

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel
Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes

Dissertação



**Crescimento, pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de
plântulas de cevadas sob tratamentos e estresses abióticos**

Henrique Ehlert Pollnow

Pelotas, 2023

Henrique Ehlert Pollnow

Crescimento, pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de plântulas de cevadas sob tratamentos e estresses abióticos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof. Dra. Emanuela Garbin Martinazzo Aumonde

Co-Orientador (es): Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde
Prof. Dr. Tiago Pedó
Dra. Angelita Celente Martins

Pelotas, 2023

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de Bibliotecas
Catalogação na Publicação

P771c Pollnow, Henrique Ehlert

Crescimento, pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de plântulas de cevadas sob tratamentos e estresses abióticos / Henrique Ehlert Pollnow ; Emanuela Garbin Martinazzo Aumonde, orientadora ; Tiago Zanatta Aumonde, Tiago Pedó, coorientadores. — Pelotas, 2023.

83 f. : il.

Dissertação (Mestrado) — Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2023.

1. *Hordeum vulgare*. 2. Atividade enzimática. 3. Alagamento. 4. Alta temperatura. 5. Fisiologia de sementes. I. Aumonde, Emanuela Garbin Martinazzo, orient. II. Aumonde, Tiago Zanatta, coorient. III. Pedó, Tiago, coorient. IV. Título.

CDD : 633.16

Henrique Ehlert Pollnow

Crescimento, pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de plântulas de
cevadas sob tratamentos e estresses abióticos

Dissertação aprovada, como requisito parcial, para obtenção do grau de Mestre em
Ciências, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes,
Faculdade Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas.

Data da Defesa: 07/03/2023

Banca examinadora:

.....
Prof. Dra. Emanuela Garbin Martinazzo Aumonde (Orientadora)
Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dr. Maurício de Oliveira
Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal de Pelotas

.....
Prof. Dra. Raquel Maria de Oliveira Pires
Doutora em Agronomia pela Universidade Federal de Lavras

.....
Dra. Angelita Celente Martins
Doutora em Fisiologia Vegetal pela Universidade Federal de Pelotas

Dedico este trabalho aos meus pais José Laércio e Elaine, meu irmão Germano, e aos demais familiares, pelo apoio, exemplo de dedicação e de integridade, e por sempre acreditarem em minhas conquistas e princípios.

Agradecimentos

A Deus, por sempre guiar meu caminho, dando saúde forças para nunca desistir e sempre seguir em frente.

Aos meus pais, José Laércio, irmão Germano, e demais familiares que sempre estiveram ao meu lado, aconselhando, acreditando e apoiando.

A minha orientadora Prof. Dra. Emanuela Garbin Martinazzo Aumonde, e Co-orientadores Prof. Dr. Tiago Zanatta Aumonde e Prof. Dr. Tiago Pedó pelos ensinamentos, paciência, dedicação e conselhos.

A todos os colegas e estagiários que dedicaram seu tempo, auxiliando e apoiando durante a condução dos experimentos, e que com o passar do tempo, acabaram se tornando grandes amigos

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsa, e ao CNPq pelo apoio financeiro para a realização da pesquisa.

Obrigado!

Resumo

POLLNOW, Henrique Ehlert. **Crescimento, pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante de plântulas de cevadas sob tratamentos e estresses abióticos.** 2023. 84f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2023.

O presente trabalho objetivou avaliar os atributos fisiológicos do crescimento inicial e o desempenho bioquímico de plântulas de cevada, submetidas a diferentes tratamentos de semente, sob influência do alagamento do solo, em diferentes temperaturas. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2x6x2, sendo duas cultivares de cevada: ABI Rubi e BRS Caue, seis tratamentos de semente: Controle, Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico, Fluazinam + tiofanato-metílico, Lambda-cialotrina + tiametoxam, Triadimenol e Fipronil; e duas condições hídricas do solo, nas temperaturas de 20 e 30°C, com quatro repetições por tratamento. As variáveis analisadas dos atributos de crescimento foram emergência, IVE, VE, comprimento de parte aérea e raiz, massa seca de parte aérea e raiz e, área foliar. As variáveis bioquímicas analisadas nas plântulas foram teor de clorofila *a*, clorofila *b*, clorofila total, carotenoides, peróxido e peroxidação lipídica e a atividade das enzimas SOD, CAT e APX. As cultivares ABI Rubi e BRS Caue apresentaram desempenho similar nas condições avaliadas. O tratamento de semente com Triadimenol resultou em uma diminuição do comprimento de parte aérea e área foliar. O efeito dos demais tratamentos de semente nos atributos de crescimento variou conforme com a cultivar, sendo mais pronunciado na temperatura de 20°C. O alagamento causou redução no crescimento das plântulas, principalmente área foliar. O teor de pigmentos fotossintéticos apresentou redução no alagamento, principalmente na temperatura de 20°C. A atividade de enzimas antioxidantes foi maior em condição de alagamento e na temperatura de 30°C, enquanto que os efeitos dos tratamentos de semente variaram de acordo com a cultivar. Maiores teores de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica foram observados em condição de alagamento, variando sua interação com os demais fatores. Ambas as cultivares apresentaram desempenho similar dos atributos de crescimento, pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante, nas condições avaliadas.

Palavras-chave: *Hordeum vulgare*, atividade enzimática, alagamento, alta temperatura, fisiologia de sementes.

Abstract

POLLNOW, Henrique Ehlert. **Growth, photosynthetic pigments and antioxidant metabolism of barley seedlings under treatments and abiotic stresses.** 2023. 84f. Dissertation (Master of Sciences) - Graduate Program in Seed Science and Technology, Faculty of Agronomy Eliseu Maciel, Federal University of Pelotas, Pelotas, 2023.

The present work aimed to evaluate the physiological attributes of the initial growth and the biochemical performance of barley plants, maintaining different seed treatments, under the influence of soil flooding, at different temperatures. The experimental design was completely randomized, in a 2x6x2 factorial scheme, with two barley cultivars: ABI Rubi and BRS Caue, six seed treatments: Control, Fipronil + pyraclostrobin + methyl thiophanate, Fluazinam + methyl thiophanate, Lambda-cyhalothrin + thiamethoxam, Triadimenol and Fipronil; and two soil water conditions, at temperatures of 20 and 30°C, with four replications per treatment. Underlying variables of growth attributes were emergence, IVE, VE, shoot and root length, shoot and root dry mass, and leaf area. The environmental biochemical variables in the seedlings were chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, carotenoids, peroxide and lipid peroxidation content and the activity of SOD, CAT and APX enzymes. The ABI Rubi and BRS Caue cultivars showed similar performance under the evaluated conditions. Seed treatment with Triadimenol resulted in a decrease in shoot length and leaf area. The effect of other seed treatments on growth attributes varied according to the cultivar, being more pronounced at a temperature of 20°C. Flooding caused a reduction in seedling growth, mainly in the leaf area. The content of photosynthetic pigments showed a reduction in flooding, mainly at a temperature of 20°C. The activity of antioxidant enzymes was higher in flooded conditions and at a temperature of 30°C, while the effects of seed treatments varied according to the cultivar. Higher levels of hydrogen peroxide and lipid peroxidation were observed in flooded conditions, varying their interaction with the other factors. Both cultivars showed similar performance of growth attributes, photosynthetic pigments and antioxidant metabolism under the evaluated conditions.

Keywords: *Hordeum vulgare*, enzymatic activity, waterlogging, high temperature, seed physiology

Lista de Tabelas

Tabela 1	Análise de variância para variáveis ecofisiológicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condições hídrica do solo (Cond) e temperatura de 20°C.....	32
Tabela 2	Análise de variância para variáveis ecofisiológicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condição hídrica do solo (Cond) e temperatura de 30°C.....	33
Tabela 3	Emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE) de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente.....	3
Tabela 4	Comprimento de raiz e de parte aérea de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C.....	37
Tabela 5	Massa seca de raiz e de parte aérea de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C.....	40
Tabela 6	Área foliar de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e hídricas do solo.....	42
Tabela 7	Análise de variância para variáveis bioquímicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condições hídricas do solo (Cond) e temperatura de 20°C.....	44
Tabela 8	Análise de variância para variáveis bioquímicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condições hídricas do solo (Cond) e temperatura de 30°C.....	45
Tabela 9	Teores de clorofila a, b, totais e carotenoides de folhas de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C.....	49
Tabela 10	Atividades das enzimas antioxidantes superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase de plântulas de cevada aferidas	

em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C..... 54

Tabela 11 Peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C..... 58

Sumário

1.	Introdução.....	11
2.	Referencial teórico.....	14
2.1	A cultura da cevada.....	14
2.2	Estresses em plantas.....	17
2.3	Estresse por altas temperaturas.....	19
2.4	Estresse por excesso hídrico.....	22
2.5	Tratamento de sementes.....	25
3.	Materiais e métodos.....	28
4.	Resultados e discussão.....	32
5.	Conclusões.....	60
6.	Considerações finais.....	61
	Referências.....	62
	Apêndices.....	79

1. Introdução

A cevada (*Hordeum vulgare* L.), cereal pertencente à família Poaceae, foi um dos primeiros cereais cultivados e utilizados pelo homem (CARNEIRO, 2010; SOUSA, 2012). É, e é originária da região denominada na antiguidade, de “Crescente Fértil”, no Oriente Médio (STANCA, 2016); apresentando, atualmente, grande importância econômica e social para a agricultura mundial principalmente do Norte e Leste Europeu (SILVA, 2008).

No ano de 2022, foram cultivados 123,3 mil hectares de cevada no território brasileiro, resultando em uma produção total de 510,2 mil toneladas do grão (CONAB, 2023). Esta produção concentra-se basicamente na região Sul do Brasil, sendo o estado do Paraná o maior produtor com 83,2 mil hectares e produção de 379,7 mil toneladas, seguido do Rio Grande do Sul, com 39,4 mil hectares e 127,9 mil toneladas.

A cevada é utilizada basicamente para a alimentação humana e fabricação de ração (JAQUES, 2018), além da produção de malte cervejeiro (KRUKLIS, 2019), sendo os parâmetros exigidos para a produção de cevada cervejeira similares aos necessários para a produção de sementes. Para tanto, essa produção necessita de áreas com condições climáticas favoráveis, como alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e de temperaturas amenas durante as fases de formação, enchimento e maturação dos grãos (DE MORI et al., 2012).

Da mesma forma, a produção de sementes de qualidade deve estar ligada aos atributos físicos, fisiológicos, genéticos e sanitários, sendo que fatores bióticos (pragas, patógenos e presença de plantas daninhas) e abióticos (estresses ambientais, como estresse hídrico e térmico) podem vir a prejudicar a qualidade de sementes ou rendimento da cultura. Visando melhorar o desempenho da cultura, através do tratamento de sementes, é possível à utilização de diversos produtos,

como agroquímicos, produtos biológicos, micronutrientes, inoculantes, entre outros (MENTEN e MORAES 2010), tornando possível melhorar a qualidade sanitária das sementes ou alguns dos atributos de crescimento das plântulas.

O tratamento químico de sementes é uma maneira eficiente de se reduzir estresses bióticos, como a utilização de fungicidas para controle de doenças do solo, porém as informações sobre como tais tratamentos influenciam no vigor das sementes, desenvolvimento de plântulas e, especialmente, os atributos do metabolismo do estresse, ainda são limitadas (LACERDA et al., 2021).

A produção e a qualidade de sementes são influenciadas direta ou indiretamente por fatores ambientais, que poderão causar estresses nas plantas durante o processo de formação das sementes (KOCH, 2019). Segundo Monteiro et al. (2014), as atividades agrícolas são limitadas principalmente por danos causados por fatores abióticos.

A tolerância das plantas ao estresse é uma característica que pode ser herdada geneticamente e é intrínseca a qualidade das sementes (PRAZERES et al., 2021). Segundo Marcos Filho et al. (2015), a qualidade é referida ao potencial fisiológico, resultado da interação entre viabilidade e vigor das sementes. Com isso, as plântulas originadas de sementes mais vigorosas tendem a apresentar um desenvolvimento inicial mais rápido, permitindo um melhor estabelecimento do estande, e maior potencial de tolerância a condições adversas (SILVA et al., 2016).

Diversas formas de perturbações abióticas podem resultar em condições adversas para as plantas, incluindo estresse de alta e baixa temperatura, estresse salino, inundações, déficit hídrico, excesso de luz, metais pesados, poluição, entre outras (LAL et al., 2018). Nesse contexto, estresses hídricos e a ocorrência de temperaturas além das ideais, sejam altas ou baixas, podem ocasionar redução de produtividade e menor qualidade fisiológica de sementes (PESKE et al. 2012).

As plantas podem ser expostas a múltiplos estímulos abióticos e bióticos, juntamente com variações no ambiente, solo e interações microbianas benéficas. Conforme Gilliam et al. (2017), estes estresses normalmente ocorrem simultaneamente e, nessa situação, as respostas das plantas são diferentes em comparação a uma situação de ocorrência de somente um tipo de estresse (NIEVES-CORDONES et al., 2019).

A exemplo, o excesso hídrico pode resultar em diversas alterações do metabolismo das plantas, onde em solo com condições de hipóxia ou anoxia, as

plantas podem passar por diversas alterações em seu metabolismo, como a diminuição de ATP, resultando em prejuízos ao seu desenvolvimento (LI et al., 2018). Em condições de saturação hídrica há redução na disponibilidade de O₂, ocasionado pela baixa difusão do oxigênio na água, conseqüentemente uma deficiência de aeração no sistema radicular, resultando na diminuição da absorção de água pelas plantas (OLIVEIRA e GUALTIERI, 2017).

Em relação à temperatura, esse pode ser um fator limitante quando a temperatura é alta, limitando a expansão da cultura para novas regiões produtoras, como vem correndo com o trigo, onde tem se observado ao longo dos últimos anos um aumento em seu cultivo em regiões como o Cerrado. As altas temperaturas durante o ciclo destas culturas podem resultar em uma diminuição no ciclo e, no desenvolvimento do sistema radicular, área foliar, percentual de flores fecundadas e massa de grãos (PIMENTEL et al., 2015; RIBEIRO et al., 2012). Porém, o principal efeito prejudicial causado pelas altas temperaturas nas plantas é a inibição da fotossíntese (TAIZ et al., 2017)

Neste contexto o objetivo do presente trabalho foi avaliar o desempenho ecofisiológico inicial de cultivares de cevada submetidas a diferentes tratamentos de semente sob influência de excesso hídrico e temperatura.

2. Referencial teórico

2.1 A cultura da cevada

Segundo o USDA (2023), na safra 2021/2022, foram cultivados no mundo cerca de 48,62 milhões de hectares de cevada, sendo que a Rússia responde pela maior área de cultivo, seguida de Austrália, Turquia, Canadá e Ucrânia. A produção mundial de grãos de cevada na safra 2021/2022 foi de 145,47 milhões de toneladas, e os maiores produtores foram Rússia, Austrália, Ucrânia, Canadá e Reino Unido (USDA, 2023). Em relação à produtividade, pode-se destacar o Reino Unido, onde o rendimento foi de 6,05 ton.ha⁻¹.

Uma forma economicamente viável de destinar a produção de grãos de cevada é para a produção do malte, principalmente nos últimos anos, devido ao aumento do número de cervejarias artesanais, que apresentam uma maior proporção na utilização do malte de cevada (BOND et al., 2015). Áreas são consideradas aptas para a produção de grãos de cevada com qualidade cervejeira, caso apresentem condições climáticas favoráveis, como alta luminosidade, baixa umidade relativa do ar e de temperaturas amenas durante as fases de formação, enchimento e maturação dos grãos (DE MORI et al., 2012).

