar Nidera NA5909 submetidas a estresse hídrico em areia.



Fonte: Autores.

Para a variável massa seca de plântulas, não houve diferença significativa entre os tratamentos e capacidades de campo, tanto para o lote de alto como para o de baixo vigor.

Esse trabalho proporcionou resultados interessantes sobre os danos que o estresse hídrico pode proporcionar para as plântulas, que posteriormente comprometerão o estabelecimento da cultura no campo. Além disso, demonstra as diferentes respostas que as plântulas originadas com sementes de diferentes níveis de vigor apresentam quando submetidas a condições de deficiência hídrica e aplicação de tiametoxam e polímeros via tratamento de sementes.

4. Conclusão

Para ambos os lotes tanto o estresse hídrico simulado em rolos de papel como em areia, houve redução do desempenho fisiológico das sementes. Sob estresse hídrico, o tiametoxam com ou sem associação aos polímeros melhorou o desempenho em plântulas de soja de baixo vigor quando submetidas a estresse hídrico.

Referências

- Abud, H. F., Araujo, E. F., Araujo, R. F., Araujo, A. V., & Pinto, C. M. F. (2013). Qualidade fisiológica de sementes das pimentas malagueta e biquinho durante a ontogênese. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 48, 1546-1554.
- Adak, T., Kumar, J., Shakil, N. A., & Pandey, S. (2016). Role of nano-range amphiphilic polymers in seed quality enhancement of soybean and imidacloprid retention capacity on seed coatings. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4351-4357.
- Almeida, A. D. S., Carvalho, I., Deuner, C., & Villela, F. A. (2011). The role of bioactivators in the physiological performance of rice seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, 33, 501-510.
- Bansal, R. P., Bhati, P. R., & Sen, D. N. (1980). Differential specificity in water imbibition of Indian arid zone seeds. *Biologia Plantarum*, 22, 327-331.
- Bewley, J. D., Bradford, K., & Hilhorst, H. (2013). *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*. Springer Science & Business Media.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2009). Regras para análise de sementes.
- Carvalho, N. L., Perlin, R. S., & Costa, E. C. (2011). Thiametoxam em tratamento de sementes. *Revista Monografias Ambientais*, 158-175.
- Carvalho, I. R., de Souza, V. Q., Follmann, D. N., Nardino, M., Schmidt, D., Pelissari, G., & Baretta, D. (2016). Desempenho fisiológico da soja com regulação hídrica por manitol. *Agrarian*, 9(31), 34-43.
- Castro, P. R. C., & Pereira, M. A. (2008). *Bioativadores na agricultura*. Tiametoxam. Vozes.

- Dan, L. G. D. M., Dan, H. D. A., Piccinin, G. G., Ricci, T. T., & Ortiz, A. H. T. (2012). Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. *Revista Caatinga*, 25(1), 45-51.
- Kappes, C., da Costa Andrade, J. A., Haga, K. I., Ferreira, J. P., & Arf, M. V. (2010). Germinação, vigor de sementes e crescimento de plântulas de milho sob condições de déficit hídrico. *Scientia agraria*, 11(2), 125-134.
- Khan, M. S. A., Chowdhury, J. A., Razzaque, M. A., Ali, M. Z., Paul, S. K., & Aziz, M. A. (2016). Dry matter production and seed yield of soybean as affected by post-flowering salinity and water stress. *Bangladesh Agronomy Journal*, 9(2), 21-27.
- Kolchinski, E. M., Schuch, L. O. B., & Peske, S. T. (2006). Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. *Current Agricultural Science and Technology*, 12(2), 129-132.
- Kunkur, V., Hunje, R., Biradarpatil, N. K., & Vyakarnahal, B. S. (2010). Effect of seed coating with polymer, fungicide and insecticide on seed quality in cotton during storage. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 20(1).
- Lauxen, L. R., Almeida, A. D. S., Deuner, C., Meneghello, G. E., & Villela, F. A. (2016). Physiological response of cotton seeds treated with thiamethoxam under heat stress. *Journal of Seed Science*, 38, 140-147.
- Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H. R., & ZEYNALI, E. (2011). Effects of seed aging on subsequent seed reserve utilization and seedling growth in soybean. *International Journal of Plant Production*, 65-70.
- Nakagawa, J. (1994). *Testes de vigor baseados na avaliação das plântulas. Testes de vigor em sementes*. Jaboticabal: FUNEP, 1, 49-85.
- Pedrini, S., Merritt, D. J., Stevens, J., & Dixon, K. (2017). Seed coating: science or marketing spin? *Trends in plant science*, 22(2), 106-116.
- Pelegri, L. L., Borcioni, E., Nogueira, A. C., Koehler, H. S., & Quoirin, M. G. G. (2013). Efeito do estresse hídrico simulado com NaCl, manitol e PEG (6000) na germinação de sementes de *Erythrina falcata* Benth. *Ciência Florestal*, 23, 511-519.
- Pereira, C. E., Oliveira, J. A., Oliveira, G. E., Rosa, M. C. M., & Neto, J. C. (2009). Tratamento fungicida via peliculização e inoculação de *Bradyrhizobium* em sementes de soja. *Revista Ciência Agronômica*, 40(3), 433-440.
- Scheeren, B. R., Peske, S. T., Schuch, L. O. B., & Barros, A. C. A. (2010). Qualidade fisiológica e produtividade de sementes de soja. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 35-41.
- Souza, T. C., Magalhães, P. C., de Castro, E. M., Carneiro, N. P., Padilha, F. A., & Júnior, C. C. G. (2014). ABA application to maize hybrids contrasting for drought tolerance: changes in water parameters and in antioxidant enzyme activity. *Plant Growth Regulation*, 73, 205-217.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2017). *Fisiologia e desenvolvimento vegetal*. Artmed Editora.
- Viçosi, K. A., Ferreira, A. A. S., de Oliveira, L. A. B., & Rodrigues, F. (2017). Estresse hídrico simulado em genótipos de feijão, milho e soja. *Revista de Agricultura Neotropical*, 4(5), 36-42.
- Vieira, F. C. F., Santos Junior, C. D., Nogueira, A. P. O., Dias, A. C. C., Hamawaki, O. T., & Bonetti, A. M. (2013). Aspectos fisiológicos e bioquímicos de cultivares de soja submetidos a déficit hídrico induzido por PEG 6000. *Bioscience Journal*, 543-552.
- Villela, F. A., Doni Filho, L., & Sequeira, E. L. (1991). Tabela de potencial osmótico em função da concentração de polietileno glicol 6.000 e da temperatura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 26(11/12), 1957-1968.