No Brasil, a produção de cevada, para fins cervejeiros, está concentrada nos três Estados da Região Sul (Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná), devido às condições climáticas nestas regiões serem favoráveis para a cultura, tendo em vista que esses são fatores determinantes para uma produção de grãos com qualidade para a malteação (EMBRAPA, 2019).

Contudo, essa concentração da produção na região sul pode ser prejudicial à estabilidade e produção nacional de cevada devido, principalmente, a problemas climáticos para a cultura que possam vir a ocorrer nas regiões produtoras. Com isso, o Cerrado brasileiro surge como uma nova região de cultivo, assim como ocorre com

o trigo, visando à descentralização da produção de cevada no Sul do país, bem como uma cultura alternativa buscando atender a lei do vazio sanitário para a cultura da soja na região (RIBEIRO et al., 2012).

Diferentemente de outros países, o Brasil possui alternativas mais vantajosas para alimentação animal, o que torna a malteação a principal aplicação econômica para grãos de cevada, já que em média 75% do volume de cevada produzido é utilizado na fabricação de malte, e 95% deste é destinado para fins cervejeiros (DE MORI; MINELLA, 2012). Apesar disso, a produção nacional de cevada não atende a demanda da indústria de malteação, sendo necessário a importação, principalmente da Argentina e do Uruguai para atender a demanda das indústrias (De MORI e MINELLA, 2012; KRUKLIS, 2019).

Desde a domesticação da cevada, o homem vem alterando-a geneticamente, com objetivo de adaptar a cultura a diferentes condições ambientais (CAIERÃO, 2008). Por ser uma cultura fortemente afetada pelas condições climáticas, para a produção de malte de boa qualidade, as cultivares de cevada devem ser adaptadas a diferentes ambientes de cultivo (MIRALLES et al., 2011). Segundo De Mori e Minella (2012), o cultivo da cevada é realizado, principalmente, em regiões temperadas do mundo, e atualmente encontrado em escalas de produção em ambientes subtropicais como Brasil, Argentina, Uruguai e Austrália.

Atualmente no Registro Nacional de Cultivares (RNC), existem 73 cultivares de cevada registradas, entre materiais experimentais/pré-comerciais e cultivares que já estão no mercado, estes materiais tem como obtentores, principalmente os institutos de pesquisa pública, como a Embrapa, além de maltarias e empresas cervejeiras (BRASIL, 2023).

A cultura da cevada, devido sua versatilidade e tolerância a diversas condições de cultivo, apresenta ampla abrangência geográfica, maior que a maioria das outras culturas, resultando em maior estabilidade de rendimento em comparação ao trigo, por exemplo, e tornando-se uma opção de cultivo para condições de clima e solo menos favoráveis (NEWTON et al., 2011). Devido à velocidade de germinação e a consistência da quebra da parede celular do endosperma em açúcares fermentáveis, é matéria prima extremamente importante para a produção de bebidas alcoólicas ou biocombustíveis (XIE et al., 2018; MULLEN et al., 2010).

Em cereais, a principal forma de reserva das sementes está na forma de amido, que são convertidos em açúcares solúveis por enzimas hidrolíticas (LI et al., 2014). Estas enzimas são fundamentais no processo de germinação e de maltagem, onde se destacam durante este processo as enzimas α e β -amilases (SCHMITT et al., 2013). Segundo RAMÍREZ et al. (1991), estas enzimas são produtos da expressão gênica e são diretamente influenciadas pelo ambiente, devido aos genes que controlam a sua expressão se manifestarem em determinados estádios do desenvolvimento, e em órgãos e tecidos específicos ou, ainda, sob um determinado estímulo.

Morfologicamente a principal característica da cevada é a inflorescência em forma de espiga, as quais podem apresentar uma espiguetta tripla, uma central e duas laterais, formando uma espiga com seis fileiras de grãos (KENT, 1987; NILAN e ULLRICH, 1993). Caso a espiga contenha somente a espiguetta central fértil, ocorre a formação de uma espiga com duas fileiras de sementes (HOUGH, 1990; POELHMAN, 1985). Em relação à semente, essa apresenta quatro estruturas: pericarpo, camada de aleurona, endosperma e embrião, sendo cada uma dessas de fundamental importância para o metabolismo da semente (HOSENEY, 1994; FERREIRA 2015; LIZARAZO, 2003). A camada de aleurona e o embrião são tecidos vivos que controlam os processos fisiológicos durante o processo germinativo, como a liberação de enzimas e hidrólise de reservas das sementes (BRENNAN et al., 1996; PALMER, 2000). Ainda, na camada de aleurona ocorre também a formação das enzimas β -glucanase, β -amilase e α -amilase, que fazem parte do processo de sacarificação do amido, e posteriormente, através da fermentação, sua transformação em álcool, desta forma esse tecido tem grande importância durante para produção de cerveja (JAQUES, 2018).

As sementes de cevada apresentam certo grau de dormência, o que é de grande importância para que, nos campos de produção, não ocorra à germinação de sementes na espiga, em condições de períodos úmidos e chuvosos na ocasião da colheita (SILVA, 2007), tendo em vista que a cultura da cevada é altamente sensível a precipitações pluviométricas neste período (REUSS et al., 2003).

A qualidade das sementes será definida pela soma dos atributos genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários (PESKE et al., 2012). Sementes de alta qualidade fisiológica tem maior capacidade no desempenho de suas funções vitais (BEWLEY et al., 2013). Estas sementes, pela germinação e vigor, podem atuar direta ou

indiretamente na produtividade das culturas, através, respectivamente, da redução do estande inicial de plantas ou influenciando no desenvolvimento das mesmas (SILVA et al., 2010).

O vigor merece destaque, pois envolve diversos fatores em uma plântula em desenvolvimento, como a reestruturação celular, crescimento do embrião, metabolização, translocação e alocação de reservas para as estruturas em crescimento (AUMONDE et al., 2017). Desta forma, sementes de alto vigor apresentam uma faixa ótima de temperatura para a germinação maior do que para sementes de baixo vigor (CARVALHO e NAKAGAWA, 2012).

Em seus ambientes de cultivo, as culturas frequentemente estão sujeitas a diferentes estresses abióticos que podem ocorrer de maneira simultânea, prejudicando o desenvolvimento e rendimento das culturas no campo (HUSSAIN et al., 2018; ZANDALINAS et al., 2018). Entre os cereais, a cultura da cevada apresenta-se como relativamente tolerante a estresses ambientais; porém, o estresse térmico durante o período reprodutivo pode prejudicar tanto a qualidade quanto o rendimento de grãos ou sementes (ROLLINS et al., 2013).

Devido ao destino e utilização da produção, e aos variados ambientes de cultivo da cultura da cevada, suas práticas de manejo são bastante variadas, sendo que quando o destino é a produção de malte, estas práticas são mais rigorosas, já que as sementes devem atender especificações de germinação, teor de proteínas e tamanho de grãos (HORSLEY et al., 2016).

2.2 Estresses em plantas

Existem diversas definições para estresses em plantas, sendo que a maioria destas descrevem as mudanças nas condições, bióticas ou abióticas, que ocasionam alterações e respostas nas plantas, desencadeando ou não danos a elas (MOSA et al., 2017). Para Larcher (1987), quando a planta passa por um estresse, ela é exposta a mudanças que demandam respostas. As culturas são frequentemente influenciadas por diversos fatores abióticos sob condições ambientais naturais ao longo do seu ciclo, resultando na redução do seu rendimento (HUSSAIN et al. 2019).

O estresse vegetal também pode ser definido como qualquer condição ou substância que afete o crescimento, desenvolvimento ou o metabolismo da planta

(LICHTENTHALER, 1996). Já Gaspar et al. (2002) definem o estresse como alterações fisiológicas nas plantas, resultantes da exposição destas a condições desfavoráveis que não necessariamente representam ameaça para a vida, porém induzem a respostas de alarme. Caso a resposta esteja dentro de um certo limite de tolerância, a planta se recupera, caso contrário, o indivíduo sofre com danos permanentes (PEGORIN, 2022).

Uma diminuição nos parâmetros de crescimento e fotossintéticos e redução da germinação e vigor das sementes são observados durante um estresse abiótico, resultando em danos as plantas, e uma diminuição no rendimento das culturas (KHAN et al., 2019). Conforme Singh et al. (2022), cada diferente tipo de estresse abiótico ocasiona danos específicos à planta devido a diferenças nas vias de sinalização e no seu metabolismo. Apesar disso, de maneira geral, uma das primeiras respostas das plantas a qualquer forma de estresse abiótico envolve a geração de espécies reativas de oxigênio (EROs) (LI et al., 2009; DAS e ROYCHOUDHURY, 2014).

As principais formas de EROs são radicais superóxido (O_2^-), hidroxila (OH^-), peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e oxigênio singlete (1O_2) (FOYER e NOCTOR, 2005; BHATTACHARJEE, 2010). Os quais são formas de oxigênio altamente reativas, capazes de reagir rapidamente com diversos constituintes celulares e oxidá-los, além de poder desencadear processos autocatalíticos de oxidação de membranas, resultando na degradação de organelas e da membrana plasmática, bem como na morte celular. (TAIZ e ZIEGER, 2015). Os principais locais onde são produzidas as EROs durante um estresse abiótico são o cloroplasto, mitocôndrias, peroxissomo e apoplasto (DIETZ et al., 2016; GILROY et al., 2016; RODRÍGUEZ-SERRANO et al., 2016).

As EROs possuem atuação no dano oxidativo de células da membrana (GILL e TUTEJA, 2010), resultando em efeitos prejudiciais e funções de sinalização nos sistemas biológicos (BLOKHINA e FAGERSTEDT, 2010). Entre estes efeitos prejudiciais estão os danos às proteínas, lipídios, carboidratos e DNA, o que acaba resultando na morte celular (GILL e TUTEJA, 2010).

Geralmente, as plantas estão adaptadas a tolerarem certos níveis de EROs, porém o acúmulo destas nos tecidos vegetais pode levar à toxicidade, resultando na morte celular (FORMAN et al., 2010), devido a extensos danos a proteínas, DNA e lipídios, o que acaba por afetar as funções celulares normais, podendo levar à

disfunção metabólica permanente e morte da planta (ANJUM et al., 2015). De maneira geral, quando a produção das EROs excede as atividades das enzimas antioxidantes, então ocorre dano aos componentes celulares essenciais (MITTLER, 2006). Ao mesmo tempo, algumas das espécies reativas de oxigênio possuem funções como moléculas sinalizadoras durante respostas das plantas aos diversos tipos de estresses abióticos e bióticos (BAXTER et al. 2014).

Desta forma, buscando conter os efeitos deletérios das EROs, as plantas desenvolveram sistemas de defesa antioxidantes, enzimáticos e não enzimáticos (CHOUDHURY et al., 2017). As principais enzimas antioxidantes incluem a superóxido dismutase (SOD), catalase (CAT) e ascorbato peroxidase (APX) (BARBOSA et al., 2014; ZHANG et al., 2015). Esses sistemas de defesa estão presentes em diversos compartimentos celulares, visando manter a homeostase das EROs e mitigando o processo de estresse oxidativo (KARPINSKA et al., 2018). Devido aos potenciais prejuízos que a superprodução de EROs podem causar nos tecidos, as plantas com maiores atividades de enzimas antioxidantes, normalmente são consideradas mais tolerantes a diversas formas de estresses, como o alagamento do solo (ZHANG et al., 2007).

2.3 Estresses por altas temperaturas

O estresse térmico tem se tornado um sério problema para agricultura em diferentes regiões do mundo (AHMAD et al., 2016; ZAFAR et al., 2016), os danos causados pelas altas temperaturas resultam em um dos mais importantes fatores de estresse abiótico que limitam produtividade das culturas (HERNANDEZ et al., 2018). Este tipo de estresse ambiental restringe o crescimento da planta, perturbando suas atividades metabólicas e produção (BAKHTAVAR et al., 2015; HASANUZZAMAN et al., 2013). Situações de estresse térmico são previstos para ocorrer com mais frequência até o final deste século (SEMENOV e HALFORD, 2009). Nos cereais, o aumento da temperatura média em 1°C reduz o rendimento de 4,1 a 10% (WANG et al., 2012).

Segundo LAING e FISCHER (1975), e SILVA (1976) as regiões tropicais brasileiras com altitudes inferiores a 800 metros, ocorrem temperaturas máximas superiores à 26°C, as quais são demasiadamente elevadas para cereais de inverno, ocasionando menor tempo para o enchimento de grãos, resultando em grãos

chochos. Essa redução no ciclo da planta se dá pela redução na área foliar, número de folhas e número de perfilhos (SOUZA, 1999), já que o desenvolvimento dos perfilhos inicia após a completa formação da terceira folha, e encerra o seu desenvolvimento antes da antese (RIBEIRO et al., 2012).

O estresse térmico, definido pelo desvio das temperaturas acima ou abaixo do valor crítico, resulta em alterações de processos metabólicos, por um período de tempo que cause dano ao crescimento e desenvolvimento das plantas (SOUZA et al., 2011). Temperaturas relativamente acima da temperatura ótima para o crescimento podem gerar dificuldades a sobrevivência da maioria dos organismos vivos (RICHTER et al., 2010), para tal as plantas desenvolveram diversos mecanismos adaptativos que permitem sua sobrevivência a períodos de temperaturas desfavoráveis (SADURA e JANECKO, 2021).

A velocidade dos processos metabólicos das plantas é diretamente influenciada pelas temperaturas, estas reações variam conforme diferenças fenotípicas, estágio de desenvolvimento da planta e processos de crescimento e maturação (MANFRON et al., 1993). Temperaturas excessivamente altas podem causar sérios danos celulares, ameaçando a sobrevivência e propagação do vegetal (HAMAR et al., 2020). De acordo com BARNABÁS et al. (2008) quando cereais passam por um estresse térmico durante a fase de enchimento de grãos, ocorre redução na síntese de proteínas de armazenamento e amido, levando ao aborto de grãos.

As altas temperaturas afetam diversos aspectos morfofisiológicos relacionados ao crescimento nas plantas (HAMEED et al., 2012). A transição entre as fases de crescimento das plantas depende de estímulos ambientais e endógenos (HUIJSER e SCHMID, 2011), a temperatura e o fotoperíodo são sinais ambientais utilizados pelas plantas para coordenar seu desenvolvimento (FJELLHEIM et al., 2014). Desta forma, temperaturas mais elevadas que o ideal resultam na redução do período para a formação dos tecidos, o que ocasiona em um índice de área foliar insuficiente para a interceptação da radiação solar, implicando em uma diminuição da produtividade (FISCHER, 1985).

A tolerância ao estresse por altas temperaturas é relacionada com a capacidade da planta em manter os processos fotossintéticos estáveis sob temperaturas elevadas (BLUM e SINMENA, 1994). Entre os processos fisiológicos, um dos mais sensíveis a temperaturas acima das ideais é a fotossíntese

(DEMIREVSKA-KEPOVA et al., 2005), que, juntamente com o aumento da taxa respiratória (TAIZ e ZEIGER, 2017), resulta em uma menor produção de fotoassimilados para o enchimento de sementes e, com isso, diminuição da produtividade. Em condições de alta temperatura diversos aspectos da fisiologia celular podem ser alterados, a fluidez da membrana, ácidos nucleicos e estruturas de proteínas, bem como as concentrações de metabólitos e osmólitos (WAHID et al., 2007; WANG et al., 2003).

Desequilíbrios metabólicos ocasionados de mudanças nas condições ambientais podem vir a causar um acúmulo excessivo de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) (SUZUKI et al., 2012). Geralmente, estresses abióticos que venham a limitar a disponibilidade de CO₂ devido ao fechamento estomático aumentam o acúmulo de EROs (ZANDALINAS et al., 2017). A nível celular, a geração e reações de Espécies Reativas de Oxigênio, ou seja, radicais superóxido (O₂⁻), hidroxila (OH⁻), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e oxigênio singleto (¹O₂), são eventos comuns em condições de estresse térmico (KELES e ONCEL, 2002). Apesar de as EROs, como peróxido de hidrogênio H₂O₂, serem consideradas moléculas importantes na transmissão de sinais (BAXTER et al., 2014; MITTLER, 2016), elas também são tóxicas, causando extenso dano celular e inibição da fotossíntese (CHOUDHURY et al., 2016).

Distúrbios no aparato fotossintético, incluindo a assimilação de CO₂ e o transporte de elétrons, estão entre os principais danos causados pelo estresse térmico nas plantas (ALLAKHVERDIEV et al., 2008), já que a parte aérea da planta é a mais afetada pelas altas temperaturas, com isso, as folhas são diretamente expostas a tal condição, aumentando sua taxa de transpiração (AHMAD et al., 2016).

Estudos demonstram que o estresse térmico pode causar danos a taxa de fotossíntese, podendo ser observados através do teor de pigmentos fotossintéticos nas folhas (LARCHER, 2003). A estabilidade da membrana celular e as relações hídricas são processos fisiológicos importantes em plantas afetadas pelo estresse térmico (WAQAS et al., 2017).

O prejuízo às características morfológicas e de componentes de rendimento, como altura de planta, número de perfilhos, tamanho de espiga, peso de mil grãos e rendimento por planta, sob condições de estresse térmico, pode ser devido à inibição da fotossíntese, como uma das consequências mais marcantes das altas

temperaturas nos tecidos fotossintéticos, o que reflete na redução do teor de clorofila das folhas nestas condições (ABOU-ELWAFI e AMEIN, 2016).

Quando a cultura da cevada é exposta a altas temperaturas o florescimento ocorre precocemente (ABOU-ELWAFI e AMEIN, 2016). O florescimento é altamente sensível a estresses por altas temperaturas, sendo que somente um dia de temperaturas excessivamente elevadas é capaz prejudicar toda a fase reprodutiva (ZINN et al., 2010), tendo em vista que, conforme FAROOQ et al. (2011), temperaturas elevadas afetam a antese, aumentando a esterilidade de flores e conseqüentemente o número de grãos por espiga. Espécies *Poaceae*, como arroz, cevada e trigo, apresentam alta sensibilidade ao estresse térmico, principalmente durante o período de enchimento de grãos, levando a diminuição do rendimento e perda de qualidade (SAVIN e NICOLAS, 1999; LIU et al. 2014; QU et al. 2021).

2.4 Estresse por excesso hídrico

Conforme Phukan et al. (2016), cerca de 16% das áreas agrícolas mundiais são propensas ao alagamento do solo, resultando em perdas consideráveis de produção. No Brasil, aproximadamente 33 milhões de hectares são de solos de várzea, sendo que cerca de 5,4 milhões de hectares estão situados no Rio Grande do Sul (EMBRAPA, 2005). A exceção do arroz, grande parte das culturas são sensíveis ao excesso hídrico, o que resulta em uma significativa diminuição de seu rendimento em condições de solos alagados (ZHANG et al., 2015).

Quando há a ocorrência do alagamento do solo, há a resistência difusa dos gases e a privação de oxigênio, criando condições de hipóxia ou de anoxia (MONTEIRO, 2016), algumas plantas possuem mecanismos para regular o consumo de oxigênio, conseqüentemente evitando estas condições (ZABALZA et al., 2009). A tolerância a condições de alagamento é resultado de características morfológicas e fisiológicas (SHABALA et al. 2011; VALLIYODAN et al., 2017).

Entre as características morfológicas relacionadas com a tolerância ao alagamento estão a formação de aerênquima (ZHANG et al., 2016) e o crescimento adventício de raízes (CHEN et al., 2016). Em relação às características fisiológicas que aumentam a tolerância ao alagamento, pode-se citar a melhora do metabolismo energético (BUTSAYAWARAPAT et al., 2019; SALVATIERRA et al., 2020) e um eficiente sistema antioxidante (GILL et al., 2019).

O excesso hídrico é um dos principais estresses abióticos que afetam a cultura da cevada em qualidade do rendimento (LUAN et al., 2018). A planta de cevada é um organismo aeróbico obrigatório, sendo que o oxigênio é um substrato essencial para a produção de energia mitocondrial (ZABALZA et al., 2009). Desta forma, baixos níveis de oxigênio presentes nas raízes, que pode ser causado quando a planta sofre excesso hídrico, afetam diretamente o metabolismo da planta (SEGALIN, 2015). Isso torna a cevada relativamente sensível ao estresse por alagamento, podendo resultar perdas de rendimento de 20 a 25% ao redor do mundo (DE SAN CELEDONIO et al., 2014).

Os baixos níveis ou a ausência de oxigênio no sistema radicular, consequência do estresse por excesso hídrico, resulta no menor crescimento das raízes (WANG et al., 2012), sendo o crescimento vegetativo e a fase reprodutiva afetados negativamente (MONTEIRO, 2016). Redução da fotossíntese e da condutância estomática, além do amarelecimento das folhas, são também alguns distúrbios fisiológicos causados pela deficiência de oxigênio no solo (SEGALIN, 2015). Desta forma, o rendimento final das culturas pode ser afetado, isso porque o principal problema causado por este estresse é a redução na taxa fotossintética da planta (WANG et al., 2012).

Um dos principais fatores que afetam o crescimento das plantas durante o alagamento do solo é a privação de oxigênio nas raízes (ZHANG et al., 2015). Em condições de aerobiose, o oxigênio é o aceptor final de eletros na respiração mitocondrial do sistema radicular (BAILEY e CHANG 2005), onde o ATP é produzido e o NADH é oxidado (OLIVEIRA et al., 2022). Já em condições de hipóxia, a fermentação substitui a respiração mitocondrial, resultando em um consumo de piruvato e fornecimento de NAD⁺ para a glicólise, permitindo a produção de baixos níveis de ATP no nível do substrato (PHUKAN et al., 2016), o que acaba por resultar em menor quantidade de energia para o crescimento das plantas.

Durante o alagamento, as mudanças de níveis dos fitormônios, como etileno, giberelina e ácido abscísico, resultam em mudanças morfológicas e fisiológicas nas plantas (KHAN et al., 2020; DE OLLAS et al., 2021). Já que os hormônios vegetais desempenham possuem um papel essencial em diversos processos fisiológicos e de desenvolvimento nas plantas, regulando as redes de sinalização das plantas, produzindo respostas contra estresses abióticos (KHAN et al., 2012; KAZAN, 2015; THAO et al., 2015)

Em condições de alagamento, quando as plantas são submetidas à deficiência de oxigênio no solo, o etileno tem um importante papel na alteração de respostas, estímulo à produção de aerênquima e formação de primórdios de raízes adventícias (LUAN et al., 2018).

Na presença do estresse por excesso hídrico, a respiração aeróbica da planta é limitada, assim como a produção de ATP nas raízes (PAN et al., 2019; ZHOU et al., 2020; SASIDHARAN et al., 2021; DA-SILVA e DO AMARANTE, 2022). Nessas situações, o metabolismo respiratório da planta pode ser desviado para a via anaeróbica, produzindo, desta forma, ainda menos energia (WANG et al., 2012). Como consequência, há redução da absorção e transporte de água, inibição do crescimento, aceleração da peroxidação de lipídeos e senescência foliar (MONTEIRO, 2016).

Quando a planta está em uma situação de excesso hídrico, ela sintetiza etileno e acetaldeído como produto final, além de ocorrer a acidificação do citoplasma, devido a elevada acumulação de H^+ e produção de lactato, que são efeitos causados pelo funcionamento precário das ATPases transportadoras do tonoplasto (ALVES et al., 2002). Plantas que apresentam tolerância a este estresse, apresentam eficiente utilização dos carboidratos, adequado nível de reservas e a contínua reoxidação do NADH, mantendo o pH próximo do adequado e a funcionalidade das ATPases (SUMMERS et al., 2000).

Na situação de excesso hídrico a planta pode desenvolver os seguintes mecanismos, com o objetivo de combater o estresse: aumento da taxa de alongamento foliar (MONTEIRO, 2016), elevação da atividade das enzimas do sistema antioxidante de defesa, e aumento do acúmulo de açúcares, carboidratos e de proteínas específicas (ZABALZA et al., 2009).

A cevada é considerada uma das culturas mais sensíveis ao alagamento do solo, com relatos de perdas de rendimento entre 20 a 25% (SETTER et al., 1999; DE SAN et al. 2014). Quando o estresse por excesso hídrico ocorre em fases iniciais do desenvolvimento da cultura, é possível que esta ainda se recupere ao longo do seu ciclo (DE SAN CELEDONIO et al., 2014). Porém, o alagamento em fases iniciais da cultura da cevada pode resultar em uma redução no número de perfilhos, de forma semelhante à ocorrência de deficiências nutricionais (ALZUETA et al., 2012) ou déficit hídrico (COSSANI et al., 2009). Tal fato pode resultar em uma redução da produtividade da cultura, já que o número final de espigas é diretamente dependente

do número (ALZUETA et al., 2012) e mortalidade de perfilhos (BAETHGEN et al., 1995).

2.5 Tratamento de sementes

Entre os principais fatores que limitam a produção de cevada no Brasil estão à instabilidade da produção, custos de produção elevados e problemas de gestão, o que acaba resultando em uma produção de grãos abaixo dos padrões exigidos pela a indústria para a produção do malte (GRZYBOWSKI et al., 2012). A produtividade de uma lavoura pode ser influenciada negativamente por patógenos presentes na semente ou no solo.

De maneira geral as culturas agrícolas apresentam pragas e patógenos que podem incidir em suas sementes, seja durante o armazenamento ou após a semeadura, o que pode resultar em prejuízos para o estabelecimento das plântulas, além de ser uma fonte de disseminação de pragas e doenças para áreas que não contam com a presença destas (BRASIL, 2009).

Diversos patógenos podem reduzir o estande de plantas, estes estão presentes no solo onde é realizada a semeadura ou até mesmo são transmitidos via sementes (COSTAMILAN et al., 2010), a perda mundial no cultivo de cereais por conta da presença de patógenos nas sementes é estimada em 12% (DIPALI et al., 2013).

Com isso, o tratamento de sementes pode ser adotado como uma medida de proteção diante de tais situações (DORNELES et al., 2020). O controle de patógenos transmitidos por sementes é realizado principalmente pelo tratamento químico das mesmas, através de fungicidas, inseticidas, antibióticos ou nematicidas (LUDWIG et al., 2011). Desta forma aumentando a eficácia e diminuindo a taxa de aplicação de defensivos aplicada sob a cultura (SHARMA et al., 2015).

Conforme Lemes et al., (2019), entende-se como tratamento de sementes a aplicação de substâncias que preservam ou aprimoram o desempenho das sementes. Desta forma, através da proteção das sementes, há uma melhoria no estabelecimento do estande de plantas, possibilitando que a cultura seja capaz de atingir um maior potencial produtivo (ZEUN et al., 2013; CAMILO et al., 2017).

A tecnologia em sementes tem avançado progressivamente, impulsionada pelo progresso de pesquisas e seu desenvolvimento tecnológico (NUNES et al.,

2014). O Tratamento Industrial de Sementes (TSI) é uma prática que tem ganhado espaço no mercado de sementes (FERREIRA et al., 2016). Nesse processo, questões técnicas e logísticas determinam que as sementes sejam tratadas antes de serem embaladas e posteriormente armazenadas até o momento da semeadura (BRZEZINSKI et al., 2015; SANTOS et al., 2018).

Doenças de solo apresentam um potencial de causar danos significativos nas mais diversas culturas, resultando em perdas econômicas causadas principalmente por patógenos radiculares (GOULART, 2021), sendo que alguns dos principais danos às culturas estão relacionados à redução da população de plantas, devido à morte de sementes ou de plântulas (MALVICK, 2017; GODOY, 2017; BELLÉ e FONTANA, 2018). A presença de pragas de solo também pode resultar em falhas na lavoura, pelo fato de se alimentarem de sementes, raízes e da parte aérea das plantas (BAUDET e PESKE, 2007).

No Brasil, há a incidência de diversas doenças na cultura da cevada, sendo que pelo menos oito dos patógenos causadores podem ser propagados via sementes (FERRARI e POSSAMAI, 2015). Conforme Agostinetto et al., (2018) a utilização de fungicidas no tratamento de sementes de cevada, podem assegurar a população e o estabelecimento das plântulas no campo nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura.

Além de fungicidas, no tratamento químico de sementes de cevada também são utilizados inseticidas, visando à proteção das sementes contra insetos que podem vir a causar danos à cultura. O tratamento de sementes com inseticidas é uma prática comum para o manejo de pragas que incidem nas fases iniciais de desenvolvimento das culturas, possibilitando a redução do número de aplicações de inseticida após a emergência das plantas (DAN et al., 2012). A ação sistêmica na planta é a principal diferença entre os inseticidas utilizados no tratamento de sementes e em pulverizações tradicionais (MASSON et al., 2015).

No Brasil, há registro de produtos para o tratamento de sementes de cevada para o controle das seguintes pragas: *Diloboderus abderus* (Coró das pastagens) e *Phyllophaga triticophaga* (Coró do trigo), *Rhopalosiphum graminum* (Pulgão da espiga) e *Metopolophium dirhodum* (Pulgão da folha) (AGROFIT, 2023). Entre as doenças que incidem na cultura da cevada e que possuem produtos registrados para seu controle via tratamento de sementes estão: *Drechslera teres* (Mancha-em-rede), *Bipolaris sorokiniana* (Mancha-marrom), *Blumeria graminis* f.sp. *hordei* (Oídio),

Fusarium graminearum (Giberela), *Pythium spp.* e *Aspergillus spp.* (Tombamento) (AGROFIT, 2023).

Entre os diversos produtos para o tratamento de sementes da cultura da cevada, registrados no Brasil, destacam-se produtos com ingredientes ativos com ação fungicida e inseticida. Entre os fungicidas, pode-se destacar como ingredientes ativos registrados Carboxina, Difenconazol, Flutriafol, Metalaxil-M, Piraclostrobina, Tiofanato-metílico e Triadimenol; já entre os inseticidas os principais ingredientes ativos são Fipronil, Fluazinam, Lambda-cialotrina, Imidacloprido, Tiametoxam e Tiodicarbe (AGROFIT, 2023).

Resultados de pesquisa mostram que a utilização de maneira conjunta dos fungicidas com os ingredientes ativos iprodiona ou difenoconazol, juntamente com carbendazim apresentam um controle eficiente para fungos associados a sementes de cevada (MINELLA, 2019), possibilitando a obtenção de lotes de sementes livres de eventuais patógenos.

Desta forma, o tratamento de sementes é uma ferramenta que proporciona uma proteção para as plântulas nas fases iniciais de desenvolvimento da cultura da cevada no campo, devido a um retardamento no desenvolvimento de doenças e redução na fonte de inóculo secundário (DORNELES et al., 2020).

Conforme Dos Anjos et al. (2019), a utilização de inseticidas no tratamento de sementes é uma prática eficiente para o manejo de afídeos, reduzindo a transmissão de viroses nos estádios iniciais de desenvolvimento, tendo em vista que os pulgões são destaque entre as pragas que incidem sob os cereais de inverno.

Com isso, o tratamento químico de sementes é uma maneira eficiente de se diminuir os estresses bióticos, como doenças do solo. Apesar disso, as informações sobre como tais tratamentos podem influenciar no vigor das sementes, desenvolvimento de plântulas e, especialmente, os atributos do metabolismo do estresse, ainda são limitadas (LACERDA et al., 2021).

3. Material e métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório de Biosementes, no Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes da Universidade Federal de Pelotas, Campus Capão do Leão.

A condução do experimento se deu em ambiente controlado, utilizando bandejas de polietileno preto, com capacidade de 20 litros, nas quais foi disposto como substrato, solo do horizonte A1 de um Planossolo Háplico Eutrófico Solódico, pertencente à unidade de mapeamento Pelotas (EMBRAPA, 2013). O solo é oriundo do Centro Agropecuário da Palma ao qual pertence à Universidade Federal de Pelotas.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso, em que o esquema fatorial utilizado foi 2 x 6 x 2 (2 cultivares x 6 tratamentos de sementes x 2 condições hídricas do solo), em duas diferentes temperaturas, com 4 repetições por tratamento. As cultivares utilizadas foram BRS Caue e ABI Rubi, de ampla aceitabilidade pelos produtores. As sementes de ambas as cultivares utilizadas apresentavam germinação de 99% e vigor superior a 90%, com base no teste de primeira contagem de germinação. A cultivar BRS Caue apresentava massa de mil sementes de 44 gramas e a cultivar ABI Rubi 38 gramas

Os tratamentos de sementes consistiram em TS1 (controle - sem tratamento), TS2 (Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico - 200 ml. 100 kg de semente⁻¹), TS3 (Fluazinam + tiofanato-metílico - 200 ml. 100 kg de semente⁻¹), TS4 (Lambda-cialotrina + tiametoxam - 200 ml. 100 kg de semente⁻¹), TS5 (Triadimenol - 250 ml. 100 kg de semente⁻¹) e, TS6 (Fipronil - 150 ml. 100 kg de semente⁻¹). Para realização do tratamento das sementes foram utilizados sacos plásticos com capacidade para 2 (dois) quilogramas. As misturas com os produtos dos tratamentos foram aplicadas nas sementes, que foram então agitadas nos sacos plásticos até completa homogeneização. Após o tratamento, as sementes foram mantidas em

temperatura de aproximadamente 25°C por 40 minutos, para que o produto secasse na superfície das sementes. Os tratamentos de sementes foram realizados 24 horas antes da semeadura do experimento.

As condições hídricas do solo foram: capacidade de campo (solo mantido na capacidade de retenção após drenagem) e 48 horas de alagamento temporário com a lâmina d'água utilizada mantida entre 5 e 10 mm. A capacidade de campo foi determinada a partir da metodologia da mesa de tensão (EMBRAPA, 2017) e a partir da sua definição, foi definido o volume de água necessário para a manutenção desta condição hídrica do solo. O solo sob alagamento foi mantido próximo à capacidade de campo até os 14 dias após semeadura (DAS), momento em que foi realizado o alagamento do solo pelo período de 48 horas.

As sementes e plântulas das cultivares sob diferentes tratamentos e condições hídricas do solo, foram dispostas para se desenvolver em dois ambientes de forma paralela. No primeiro foi mantida a temperatura considerada ótima de 20°C durante todo o período de avaliação. No segundo ambiente, durante 14h diárias, foram mantidas sob a temperatura de 20°C + 10h sob 30°C (KOCH, 2019; DIEL, 2021).

Foram avaliados a emergência e o estande inicial de plântulas (%), índice de velocidade de emergência (IVE), visando estimar o número médio de dias para emergência, e a velocidade de emergência (VE), visando estimar o número de plântulas emergidas por dia (ÁVILA et al., 2005). Para a determinação destes foram realizadas contagens diárias das plântulas emergidas, sempre no mesmo horário, até a estabilização do estande. O VE e IVE foram calculados conforme as equações propostas por Maguire (1962).

As coletas para as demais avaliações ocorreram aos 15 dias após a semeadura. O comprimento de parte aérea e raiz das plântulas foram determinados através da medição manual com régua, de quatro subamostras de 10 plântulas por repetição de tratamento, da distância entre a inserção da porção basal da raiz primária ao ápice da parte aérea, e o comprimento da raiz primária foi determinado pela distância entre a parte apical e basal da raiz primária. Os resultados foram expressos em centímetros por planta (cm.plântula⁻¹).

Posteriormente, foi realizada a separação da parte aérea e sistema radicular. Cada fração foi colocada separadamente em envelopes de papel pardo e submetida à secagem em estufa de circulação de ar forçado, à temperatura de 70 ± 2°C, até

obtenção de massa constante. A massa seca foi determinada em balança de precisão e os resultados foram expressos em miligramas por planta (mg.planta^{-1}).

A área foliar foi determinada logo após a coleta de quatro subamostras de 10 plântulas por repetição de tratamento, as folhas foram removidas do caule e passadas individualmente em um medidor de área foliar da marca Licor, modelo LI-3100, os resultados foram expressos em centímetros quadrados por planta ($\text{cm}^2.\text{planta}^{-1}$).

A avaliação do sistema enzimático antioxidante se deu pela determinação da atividade das enzimas Superóxido dismutase (SOD), Catalase (CAT) e Ascorbato peroxidase (APX), as quantificações foram realizadas em espectrofotômetro de microplacas. Após a drenagem da água no período de alagamento, foram coletadas folhas e raízes de plântulas. Estas foram armazenadas a -80°C até a quantificação dos ensaios. Após, as amostras foram maceradas com auxílio de nitrogênio líquido (N_2) e polivinilpolipirrolidona (10%), sendo homogeneizados em 1,5 ml do tampão de extração fosfato de potássio 100 mM pH 7,8, contendo EDTA 0,1 mM e ácido ascórbico 10 mM. O homogeneizado foi centrifugado a 13.000 RPM, por 20 minutos, a 4°C e o sobrenadante, coletado para determinação da atividade das enzimas e para a quantificação das proteínas pelo método de Bradford (1976).

A determinação da atividade da enzima superóxido dismutase (SOD, EC 1.15.1.1) foi mensurada pela capacidade da enzima em inibir a fotorredução do azul de nitrotetrazólio (NBT) (GIANNOPOLIS e RIES, 1977), em um meio de reação composto por fosfato de potássio 100 mM pH 7,8, metionina 14 mM, EDTA 0,1 μM , NBT 75 μM e riboflavina 2 μM . Os tubos com o meio de reação e a amostra foram iluminados por 7 minutos, com uma lâmpada fluorescente de 20 W. Um controle, contendo o mesmo meio de reação sem a amostra foi iluminado e um branco, contendo o meio de reação incluindo a amostra e o meio de reação, permaneceu no escuro. As leituras foram realizadas a 560 nm e o cálculo da enzima realizado com base na equação: $\% \text{ DE INIBIÇÃO} = (\text{A560 amostra com extrato enzimático} - \text{A560 controle sem enzima}) / (\text{A560 controle sem enzima})$, considerando que uma unidade da SOD corresponde à quantidade de enzima capaz de inibir em 50% a fotorredução do NBT nas condições de ensaio. Os resultados foram expressos em U.mg^{-1} de proteína.

Para determinação da atividade da catalase (CAT, EC 1.11.1.6), utilizou-se a metodologia descrita por Azevedo et al. (1998), com base no consumo de H_2O_2

(coeficiente de extinção $39,4 \text{ mM}\cdot\text{cm}^{-1}$). O meio de reação foi composto por tampão fosfato de potássio 100 mM (pH 7,0), H_2O_2 $12,5 \text{ mM}$, água e o extrato enzimático, sendo atividade monitorada pelo decréscimo na absorbância a 240 nm durante dois minutos incubado a 28°C . Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol H}_2\text{O}_2 \text{ min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

A atividade da ascorbato peroxidase (APX, EC 1.11.1.11) foi determinada conforme a metodologia de Nakano e Asada (1981), monitorando-se a taxa de oxidação do ascorbato (ASA), a 290 nm . O meio de reação foi composto de tampão fosfato de potássio 100 mM pH 7,0, ácido ascórbico $0,5 \text{ mM}$ e H_2O_2 $0,1 \text{ mM}$, incubado a 28°C . O decréscimo na absorbância foi monitorado por um período de dois minutos a partir do início da reação. A atividade da enzima foi calculada utilizando o coeficiente de extinção molar de $2,8 \text{ mol}^{-1} \text{ L cm}^{-1}$. Os resultados foram expressos em $\mu\text{mol ASA min}^{-1} \text{ mg}^{-1}$ de proteína.

A peroxidação lipídica e o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) foram determinados em 250 mg de matéria fresca macerada em solução de ácido tricloroacético (TCA) a $0,1\%$. O macerado foi centrifugado a $12.000 \times g$ por 20 min , sendo o sobrenadante transferido para *ependorf*. O H_2O_2 foi determinado conforme Velikova et al. (2000). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro de microplacas a 390 nm e os resultados expressos em $\mu\text{mol de H}_2\text{O}_2 \text{ g}^{-1} \text{ MF}$. A peroxidação lipídica foi determinada conforme Cakmak e Horst (1991), sendo os resultados expressos em $\mu\text{mol de MDA-TBA g}^{-1} \text{ MF}$.

As determinações dos pigmentos fotossintetizantes foram realizadas em folhas expandidas, com base em método proposto por (ARNON, 1949). As folhas foram coletadas e imediatamente acondicionadas em gelo, em caixa de polipropileno. As amostras foram cortadas em pequenos segmentos de $0,250 \text{ g}$ onde foram maceradas em almofariz juntamente com 25 ml de acetona 80% , filtradas e acondicionadas em *falcons* forrados com papel alumínio, para não haver a degradação da clorofila ou carotenoides na presença da luz. As leituras das absorbâncias a 470 nm , 644 nm e 662 nm em espectrofotômetro de microplacas, conforme a metodologia de Lichtenhaler e Buschmann (2001). Os teores de clorofila a, b, total, razão clorofila a/b, teores de carotenoides e razão clorofila total/carotenoides foram calculados com base nas equações: Clorofila a = $(12,25 \times A662) - (2,79 \times A644)$; Clorofila b = $(21,50 \times A644) - (5,1 \times A662)$; Clorofila total =

clorofila a + clorofila b; Carotenoides = $(1000 \times A_{470}) - (1,82 \times \text{clorofila a}) - (85,02 \times \text{clorofila b}) / 220$. Os resultados foram expressos em mg.g^{-1} de matéria fresca.

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos a 5% de probabilidade pelo teste F, submetidos à análise de médias pelo teste de Scott-Knott nível de a 5% de probabilidade.

4. Resultados e discussão

Conforme observado na Tabela 1, não foram observadas diferenças significativas para a variável emergência em nenhum dos fatores, bem como na interação entre estes. O índice de velocidade de emergência (IVE) e a velocidade de emergência (VE) apresentaram diferenças significativas somente para o fator cultivar, o qual também resultou em diferença significativa para as variáveis massa seca de parte aérea e área foliar. Ao considerar o tratamento de sementes, houve diferença significativa no comprimento e na massa seca de parte aérea e área foliar. Enquanto, o fator condição hídrica do solo resultou em diferenças significativas para o comprimento e massa seca de raiz, de parte aérea e área foliar.

Além disso, nas variáveis comprimento de raiz e de parte aérea, e massa seca de raiz observou-se interação entre os fatores cultivar x tratamento de semente; enquanto que para a interação cultivar x condição hídrica do solo, somente o comprimento de raiz apresentou diferença significativa.

Tabela 1. Análise de variância para variáveis ecofisiológicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condição hídrica do solo (Cond) e temperatura de 20°C

FV	GL	E	IVE	VE	CR	CPA	MSR	MSPA	AF
		Quadrados médios							
Cult	1	5.04	50.4*	1.246*	0,265	0,35	0,960	49,02*	0,99*
TS	5	3.38	2.49	0.082	0,749	35,6*	0,216	7,36*	10,23*
Cond	1	1.04	2.29	0.056	2,947*	7,80*	22,23*	33,84*	39,78*
Cult x TS	5	4.89	0.41	0.010	1,748*	0,75*	1,590*	1,50	0,08
Cult x Cond	1	2.04	1.94	0.046	12,75*	1,11	0,070	0,96	0,08
TS x Cond	5	1.49	0.37	0.010	0,317	1,04	0,392	0,89	0,34
Temp x TS x Cond	5	1.24	0.43	0.014	1,475	0,75	0,413	0,38	0,62
Resíduo	72	2.33	0.72	0.015	2,032	0,99	0,484	1,49	0,34
Média		97.69	24.12	4.136	12,14	15,08	5,33	15,96	5,59
CV (%)		1.56	3.51	2.99	11,74	6,6	13,06	7,64	10,49

*Diferença significativa a 5% de probabilidade. FV=Fonte de variação; GL=Graus de liberdade; E=Emergência; IVE=Índice de velocidade de emergência; VE=Velocidade de emergência; CR=Comprimento de raiz; CPA=Comprimento de parte aérea; MSR=Massa seca de raiz; MSPA=Massa seca de parte aérea; AF=Área foliar.

De acordo com a Tabela 2, observa-se que na análise de variância para a temperatura de 30°C, observou-se diferença significativa para o comprimento de raiz em relação à condição hídrica do solo e para a interação entre cultivares e tratamentos de semente. As variáveis comprimento de parte aérea e área foliar apresentaram diferença significativa para tratamento de semente. Enquanto, a variável massa seca de parte aérea demonstrou diferença significativa para cultivar e condição hídrica do solo.

Tabela 2. Análise de variância para variáveis ecofisiológicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condições hídrica do solo (Cond) e temperatura de 30°C

FV	GL	CR	CPA	MSR	MSPA	AF
Quadrados médios						
Cult	1	3,49	1,04	0,788	69,53*	0,23
TS	5	1,05	69,88*	1,148	4,82	10,75*
Cond	1	25,94*	6,62	4,723	15,12*	1,32
Cult x TS	5	4,66*	0,50	0,185	4,25	0,11
Cult x Cond	1	2,91	0,40	1,148	0,98	0,09
TS x Cond	5	0,21	0,35	0,147	4,25	0,12
Temp x TS x Cond	5	0,10	0,54	0,146	1,49	0,20
Resíduo	72	2,44	1,39	0,604	2,68	0,54
Média		12,51	16,93	5,12	15,44	5,98
CV (%)		11,88	6,33	15,23	9,92	11,79

*Diferença significativa a 5% de probabilidade. FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; CR = Comprimento de raiz; CPA = Comprimento de parte aérea; MSR = Massa seca de raiz; MSPA = Massa seca de parte aérea; AF = Área foliar.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, a emergência de plântulas não apresentou diferenças, tanto entre cultivares como para tratamento de sementes. Para índice de velocidade de emergência, embora não tenham sido observadas diferenças estatísticas ao se analisar os diferentes tratamentos de semente, ao se comparar cultivares, a ABI Rubi demonstrou maiores médias em relação a cultivar BRS Caue, para os tratamentos de semente Controle (1), Fluazinam + Tiofanato-metilico (3) e Lambda-cialotrina + Tiametoxam (4). Na velocidade de emergência também não foram observadas diferenças estatísticas entre tratamentos de semente, mas ao se comparar cultivares, nos tratamentos Controle (1), Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metilico (2), Fluazinam + Tiofanato-metilico (3) e Lambda-cialotrina + tiametoxam (4), a cultivar BRS Caue apresentou maiores médias em relação a cultivar ABI Rubi.

Os tratamentos de semente não causaram efeitos em ambas as cultivares, para as variáveis emergência de plântulas, IVE e VE, tendo em vista que os resultados observados não apresentaram diferenças estatísticas entre si. Apesar disso, alguns autores observaram uma melhoria na velocidade do processo germinativo em alguns atributos de crescimento das plântulas, de diversas culturas com a utilização de sementes tratadas com alguns ingredientes ativos, como tiametoxam (DAN et., 2010; LAUXEN et al., 2010; ALMEIDA et al., 2011), fipronil (DAN et., 2010) e imidacloprido (DAN et., 2010).

Conforme Ávila et al. (2005) o VE e IVE visam estimar, respectivamente, o número médio de dias necessários para a ocorrência da emergência e o número médio de plântulas normais emergidas por dia. Desta forma, a cultivar ABI Rubi apresentou maior número de plântulas emergidas por unidade de tempo e precisou de menor quantidade de tempo para a emergência, ou seja, foram mais eficientes e eficazes em retomar o processo de crescimento e expressão do vigor, já que apresentava um menor tamanho em relação a cultivar BRS Caue. Tendo em vista que a cultivar ABI Rubi apresentava uma massa de mil sementes de 38 gramas e a cultivar BRS Caue 44 gramas.

Tal fato pode ser explicado, devido à embebição de sementes normalmente apresentar um padrão trifásico (BEWLEY et al., 2013), onde a fase I é o passo inicial do processo germinativo e é caracterizado pela entrada de água na semente, ocorrendo de maneira física, através da diferença de potencial hídrico entre a semente e o meio de hidratação (MATOS, 2017). Com isso, quanto menor o tamanho da semente, menor será a quantidade de água necessária para o processo de germinação, e mais rapidamente será a ocorrência deste processo.

Tabela 3. Emergência de plântulas e índice de velocidade de emergência (IVE) e velocidade de emergência (VE) de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente

TS	Emergência (%)		IVE		VE	
	Cultivares		Cultivares		Cultivares	
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
1	96,3 Aa	97,9 Aa	22,79 Ba	25,06 Aa	4,26 Aa	3,95 Ba
2	98 Aa	96,8 Aa	23,21 Aa	24,28 Aa	4,31 Aa	4,07 Ba
3	97,4 Aa	98,5 Aa	23,06 Ba	25,25 Aa	4,29 Aa	3,99 Ba
4	96,9 Aa	98 Aa	22,90 Ba	24,52 Aa	4,33 Aa	4,07 Ba
5	98,4 Aa	97,9 Aa	22,77 Aa	24,23 Aa	4,39 Aa	4,13 Aa
6	97,9 Aa	98,5 Aa	23,87 Aa	25,65 Aa	4,18 Aa	3,93 Aa
	CV (%): 1,56		CV (%): 3,61		CV (%): 2,99	

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. TS = Tratamento de sementes; 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico; 3 = Fluazinam + tiofanato-metílico; 4 = lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil.

Na Tabela 4, são apresentados o comprimento de raiz e parte aérea das plântulas de cevada. Na temperatura de 20°C, ao se comparar as duas cultivares, na capacidade de campo não foram observadas diferenças estatísticas no comprimento da raiz e na parte aérea, já sob alagamento do solo, o comprimento de raiz foi inferior na cultivar ABI Rubi com os tratamentos de semente Controle (1), Lambda-cialotrina + Tiametoxam (4) e Triadimenol (5). E, o comprimento de parte aérea foi inferior na condição de alagamento para a cultivar ABI Rubi nos tratamentos de semente Controle (1) e Fipronil (6). Tais resultados demonstram uma maior capacidade de tolerância em condições de alagamento do solo, da cultivar BRS Caue em relação a cultivar ABI Rubi.

Entre os tratamentos de semente, foram observadas as menores médias de comprimento de raiz para a cultivar ABI Rubi nos tratamentos de semente 1 e 5, sob alagamento do solo. Enquanto, para o comprimento de parte aérea as menores médias ocorreram na capacidade de campo apenas na cultivar ABI Rubi sob tratamento 5; e, sob alagamento do solo na cultivar BRS Caue com o TS 5. Ao se comparar as condições hídricas do solo, na capacidade de campo, a cultivar BRS Caue apresentou menores médias de comprimento de raiz ao ser submetida ao tratamento de semente número 5, e de comprimento de parte aérea com o tratamento 1.

Já para a temperatura de 30°C, ao comparar as cultivares, somente o comprimento de raiz da cultivar ABI Rubi na capacidade de campo e sob tratamento 4 apresentou médias inferiores em relação a cultivar BRS Caue. Comparando-se os tratamentos de sementes dentro das cultivares, o TS 5 resultou em menor comprimento de parte aérea, para as duas cultivares, tanto na capacidade de campo quanto sob alagamento do solo. Entretanto, em relação às condições hídricas do solo, a cultivar ABI Rubi sob o tratamento de sementes 4, demonstrou menor comprimento de raiz sob alagamento, enquanto que, o comprimento de parte aérea não foi influenciado pela condição do solo.

Segundo De San Celedonio et al. (2014), quando o alagamento do solo ocorre em fases de alongamento do caule, é possível à ocorrência de reduções no

crescimento das plantas e redução da sua biomassa. Porém, em condições de excesso hídrico no solo, algumas espécies da família *Poaceae* possuem como mecanismo de tolerância ao alagamento a capacidade de alongar o colmo e produzir raízes adventícias (KIBBLER e BAHNISCH, 1999), e também aumento da taxa de alongamento foliar (MONTEIRO, 2016). Em condições de alagamento as plantas aumentam o fornecimento de energia nas folhas e raízes, já que a planta busca atenuar os efeitos do estresse (LUAN et al., 2018). O que pode explicar a ausência de diminuição dos comprimentos de parte aérea das plantas de cevada submetidas ao alagamento do solo.

Os tratamentos de sementes podem afetar diversos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas (TAYLOR e HARMAN, 1990). O menor desenvolvimento inicial de plântulas oriundas de sementes tratadas com Triadimenol, observadas no presente estudo, corroboram com resultados de outros trabalhos com o mesmo ingrediente ativo e outros fungicidas do grupo químico dos triazóis (FÖRSTER et al., 1980; BUCHENAUER et al., 1984; MONTFORT et al., 1996; CAVARIANI et al., 1999). Na cultura do trigo, trabalhos demonstram que o Triadimenol pode prejudicar o desenvolvimento inicial de plântulas, especialmente o comprimento do hipocótilo e parte aérea (BARROS e FURLAN, 2008; GARCIA JÚNIOR et al., 2008).

Como pode ser observado na Tabela 4, na temperatura de 30°C, as cultivares BRS Caue e ABI apresentaram crescimento similar, demonstrando que até certo ponto, ambas as cultivares apresentam o mesmo potencial de tolerância em seu desenvolvimento inicial, a altas temperaturas, ao período 10 horas durante dois dias. Além disso, o crescimento não foi influenciado pelo alagamento na temperatura de 30°C, diferentemente do que ocorreu na temperatura de 20°C, onde a cultivar BRS Caue apresentou maior crescimento de raiz (TS 1, 3 e 4) e de parte aérea (TS 1 e 6).

Tabela 4. Comprimento de raiz e de parte aérea de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo

20°C					30°C				
Comprimento de raiz (cm)					Comprimento de raiz (cm)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	12,42 Aaα	11,80 Aaα	12,76 Aaα	11,36 Bbα	1	12,85 Aaα	13,43 Aaα	11,78 Aaα	13,00 Aaα
2	11,00 Aaα	12,80 Aaα	12,55 Aaα	12,69 Aaα	2	14,10 Aaα	13,85 Aaα	12,90 Aaα	13,38 Aaα
3	11,66 Aaα	12,13 Aaα	12,40 Aaα	11,91 Aaα	3	13,88 Aaα	13,40 Aaα	12,30 Aaα	12,88 Aaα
4	11,51 Aaα	12,98 Aaα	13,11 Aaα	11,90 Baα	4	14,78 Aaα	12,90 Baα	13,38 Aaα	11,75 Aaβ
5	10,85 Aaβ	12,10 Aaα	12,96 Aaα	11,27 Bbα	5	13,68 Aaα	13,53 Aaα	12,45 Aaα	12,75 Aaα
6	12,48 Aaα	11,86 Aaα	12,63 Aaα	12,27 Aaα	6	14,83 Aaα	12,62 Aaα	12,98 Aaα	11,83 Aaα
CV: 11,74%					CV: 11,88%				
Comprimento de parte aérea (cm)					Comprimento de parte aérea (cm)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	15,16 Aaβ	15,29 Aaα	16,86 Aaα	15,39 Baα	1	19,98 Aaα	20,18 Aaα	20,40 Aaα	19,38 Aaα
2	15,20 Aaα	15,69 Aaα	15,59 Aaα	15,24 Aaα	2	19,93 Aaα	20,20 Aaα	18,75 Aaα	19,58 Aaα
3	14,86 Aaα	15,53 Aaα	16,02 Aaα	16,59 Aaα	3	19,45 Aaα	20,08 Aaα	19,57 Aaα	19,45 Aaα
4	15,57 Aaα	15,42 Aaα	15,94 Aaα	16,42 Aaα	4	19,53 Aaα	20,15 Aaα	19,10 Aaα	19,00 Aaα
5	12,00 Aaα	12,12 Abα	11,72 Abα	12,28 Aaα	5	14,43 Abα	14,87 Abα	13,97 Abα	14,57 Abα
6	14,99 Aaα	15,66 Aaα	16,36 Aaα	16,00 Baα	6	19,03 Aaα	18,87 Aaα	18,15 Aaα	18,45 Aaα
CV: 6,6%					CV: 6,33%				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo, e mesma letra grega para condição hídrica do solo dentro de cada tratamento de sementes da mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metilico; 3 = fluazinam + tiofanato-metilico; 4 = lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil.

Na tabela 5 são apresentadas as médias de massa seca de raiz e de parte aérea. Na temperatura de 20°C, é possível observar que ao comparar as cultivares, a massa seca de raiz foi menor na BRS Caue sob tratamento de sementes Fluazinam + Tiofanato-metílico (3) e na capacidade de campo. Já, a massa seca de parte aérea foi menor para a ABI Rubi sob os tratamentos Controle (1), Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (2) e Triadimenol (5) e tanto na capacidade de campo quanto sob alagamento do solo.

Ao comparar a massa seca de raiz nos diferentes tratamentos de semente, em capacidade de campo, verificou-se que os tratamentos Controle (1), Fipronil + Piraclostrobina + Tiofanato-metílico (2), Triadimenol (5) e Fipronil (6) resultaram nas menores médias dentro da cultivar ABI Rubi, não sendo observadas diferenças para a cultivar BRS Caue na mesma condição, assim como, para ambas as cultivares na situação de alagamento do solo. Por outro lado, a massa seca de parte aérea demonstrou diferença apenas na cultivar BRS Caue sob alagamento, quando os tratamentos de semente 1, 3 e 5 refletiram as menores médias.

Em relação às diferentes condições hídricas do solo, quando sob alagamento, a cultivar BRS Caue submetida ao TS 4 e a cultivar ABI Rubi aos tratamentos 3, 4 e 5, apresentaram médias inferiores para massa seca de raiz. Para a massa seca de parte aérea, a cultivar BRS Caue sob os tratamentos de semente 1, 2 e 5, assim como, a cultivar ABI Rubi submetida aos tratamentos 2 e 4, apresentaram menores médias para massa seca de parte aérea em condição de alagamento comparativamente à capacidade de campo.

No que se refere à temperatura de 30°C, a massa seca de raiz não apresentou diferença significativa, ao comparar cultivares, tratamentos de semente e condição hídrica do solo. Contudo, para massa na seca de parte aérea, ao se comparar as cultivares na capacidade de campo, observou-se que a cultivar ABI Rubi foi inferior a BRS Caue, sob os tratamentos 2 e 4.

Ao comparar os diferentes tratamentos de semente, não foram observadas diferenças entre as cultivares e condições hídricas do solo. Entretanto, ao comparar a condição hídrica do solo, observou-se que para a situação de alagamento, a cultivar BRS Caue demonstrou inferioridade para massa seca de parte aérea no tratamento de sementes 1, enquanto que, a cultivar ABI Rubi foi inferior para massa seca de parte aérea no tratamento de semente 5.

Na temperatura de 20°C, ideal para o estabelecimento da cultura da cevada, a maior produção de massa seca na cultivar BRS Caue, tanto na capacidade de campo como no alagamento, demonstra uma maior capacidade de crescimento e tolerância ao alagamento, quando comparada a cultivar ABI Rubi. Porém quando ambas as cultivares são submetidas à temperatura mais elevadas, como de 30°C, não são observadas diferenças no acúmulo de massa seca. Conforme RICHTER et al., (2010), a agregação de proteínas e desequilíbrio da homeostase proteica explica grande parte dos efeitos morfológicos e fenotípicos do estresse térmico.

A diminuição da produção de energia e sua escassez afetam a sobrevivência das plantas sob influência do alagamento (LUAN et al., 2018), isso é resultado principalmente a transição da respiração aeróbica para respiração anaeróbica, resultando em uma significativa menor produção de ATP, podendo prejudicar o desenvolvimento da planta (BAILEY e VOESENEK, 2008; LI X et al., 2018), o que pode acabar afetando o crescimento e acúmulo de biomassa das plantas. A maior parte das espécies vegetais busca uma combinação entre ajustes anatômicos e bioquímicos para tolerar condições de inundação (CARVALHO et al., 2016), de modo que não foram observadas diferenças no comprimento de parte aérea de plântulas de cevada ao se comparar as condições de capacidade de campo com o alagamento do solo.

A condutância estomática também é afetada negativamente pelo excesso hídrico, ele também causa a redução da taxa fotossintética e crescimento das plantas, como consequência, há uma redução da produção de matéria seca total (SILVA et al., 2011; GONÇALVES et al., 2013), conforme observado Segali (2015), em que plantas de trigo submetidas ao excesso hídrico apresentaram perda da matéria seca total. A maior redução de matéria seca ocorre em plantas que passam pelo alagamento em estádios de alongamento do caule, já que, em condições ideais, esta é a fase que apresenta maior taxa de crescimento das culturas (MIRALLES e SLAFER, 2007; ARISNABARRETA e MIRALLES, 2008).

Por outro lado, alguns inseticidas podem conferir além do efeito protetor, certos tipos de efeitos fisiológicos, auxiliando tanto no crescimento inicial quanto no desenvolvimento das plântulas (DAN et al., 2012), tal fato pode explicar a observação de uma maior massa seca, de raiz e parte aérea, em plântulas de cevada oriundas de sementes tratadas em relação a plântulas de sementes sem tratamento.

Tabela 5. Massa seca de raiz e de parte aérea de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo

20°C					30°C				
Massa seca de raiz (mg)					Massa seca de raiz (mg)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	5,65 Aa α	5,10 Ab α	5,10 Aa α	4,80 Aa α	1	5,13 Aa α	4,90 Aa α	4,63 Aa α	4,68 Aa α
2	5,95 Aa α	6,08 Aa α	5,00 Aa α	5,03 Aa α	2	5,77 Aa α	5,23 Aa α	5,07 Aa α	5,40 Aa α
3	5,30 Ba α	6,58 Aa α	4,78 Aa α	4,70 Aa β	3	5,48 Aa α	4,50 Aa α	4,68 Aa α	4,50 Aa α
4	5,73 Aa α	6,10 Aa α	4,50 Aa β	4,78 Aa β	4	5,73 Aa α	5,55 Aa α	5,35 Aa α	5,00 Aa α
5	6,43 Aa α	5,43 Ab α	5,23 Aa α	4,45 Aa β	5	5,58 Aa α	5,25 Aa α	4,53 Aa α	4,68 Aa α
6	6,25 Aa α	5,15 Ab α	5,25 Aa α	4,58 Aa α	6	5,48 Aa α	5,33 Aa α	4,93 Aa α	5,15 Aa α
CV: 13,06%					CV: 15,23%				
Massa seca de parte aérea (mg)					Massa seca de parte aérea (mg)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	17,00 Aa α	15,13 Ba α	15,68 Ab β	14,28 Ba α	1	19,92 Aa α	15,98 Ba α	16,70 Aa β	14,83 Aa α
2	18,02 Aa α	16,45 Ba α	16,38 Aa β	14,38 Ba β	2	17,08 Aa α	16,28 Aa α	16,33 Aa α	16,90 Aa α
3	17,58 Aa α	16,55 Aa α	15,55 Ab α	15,75 Aa α	3	18,80 Aa α	17,23 Aa α	17,23 Aa α	15,60 Aa α
4	18,68 Aa α	16,08 Aa α	16,80 Aa α	15,10 Aa α	4	17,55 Aa α	14,38 Ba α	17,23 Aa α	15,00 Aa α
5	15,65 Aa α	14,68 Ba α	15,03 Ab β	13,90 Ba β	5	17,23 Aa α	16,20 Aa α	16,03 Aa α	14,30 Aa β
6	17,28 Aa α	15,55 Aa α	16,45 Aa α	15,10 Aa α	6	16,48 Aa α	15,58 Aa α	17,08 Aa α	15,45 Aa α
CV: 7,64%					CV: 9,92%				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo, e mesma letra grega para condição hídrica do solo dentro de cada tratamento de sementes da mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico; 3 = fluazinam + tiofanato-metílico; 4 = lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil.

Na tabela 6 são apresentados as médias de área foliar das plântulas de cevada. Na temperatura de 20°C, comparando-se cultivares, a área foliar, na capacidade de campo, foi inferior para a cultivar BRS Caue com o tratamento de sementes Fluazinam + Tiofanato-metílico (3), já no alagamento tal fato ocorreu com o tratamento Triadimenol (5). Comparando-se os tratamentos de semente, a área foliar foi inferior para o tratamento 5 em ambas as cultivares tratamentos, nas duas condições hídricas do solo. Ao se comparar as condições do solo, no alagamento ambas as cultivares com todos os tratamentos de semente, apresentaram médias inferiores quando comparadas a capacidade de campo.

Já para a temperatura de 30°C, a área foliar não foi influenciada na comparação entre cultivares e condições hídricas do solo, porém, ao se comparar os tratamentos de semente, ambas as cultivares, na capacidade de campo e no alagamento do solo, apresentaram médias inferiores para o tratamento 5. Nesta condição, as plântulas de cevada apresentaram uma maior taxa de alongamento foliar, devido à temperatura mais elevada, o que resultou em uma menor interação entre os fatores, e consequentemente uma área foliar similar entre os tratamentos.

A área foliar das plântulas de cevada foi prejudicada pelo tratamento 5, tanto na capacidade de campo como no alagamento, já os demais tratamentos de sementes não apresentaram efeitos prejudiciais quanto a esta variável, uma vez que apresentaram médias iguais ou superiores ao tratamento 1 (controle). Conforme Castro et al. (2008), alguns inseticidas podem beneficiar o desenvolvimento inicial da cultura através de efeitos fisiológicos na planta. Porém efeitos de fitotoxidez em sementes tratadas com Triadimenol são descritos na literatura, onde o crescimento de parte aérea é prejudicado por tal tratamento (CAVARIANI et al., 1999; BARROS E FURLAN, 2008; GARCIA JÚNIOR et al., 2008).

O alongamento foliar é um dos mecanismos que as plantas podem desenvolver em busca de combater o estresse pelo excesso hídrico (MONTEIRO, 2016). Porém, em condições de alagamento do solo, a condutância estomática também é afetada negativamente, causando uma redução na taxa fotossintética e crescimento das plantas (GONÇALVES et al., 2013). A redução na área foliar é prejudicial às plantas, o que influencia negativamente a produção de fotoassimilados, tendo em vista que a área foliar está diretamente ligada ao processo fotossintético da planta (NAWAZ et al., 2014).

Tabela 6. Área foliar de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e hídricas do solo

20°C					30°C				
Área foliar (cm ² .planta ⁻¹)					Área foliar (cm ² .planta ⁻¹)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	6,37 Aaα	6,00 Abα	4,97 Aaβ	5,29 Aaβ	1	6,65 Aaα	6,79 Aaα	6,64 Aaα	6,68 Aaα
2	6,66 Aaα	6,81 Aaα	5,22 Aaβ	5,72 Aaβ	2	6,60 Aaα	6,65 Aaα	6,17 Aaα	6,76 Aaα
3	6,31 Baα	7,17 Aaα	5,41 Aaβ	4,98 Aaβ	3	6,53 Aaα	7,07 Aaα	6,42 Aaα	6,10 Aaα
4	6,64 Aaα	7,02 Aaα	5,36 Aaβ	5,20 Aaβ	4	6,84 Aaα	6,70 Aaα	6,54 Aaα	6,32 Aaα
5	4,41 Abα	4,43 Acα	3,28 Bbβ	3,88 Abβ	5	4,53 Abα	4,71 Abα	4,44 Aaα	4,56 Abα
6	6,27 Aaα	6,78 Aaα	5,03 Aaβ	5,06 Aaβ	6	6,39 Aaα	6,56 Aaα	6,28 Aaα	6,31 Aaα
CV: 10,49%					CV: 11,79%				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo, e mesma letra grega para condição hídrica do solo dentro de cada tratamento de sementes da mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico; 3 = fluazinam + tiofanato-metílico; 4 = lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil.

No resumo do quadro de análise de variância para a temperatura de 20°C, apresentado na tabela 7 é possível observar que para os fatores cultivar e condições hídricas do solo foram constatadas diferenças significativas em todas as variáveis analisadas. Para o fator tratamento de sementes foram observadas diferenças significativas nas variáveis pigmentos fotossintéticos e enzima Catalase. Foi observada interação entre os fatores cultivar x tratamento de sementes para carotenoides, Superóxido dismutase (SOD), Ascorbato peroxidase (APX) e peróxido de hidrogênio. Para a APX houve interação entre cultivar x condição hídrica e para a SOD interação entre tratamento de sementes x condição hídrica do solo.

Na Tabela 8 é apresentado o resumo do quadro de análise de variância para as variáveis bioquímicas na temperatura de 30°C. Os pigmentos fotossintéticos e o peróxido de hidrogênio apresentaram diferença significativa para cultivar e condição hídrica do solo. Para o fator condição hídrica do solo foram observadas diferenças significativas em todas as variáveis analisadas. E, para tratamento de sementes foram observadas diferenças significativas somente para Catalase. Houve interação entre fatores cultivar x tratamento de sementes para clorofila b e APX, assim como, interação nos fatores cultivar x condição hídrica do solo para clorofila b e entre tratamento de sementes x condição hídrica do solo para a CAT.

Tabela 7. Análise de variância para variáveis bioquímicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condições hídrica do solo (Cond) e temperatura de 20°C

FV	GL	chl a	chl b	chl tot	carot	sod	apx	cat	perox	peroxidação
Quadrados médios										
Cult	1	0,01862*	0,00567*	0,04322*	0,000122*	1.054*	0,464*	0,000044*	22,618	1192,846*
TS	5	0,02327*	0,00229*	0,03761*	0,003049*	0.314	0,019	0,000108*	3,737	114,874
Cond	1	0,08126*	0,00451	0,12724*	0,010837*	35.232*	5,501*	0,018788*	222,791*	1157,301*
Cult x TS	5	0,00382	0,00031	0,00649	0,002097*	0.576*	0,300*	0,000117	19,307*	84,571
Cult x Cond	1	0,00055	0,00001	0,00091	0,000013	0.001	0,280*	0,000002	6,475	22,459
TS x Pot	5	0,00156	0,00028	0,00187	0,000227	0.506*	0,044	0,000143	0,727	23,016
Cult x TS x Cond	5	0,00228	0,00040	0,00384	0,000677	0.111	0,069	0,000175	7,258	40,725
Resíduo	72	0,00449	0,00037	0,00590	0,000419	0.180	0,033	0,000097	5,812	85,462
Média		0,429	0,127	0,555	0,116	2,049	0,933	0,050	0,05	52,995
CV (%)		15,61	15,17	13,83	17,61	20,70	19,45	19,72	19,72	17,46

*Diferença significativa a 5% de probabilidade. FV=Fonte de variação; GL=Graus de liberdade; chl a=teor de clorofila a; chl b=teor de clorofila b; chl tot=teor de clorofila total; carot=carotenoides; sod= superóxido dismutase; apx=ascorbato peroxidase; cat=catalase; perox=peróxido de hidrogênio; peroxidação= peroxidação lipídica.

Tabela 8. Análise de variância para variáveis bioquímicas aferidas em cultivares (Cult) sob tratamentos de semente (TS) x condições hídrica do solo (Cond) e temperatura de 30°C

FV	GL	chl a	chl b	chl tot	carot	sod	apx	cat	perox	peroxidação
Quadrados médios										
Cult	1	0,11731*	0,010537*	0,19690*	0,008777*	26.538	0,131	0.00101	0,012*	15,678
TS	5	0,00308	0,001023	0,00720	0,000482	3.411	1,276	0.00341*	2,817	64,676
Cond	1	0,06911*	0,012870*	0,14176*	0,007322*	203.045*	18,047*	0.10661*	246,556*	16,443*
Cult x TS	5	0,00443	0,001487*	0,01060	0,000290	2.607	0,910*	0.00029	16,943	14,187
Cult x Cond	1	0,00246	0,004281*	0,01340	0,000014	0.002	0,211	0.00036	29,713	19,346
TS x Pot	5	0,00177	0,000266	0,00014	0,000177	4.099	0,255	0.00175*	3,519	61,102
Cult x TS x Cond	5	0,00261	0,000291	0,00117	0,000061	3.509	0,040	0.00063	3,953	26,901
Resíduo	72	0,21327	0,000459	0,00471	0,000218	3.330	0,362	0.00054	9,864	75,129
Média		0,387	0,124	0,511	3,165	9,534	2,888	0,123	0,123	55,766
CV (%)		14,07	17,25	13,43	12,04	19,14	20,84	18,89	18,89	15,54

*Diferença significativa a 5% de probabilidade. FV=Fonte de variação; GL=Graus de liberdade; chl a=teor de clorofila a; chl b=teor de clorofila b; chl tot=teor de clorofila total; carot=carotenoides; sod= superóxido dismutase; apx=ascorbato peroxidase; cat=catalase; perox=peróxido de hidrogênio; peroxidação= peroxidação lipídica.

Na tabela 9 são apresentados os teores dos pigmentos fotossintéticos para as plântulas de cevada. Na temperatura de 20°C, na capacidade de campo, não foram observadas diferenças nos teores de clorofilas *a*, *b* e total, ao se comparar as duas cultivares e os diferentes tratamentos de sementes. Já no alagamento, para o teor de clorofila *a*, com o tratamento de sementes Fipronil (6), a cultivar ABI Rubi apresentou médias superiores a cultivar BRS Caue. Na condição de alagamento a cultivar ABI Rubi não apresentou diferenças nos teores de clorofila *a* em resposta aos diferentes tratamentos de semente, porém a cultivar BRS Caue, apresentou menores médias ao ser submetida aos tratamentos Lambda-cialotrina + Tiametoxam (4), Triadimenol (5), Fipronil (6). Em relação aos teores de clorofila *b*, em condição de alagamento, os tratamentos 4, 5 e 6 na cultivar ABI Rubi refletiram em maiores médias comparativamente a cultivar BRS Caue. Ao comparar os diferentes tratamentos de semente na condição de alagamento, foram verificados os menores teores de clorofila *b* na cultivar BRS Caue submetidas aos tratamentos de semente 5 e 6, enquanto, na cultivar ABI Rubi ao submetê-la aos tratamentos Controle (1), Fipronil + Piraclostrobrina + Tiofanato-metílico (2), Triadimenol (5), Fipronil (6).

Sob alagamento do solo, comparando-se as duas cultivares, o teor de clorofila total, foi superior para a cultivar ABI Rubi com os tratamentos 4 e 6. Na condição de alagamento, os teores de clorofila total não apresentou diferenças entre tratamentos de semente para a cultivar ABI Rubi, porém na cultivar BRS Caue foram superiores nos tratamentos 1, 2 e 3. Ao se comparar as condições hídricas do solo, para os teores de clorofila *a*, *b* e total, foram observadas menores médias dos teores de clorofila *a* e total na condição de alagamento na cultivar ABI Rubi sem tratamento de sementes.

Em relação aos teores de carotenoides, comparando-se cultivares, verificou-se que a cultivar BRS Caue apresentou foi superior em relação a cultivar ABI Rubi sob o tratamento 3. Enquanto, sob alagamento e tratamento de sementes 1, a cultivar BRS Caue apresentou menores médias, tendo a ABI Rubi nos tratamentos 3 e 5, demonstrado inferioridade. Ao comparar os diferentes tratamentos de sementes, a cultivar BRS Caue não demonstrou diferença para ambas as condições hídricas. A cultivar ABI Rubi, sob os tratamentos de semente 3, 4, 5 e 6 foi inferior aos demais tratamentos na condição de capacidade de campo, contudo, sob

alagamento o tratamento de sementes 1 refletiu em médias superiores aos demais para os teores de carotenoides.

Em relação à temperatura de 30°C, ao serem analisados os teores de clorofila *a*, comparando-se cultivares, foram observadas diferenças somente para capacidade de campo e sob o tratamento de sementes 6, quando a cultivar ABI Rubi foi superior à BRS Caue. Em relação aos tratamentos de sementes, em ambas as cultivares e condições hídricas do solo, não foram observadas diferenças. Entretanto, ao comparar as condições hídricas do solo, a cultivar ABI Rubi sem tratamento de sementes e sob com o tratamento 2, foi superior na capacidade de campo em relação à situação de alagamento do solo.

Já para os teores de clorofila *b*, comparando-se cultivares, somente na capacidade de campo foram observadas diferenças significativas, onde a cultivar ABI Rubi com os tratamentos 2 e 6 apresentou médias superiores comparada a cultivar BRS Caue. Não foram observadas diferenças para teores de clorofila *b* entre plântulas sob tratamentos de semente de cada cultivar e condições hídricas do solo. Ao comparar as condições hídricas do solo, a cultivar BRS Caue não apresentou diferença, enquanto, a ABI Rubi demonstrou médias inferiores quando sob alagamento do solo nos tratamentos de semente 1 e 3.

Para os teores de clorofila total, comparando-se cultivares, na condição de alagamento do solo não houve diferença. Na capacidade de campo, os tratamentos de semente 2, 4 e 6, resultaram sem superioridade da ABI Rubi. Ao comparar os tratamentos de semente, não foram observadas diferenças significativas para teores de clorofila total entre cultivares e condições hídricas do solo.

Em condições de hipóxia a respiração aeróbica e o teor de clorofila ajudam a manter os processos básicos, como a fotossíntese, desta forma fornecendo energia, e mantendo as células em funcionamento (CARVALHO et al., 2016), porém, o excesso de água na rizosfera leva a diminuição da concentração interna de oxigênio na raiz e também pode levar a diminuição de nutrientes e o aumento de radicais livres na planta acarretando danos também nos pigmentos (ZAIDI et al., 2007).

Com isso, o alagamento acaba por influenciar na redução dos teores de clorofila e carotenoides, na produção de etileno e na interrupção da translocação de fotoassimilados (BLOKHINA e FAGERSTEDT, 2010). Estudos apontam que gramíneas de regiões temperadas têm redução nos teores de clorofila e

carotenoides quando submetidos ao excesso de água (WANG e JIANG, 2007; PYUANG et al., 2015).

Em condições estressantes, a retenção de clorofila uma maneira eficiente de sustentar a produção de biomassa e o rendimento da cultura (WANG et al., 2008). A clorofila é o principal pigmento fotossintético das plantas, porém, a fotossíntese é um dos processos mais sensíveis a altas temperaturas (BERRY e BJORKMAN, 1980). No cloroplasto, a clorofila é abrigada por tilacoides, sendo estas consideradas as estruturas celulares mais instáveis quando expostas a altas temperaturas (VACHA et al., 2007). Com isso, em condições de estresse por altas temperaturas ocorre à degradação da molécula de clorofila (ZAFAR et al., 2017), o que resulta em prejuízos a fotossíntese, causando prejuízos ao crescimento das plantas (HAVAUX e TARDY, 1999; HUSSAIN et al., 2019).

Tabela 9. Teores de clorofila a, b, totais e carotenoides de folhas de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C

20°C					30°C				
Clorofila a (mg g ⁻¹)					Clorofila a (mg g ⁻¹)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	0,496 Aaα	0,547 Aaα	0,453 Aaα	0,414 Aaβ	1	0,389 Aaα	0,428 Aaα	0,353 Aaα	0,365 Aaβ
2	0,447 Aaα	0,462 Aaα	0,408 Aaα	0,405 Aaα	2	0,364 Aaα	0,441 Aaα	0,335 Aaα	0,357 Aaβ
3	0,492 Aaα	0,486 Aaα	0,449 Aaα	0,432 Aaα	3	0,393 Aaα	0,465 Aaα	0,355 Aaα	0,393 Aaα
4	0,448 Aaα	0,482 Aaα	0,359 Abα	0,428 Aaα	4	0,385 Aaα	0,469 Aaα	0,327 Aaα	0,423 Aaα
5	0,369 Aaα	0,429 Aaα	0,345 Abα	0,390 Aaα	5	0,364 Aaα	0,439 Aaα	0,305 Aaα	0,369 Aaα
6	0,400 Aaα	0,440 Aaα	0,317 Bbα	0,400 Aaα	6	0,341 Baα	0,481 Aaα	0,317 Aaα	0,433 Aaα
CV: 15,61%					CV: 14,07%				
Clorofila b (mg g ⁻¹)					Clorofila b (mg g ⁻¹)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	0,136 Aaα	0,148 Aaα	0,131 Aaα	0,125 Abα	1	0,120 Aaα	0,128 Aaα	0,109 Aaα	0,111 Aaβ
2	0,127 Aaα	0,146 Aaα	0,120 Aaα	0,119 Abα	2	0,115 Baα	0,144 Aaα	0,111 Aaα	0,103 Aaα
3	0,149 Aaα	0,149 Aaα	0,123 Aaα	0,145 Aaα	3	0,127 Aaα	0,153 Aaα	0,118 Aaα	0,113 Aaβ
4	0,116 Aaα	0,142 Aaα	0,113 Baα	0,139 Aaα	4	0,125 Aaα	0,159 Aaα	0,120 Aaα	0,124 Aaα
5	0,095 Aaα	0,124 Aaα	0,096 Bbα	0,110 Abα	5	0,111 Aaα	0,141 Aaα	0,101 Aaα	0,115 Aaα
6	0,132 Aaα	0,142 Aaα	0,094 Bbα	0,127 Abα	6	0,110 Baα	0,194 Aaα	0,097 Aaα	0,133 Aaα
CV: 15,17%					CV: 17,25%				
Clorofila total (mg g ⁻¹)					Clorofila total (mg g ⁻¹)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	0,631 Aaα	0,695 Aaα	0,585 Aaα	0,539 Aaβ	1	0,509 Aaα	0,556 Aaα	0,462 Aaα	0,476 Aaβ
2	0,574 Aaα	0,608 Aaα	0,527 Aaα	0,525 Aaα	2	0,478 Baα	0,585 Aaα	0,446 Aaα	0,460 Aaβ

3	0,641 Aαα	0,635 Aαα	0,571 Aαα	0,565 Aαα	3	0,520 Aαα	0,618 Aαα	0,474 Aαα	0,505 Aαα
4	0,564 Aαα	0,624 Aαα	0,472 Bβα	0,566 Aαα	4	0,510 Bαα	0,628 Aαα	0,447 Aαα	0,546 Aαα
5	0,464 Aαα	0,552 Aαα	0,440 Aβα	0,501 Aαα	5	0,474 Aαα	0,580 Aαα	0,406 Aαα	0,483 Aαα
6	0,531 Aαα	0,582 Aαα	0,410 Bβα	0,527 Aαα	6	0,451 Bαα	0,675 Aαα	0,414 Aαα	0,565 Aαα
CV: 13,83%					CV: 13,43%				
Carotenoides (mg g ⁻¹)					Carotenoides (mg g ⁻¹)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	0,139 Aαα	0,149 Aαα	0,097 Bαβ	0,147 Aαα	1	0,121 Bαα	0,138 Aαα	0,106 Bαα	0,121 Aαβ
2	0,128 Aαα	0,163 Aαα	0,106 Aαα	0,117 Aβα	2	0,122 Aαα	0,132 Aαα	0,111 Aαα	0,117 Aαα
3	0,127 Aαα	0,111 Bβα	0,110 Aαα	0,080 Bcβ	3	0,139 Aαα	0,146 Aαα	0,108 Aαα	0,125 Aαα
4	0,131 Aαα	0,111 Aβα	0,110 Aαα	0,110 Aβα	4	0,121 Bαα	0,153 Aαα	0,100 Bαβ	0,125 Aαβ
5	0,109 Aαα	0,103 Aβα	0,099 Aαα	0,072 Bcβ	5	0,102 Bαα	0,134 Aαα	0,100 Aαα	0,120 Aαα
6	0,132 Aαα	0,120 Aβα	0,121 Aαα	0,099 Acβ	6	0,122 Aαα	0,146 Aαα	0,103 Aαα	0,132 Aαα
CV: 17,61%					CV: 12,04%				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo, e mesma letra grega para condição hídrica do solo dentro de cada tratamento de sementes da mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico; 3 = fluazinam + tiofanato-metílico; 4 = lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil.

Na Tabela 10 são apresentadas as médias da atividade das enzimas antioxidantes Superóxido Dismutase (SOD), Ascorbato Peroxidase (APX) e Catalase (CAT). Para a temperatura de 20°C, em relação à SOD, a cultivar BRS Caue submetida ao tratamento de sementes lambda-cialotrina + tiametoxam (4) e na capacidade de campo, apresentou médias inferiores à ABI Rubi e demais tratamentos de sementes. Para a cultivar BRS Caue, sob todos os tratamentos de semente, foram observadas maiores atividades da SOD em situação de alagamento em relação a capacidade de campo. Para a cultivar ABI Rubi submetida aos tratamentos de semente Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico (2) e Fipronil (6), não foi observado diferença para as condições hídricas do solo, contudo, para os demais tratamentos de semente em alagamento do solo, a atividade da SOD foi superior.

Na temperatura de 20°C, à atividade da APX, ao se comparar cultivares na capacidade de campo, foi observado maiores médias para a cultivar BRS Caue com o tratamento de sementes 2, enquanto, para a ABI Rubi com o tratamento de sementes 6. Em situação de alagamento do solo, houve superioridade da cultivar ABI Rubi em relação à BRS Caue quando sob os tratamentos de semente 3, 4 e 6.

Comparando-se os diferentes tratamentos de semente, na capacidade de campo, constatou-se que a cultivar BRS Caue apresentou maior atividade da APX ao ser submetida ao tratamento de sementes 2, enquanto a ABI Rubi, foi superior no tratamento de sementes 6. Para a situação de alagamento do solo, a cultivar BRS Caue atingiu valores superiores nos tratamentos de semente 1, 2 e 5, enquanto que na ABI Rubi, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos de semente. Ao se comparar a atividade da APX entre as diferentes condições hídricas do solo, a cultivar BRS Caue foi superior em situação de alagamento do solo e com os tratamentos de semente 1, 4, 5 e 6, enquanto a ABI Rubi, atingiu menor atividade da APX sob capacidade de campo para todos os tratamentos de semente.

No que se refere à atividade da enzima Catalase, ao comparar as cultivares, sob capacidade de campo e tratamentos de semente 4, 5 e 6, a ABI Rubi foi superior em relação à BRS Caue. Entretanto, sob tratamento de sementes 2, a cultivar BRS Caue demonstrou maior atividade da CAT em relação a cultivar ABI Rubi.

Em situação de alagamento, não foram observadas diferenças para a Catalase, entre as duas cultivares. Comparando-se os diferentes tratamentos de semente, na capacidade de campo, foi observada maior atividade da Catalase na cultivar BRS Caue com os tratamentos de semente 1, 2 e 3, entretanto, para a cultivar ABI Rubi na

capacidade de campo, assim como, para ambas as cultivares sob alagamento do solo, não foram observadas diferenças para CAT ao se comparar os diferentes tratamentos de sementes. Ao se comparar as condições do solo, maiores atividades da CAT foram observadas em situação de alagamento e sob os tratamentos 3, 4, 5 e 6 na cultivar BRS Caue. Resultados similares foram obtidos para todos os tratamentos de sementes sob situação de alagamento, na cultivar ABI Rubi.

Já para a temperatura de 30°C, é possível observar que para a atividade da SOD, ao comparar cultivares e tratamentos de semente, não foram observadas diferenças em ambas as condições hídricas impostas. Ao comparar condições do solo, a maior atividade da SOD foi observada em situação de alagamento, na cultivar BRS Caue com os tratamentos de semente 2 e 4, e na cultivar ABI Rubi com os tratamentos 1, 2 e 4.

Em relação à atividade da APX, comparando-se cultivares, na capacidade de campo não foram observadas diferenças, enquanto que no alagamento, a BRS Caue sob tratamento de sementes 4, apresentou superioridade em relação a ABI Rubi. Ao se comparar os diferentes tratamentos de sementes, não foram observadas diferenças estatísticas para APX. Na comparação entre as duas condições hídricas do solo, a cultivar BRS Caue com os tratamentos de semente 2, 3 e 4, apresentou maior atividade da APX no alagamento, tendo o mesmo ocorrido com a cultivar ABI Rubi com o TS 4.

Para a enzima Catalase, não foram observadas diferenças estatísticas ao comparar as cultivares. Comparando-se os diferentes tratamentos de sementes, na capacidade de campo foi observada menor atividades da Catalase no tratamento de sementes 2 para a BRS Caue, e nos tratamentos 2 e 6 para a ABI Rubi. Em situação de alagamento do solo, não houve diferença entre tratamentos de semente para a BRS Caue, enquanto que para a ABI Rubi, os tratamentos de sementes 3 e 4 refletiram em maior atividade da Catalase.

A ausência de oxigênio como aceptor final de elétrons durante a respiração mitocondrial ocasiona em um extravasamento de elétrons da membrana mitocondrial, resultando na produção de espécies reativas de oxigênio - EROs (PUCCIARIELLO e PERATA, 2021; DA-SILVA e do AMARANTE, 2022), como ocorre em condições de alagamento. Segundo Simova-Stoilova et al., (2012), enzima superóxido dismutase (SOD) possui um papel fundamental na eliminação do radical superóxido (O_2^-) em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) (BARBOSA et al., 2014).

Conforme Delgado (2006), durante a metabolização intermediários de xenobióticos pode ocorrer à formação de espécies reativas de oxigênio, diversos trabalhos demonstram o efeito fitotóxico que alguns ingredientes ativos podem causar no tratamento de sementes (BRAGUINI, 2005; SOARES e MACHADO, 2007; DAN et al., 2012).

A catalase (CAT) é uma das enzimas envolvidas no processo de degradação de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) em água e oxigênio, sendo um eficiente agente antioxidante nas plantas, juntamente com a peroxidase, a atuação da CAT reduz o risco de formação de radicais OH^\cdot (hidroxila), um radical altamente reativo (TEERÃ e MOOSAVI-MOVAHEDI, 2018).

Tabela 10. Atividades das enzimas antioxidantes superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e catalase de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C

20°C					30°C				
SOD ($\mu\text{mol}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ Prot.}$)					SOD ($\mu\text{mol}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ Prot.}$)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	1,568 Aa β	1,280 Aa β	2,810 Aa α	2,940 Aa α	1	9,208 Aa α	7,979 Aa β	12,632 Aa α	10,079 Aa α
2	1,572 Aa β	1,293 Aa α	2,922 Aa α	2,449 Aa α	2	8,069 Aa β	6,253 Aa β	10,016 Aa α	10,825 Aa α
3	1,582 Aa β	1,859 Aa β	2,193 Aa α	2,665 Aa α	3	8,666 Aa α	8,150 Aa α	10,516 Aa α	10,723 Aa α
4	0,820 Bb β	1,577 Aa β	2,293 Aa α	2,906 Aa α	4	8,001 Aa β	7,240 Aa β	13,733 Aa α	10,959 Aa α
5	1,129 Aa β	1,572 Aa β	2,771 Aa α	3,306 Aa α	5	9,022 Aa α	7,791 Aa α	11,426 Aa α	10,251 Aa α
6	1,210 Aa β	1,691 Aa α	2,296 Aa α	2,307 Aa α	6	9,017 Aa α	7,693 Aa α	10,474 Aa α	10,084 Aa α
CV: 20,70%					CV: 19,14%				
APX ($\mu\text{mol ASA min}^{-1}\text{ mg}^{-1}\text{ de proteína}$)					APX ($\mu\text{mol ASA min}^{-1}\text{ mg}^{-1}\text{ de proteína}$)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	0,720 Ab β	0,631 Ab β	1,416 Aa α	1,173 Aa α	1	2,312 Aa α	2,775 Aa α	3,697 Aa α	3,113 Aa α
2	0,871 Aa α	0,614 Bb β	1,179 Aa α	1,062 Aa α	2	2,133 Aa β	2,126 Aa α	3,064 Aa α	2,982 Aa α
3	0,622 Ab α	0,761 Ab β	0,848 Bb α	1,511 Aa α	3	2,225 Aa β	2,909 Aa α	3,758 Aa α	3,937 Aa α
4	0,580 Ab β	0,657 Ab β	0,845 Bb α	1,437 Aa α	4	2,933 Aa β	2,252 Aa β	3,906 Aa α	3,145 Bb α
5	0,647 Ab β	0,661 Ab β	1,129 Aa α	1,240 Aa α	5	2,293 Aa α	2,175 Aa α	2,852 Aa α	2,694 Aa α
6	0,630 Bb β	0,931 Aa β	0,876 Bb α	1,353 Aa α	6	2,836 Aa α	2,493 Aa α	3,704 Aa α	2,992 Aa α
CV: 19,72%					CV: 18,89%				
Catalase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2\text{ min}^{-1}\text{ mg}^{-1}\text{ de proteína}$)					Catalase ($\mu\text{mol H}_2\text{O}_2\text{ min}^{-1}\text{ mg}^{-1}\text{ de proteína}$)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	0,041 Aa α	0,038 Aa β	0,061 Aa α	0,068 Aa α	1	0,091 Aa β	0,107 Aa α	0,152 Aa α	0,134 Ab α

2	0,047 Aa α	0,033 Ba β	0,062 Aa α	0,065 Aa α	2	0,063 Ab β	0,066 Ab β	0,126 Aa α	0,147 Ab α
3	0,047 Aa β	0,039 Aa β	0,064 Aa α	0,062 Aa α	3	0,103 Aa β	0,089 Aa β	0,171 Aa α	0,199 Aa α
4	0,028 Bb β	0,040 Aa β	0,063 Aa α	0,065 Aa α	4	0,091 Aa β	0,096 Aa β	0,168 Aa α	0,195 Aa α
5	0,023 Bb β	0,039 Aa β	0,064 Aa α	0,063 Aa α	5	0,098 Aa β	0,099 Aa β	0,135 Aa α	0,143 Ab α
6	0,026 Ab β	0,032 Aa β	0,066 Aa α	0,064 Aa α	6	0,087 Aa β	0,082 Ab β	0,157 Aa α	0,147 Ab α
CV: 19,45%					CV: 20,84%				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo, e mesma letra grega para condição hídrica do solo dentro de cada tratamento de sementes da mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico; 3 = Fluazinam + tiofanato-metílico; 4 = Lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil

Na tabela 11 são apresentadas as médias de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica para a temperatura de 20°C. Comparando-se os teores de peróxido de hidrogênio entre as cultivares, na capacidade de campo foram observadas diferenças quando sob os tratamentos de sementes Lambda-cialotrina + tiametoxam (4) e Triadimenol (5), tendo a cultivar ABI Rubi sido superior à BRS Caue. Em situação de alagamento do solo, as cultivares não apresentaram diferenças entre si. Contudo, ao comparar os tratamentos de semente em cada cultivar e condição hídrica do solo, foram observadas diferenças para a cultivar ABI Rubi na capacidade de campo, quando os tratamentos de semente 4 e 5 resultaram nos maiores valores de peróxido de hidrogênio. Em relação às condições hídricas do solo, em situação de alagamento, a BRS Caue sob os tratamentos de semente Fluazinam + tiofanato-metílico (3) e Lambda-cialotrina (4) e a cultivar ABI Rubi sob os tratamentos de semente 1 e 3, apresentaram médias superiores em relação às mesmas cultivares com os mesmos tratamentos de semente na capacidade de campo.

Em relação à peroxidação lipídica, ao comparar cultivares, foram observadas diferenças em condição de capacidade de campo. A cultivar ABI Rubi sob o tratamento de sementes 3 apresentou médias superiores em relação a cultivar BRS Caue, submetida ao mesmo tratamento. Ao comparar os diferentes tratamentos de semente, não foram observadas diferenças significativas dentro das cultivares e condições hídricas do solo. Para as condições hídricas do solo, somente a cultivar ABI Rubi, sem tratamento de semente, apresentou as maiores médias de peroxidação lipídica e em situação de alagamento do solo.

No que se refere à temperatura de 30°C, ao comparar os teores de peróxido de hidrogênio entre as cultivares, somente foram observadas diferenças em condição de capacidade de campo sob o tratamento de sementes 2, em que a cultivar BRS Caue apresentou médias superiores em relação a ABI Rubi. Comparando-se os diferentes tratamentos de semente, não foram observadas diferenças significativas, tanto dentro das cultivares quanto para as condições hídricas do solo. Ao comparar as condições hídricas do solo, os teores de peróxido de hidrogênio na cultivar BRS Caue não demonstraram diferença, contudo, para a cultivar ABI Rubi sob os tratamentos de semente 2, 3 e 6, os valores de peróxido de hidrogênio foram superiores em alagamento do solo.

Em relação à peroxidação lipídica, não foram observadas diferenças ao comparar as cultivares e tratamentos de semente, indiferentemente da condição hídrica imposta. Comparando-se as diferentes condições hídricas do solo, foram observadas as maiores médias de peroxidação lipídica em situação de alagamento do solo para a cultivar BRS Caue submetida ao tratamento de sementes 6 e para a cultivar ABI Rubi sob os tratamentos de semente 5 e 6.

A ocorrência de condições ambientais desfavoráveis, como excesso hídrico ou temperaturas extremas, pode levar a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (EROs), quando ocorre um desequilíbrio entre sua produção e remoção, é possível à ocorrência de peroxidação lipídica (ANDRADE, 2013)

O acúmulo de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) nas células é uma resposta precoce a diversos tipos de estresse, como o alagamento ou temperaturas extremas (ANDRADE, 2013). O H_2O_2 é uma ERO moderadamente reativa, seu pequeno tamanho permite-lhe atravessar membranas, dessa forma, difunde os danos e também atua como um mensageiro da condição de estresse; a ação deletéria do H_2O_2 , se dá por sua participação da reação formadora de hidroxila (OH^\cdot), o oxidante mais reativo na família das ROS (BARBOSA et al., 2014).

O alagamento, resulta em uma privação de oxigênio para as raízes das plantas (LIMAMI et al., 2014), nestas condições, principalmente a reoxigenação das células, promovem um desequilíbrio redox dos componentes mitocondriais e do cloroplasto, levando à redução excessiva de transportadores de elétrons e vazamento de elétrons, produzindo espécies reativas de oxigênio (HALLIWELL, 2006). O acúmulo de Espécies Reativas de Oxigênio (EROs) resulta em estresse oxidativo e danos a componentes celulares, como proteínas e lipídios (DA-SILVA e do AMARANTE, 2020; DA-SILVA et al., 2021).

A concentração do conteúdo de MDA é um indicador da extensão da peroxidação lipídica em condições estressantes para as plantas (HUSSAIN et al., 2017; ZAFAR et al., 2017). Em condições ambientais desfavoráveis, as plantas produzem espécies reativas de oxigênio em quantidades que levam a peroxidação lipídica (GILL e TUTEJA, 2010; ZAFAR et al., 2018), já que as EROs tem a capacidade de iniciar uma reação em cadeia em ácidos graxos polinsaturados, levando a peroxidação lipídica (BAI et al., 2010). Diante disso, observa-se o papel fundamental que um eficiente sistema antioxidante apresenta no combate as EROs (BORELLA et al., 2019).

Tabela 11. Peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica de plântulas de cevada aferidas em cultivares sob diferentes tratamentos de semente e condições hídricas do solo, para as temperaturas de 20 e 30°C

20°C					30°C				
Peróxido de hidrogênio ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)					Peróxido de hidrogênio ($\mu\text{mol.g}^{-1}$ MF)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	8,503 Aa α	8,338 Ab β	11,275 Aa α	12,350 Aa α	1	12,363 Aa α	12,723 Aa α	14,324 Aa α	15,253 Aa α
2	8,240 Aa α	9,255 Ab α	14,362 Aa α	9,643 Aa α	2	14,114 Aa α	10,576 Ba β	17,168 Aa α	15,685 Aa α
3	8,588 Aa β	8,781 Ab β	11,899 Aa α	12,602 Aa α	3	12,154 Aa α	12,483 Aa β	14,229 Aa α	18,982 Aa α
4	7,634 Ba β	12,194 Aa α	11,921 Aa α	13,731 Aa α	4	11,278 Aa α	13,283 Aa α	13,440 Aa α	15,557 Aa α
5	7,692 Ba α	11,750 Aa α	10,276 Aa α	14,135 Aa α	5	14,508 Aa α	10,453 Aa α	15,180 Aa α	15,523 Aa α
6	10,120 Aa α	9,399 Ab α	12,441 Aa α	12,420 Aa α	6	13,116 Aa α	10,887 Aa β	15,267 Aa α	15,780 Aa α
CV: 22,47%					CV: 22,55%				
Peroxidação lipídica (MDA.g^{-1} MF)					Peroxidação lipídica (MDA.g^{-1} MF)				
Tratamentos de semente	Cultivares				Tratamentos de semente	Cultivares			
	BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi		BRS Caue	ABI Rubi	BRS Caue	ABI Rubi
	Capacidade de campo		Alagamento			Capacidade de campo		Alagamento	
1	43,029 Aa α	54,514 Aa β	49,931 Aa α	68,385 Aa α	1	54,975 Aa α	50,926 Aa α	57,833 Aa α	64,119 Aa α
2	44,918 Aa α	48,221 Aa α	50,000 Aa α	57,063 Aa α	2	53,982 Aa α	50,103 Aa α	54,123 Aa α	59,302 Aa α
3	41,537 Ba α	52,300 Aa α	49,789 Aa α	55,511 Aa α	3	54,272 Aa α	53,211 Aa α	59,439 Aa α	59,842 Aa α
4	48,638 Aa α	56,327 Aa α	52,941 Aa α	59,239 Aa α	4	57,168 Aa α	53,529 Aa α	62,304 Aa α	58,050 Aa α
5	49,325 Aa α	55,375 Aa α	63,244 Aa α	59,160 Aa α	5	50,828 Aa α	49,079 Aa β	61,429 Aa α	64,345 Aa α
6	45,339 Aa α	54,151 Aa α	54,348 Aa α	57,388 Aa α	6	44,403 Aa β	47,170 Aa β	60,785 Aa α	57,167 Aa α
CV: 17,46%					CV: 15,54%				

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha para cultivares dentro de tratamento de sementes em cada condição hídrica do solo, mesma letra minúscula na coluna para tratamento de sementes dentro de cultivar em cada condição hídrica do solo, e mesma letra grega para condição hídrica do solo dentro de cada tratamento de sementes da mesma cultivar não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott em nível de 5% de probabilidade. 1 = Controle; 2 = Fipronil + piraclostrobina + tiofanato-metílico; 3 = Fluazinam + tiofanato-metílico; 4 = Lambda-cialotrina + tiametoxam; 5 = Triadimenol; 6 = Fipronil.

A não observação de diferenças nos teores de MDA e de peróxido de hidrogênio, em alguns dos tratamentos evidencia que o sistema antioxidante das plântulas de cevada foi eficiente para conter os danos oxidativos causados pelas condições de estresse, já que os efeitos deletérios da peroxidação se manteve similar na maior parte dos tratamentos.

Apesar de uma redução no crescimento das plântulas de cevada em condições estressantes, as diferenças nos teores dos pigmentos fotossintéticos não necessariamente acompanharam os tratamentos nos quais foram observados efeitos no crescimento das plântulas. Esta capacidade de manter o crescimento, acúmulo de matéria seca e área foliar demonstra a capacidade da cevada de tolerar certos níveis de estresse durante seu desenvolvimento inicial.

O tratamento de sementes Triadimenol apresentou maior fitotoxidez em comparação aos demais, causando redução principalmente no crescimento de parte aérea das plântulas de cevada. Porém as plântulas oriundas dos demais tratamentos de sementes apresentaram crescimento igual ou superior à testemunha, demonstrando a viabilidade e segurança de sua correta utilização.

5. Conclusões

Os diferentes tratamentos de semente não afetam a emergência, índice de velocidade de emergência e velocidade de emergência. A cultivar ABI Rubi apresenta uma emergência mais rápida em relação a cultivar BRS Caue.

A cultivar BRS Caue apresenta um crescimento inicial superior na condição de alagamento em temperatura de 20°C, enquanto que na temperatura de 30°C ambas as cultivares apresentam desempenho similar. O tratamento de sementes Triadimenol afeta negativamente o crescimento de parte aérea de cevada.

Na temperatura de 20°C, em condições de alagamento, o teor de pigmentos fotossintéticos em plântulas de cevada é afetado pelos tratamentos Lambda-cialotrina + tiametoxam; Triadimenol e Fipronil, que causam redução nos teores de clorofila.

Na temperatura de 30°C, o teor de pigmentos fotossintéticos não é afetado pelos diferentes tratamentos de semente, em ambas as condições hídricas do solo.

As cultivares BRS Caue e ABI Rubi apresentam atividade de enzimas antioxidantes similares, sendo a sua atividade aumentada em condições de alagamento, em ambas as temperaturas. Na temperatura de 30°C não ocorreu influência dos diferentes tratamentos de semente.

Em cada temperatura, o teor de peróxido de hidrogênio e peroxidação lipídica foram similares, dentro das cultivares, tratamentos de semente e condição hídrica do solo.

6. Considerações finais

A partir da análise dos resultados de atributos fisiológicos e de crescimento de plântulas de cevada sob influência de tratamentos de semente, alagamento do solo e diferentes temperaturas, é possível observar que o estresse influencia negativamente o crescimento plântulas, teores de pigmentos fotossintéticos e metabolismo antioxidante, sendo a intensidade de resposta, dependente da cultivar e tratamento de sementes utilizado.

O alagamento por um período de 48 horas prejudica o desenvolvimento inicial da cevada e aumenta a atividade de enzimas antioxidantes, porém, a atividade das mesmas foi suficiente para conter os efeitos deletérios das espécies reativas de oxigênio.

Na temperatura de 30°C, o alagamento resulta em uma maior resposta da atividade de enzimas antioxidantes em plântulas de cevada.

É possível que materiais genéticos distintos dos utilizados no presente trabalho, conforme suas características genéticas, apresentem desempenho diferente no desenvolvimento inicial, sob alagamento e diferentes temperaturas.

É possível que diferentes tratamentos de semente dos utilizados no presente trabalho gerem respostas distintas e em diferentes intensidades no desenvolvimento inicial de cevada, a depender do seu ingrediente ativo e características.

Desta forma, o desempenho das cultivares BRS Caue e ABI Rubi submetidas a diferentes tratamentos de sementes, frente aos estresses por alagamento e alta temperatura, é similar, variando conforme a interação de cada cultivar com cada tratamento de semente e condição estressante.

Referências

- ABOU-ELWAFI, S. F.; AMEIN, K. A. Genetic diversity and potential high temperature tolerance in barley (*Hordeum vulgare*). **World J. Agric. Res.**, v. 4, n. 1, p. 1-8, 2016.
- AGOSTINETTO, L.; CASA, R. T.; BOGO, A.; FINGSTAG, M. D.; VALENTE, J. B. Viabilidade e controle de *Fusarium graminearum* em sementes de cevada. **Summa Phytopathologica**, v. 44, p. 368-373, 2018.
- AGROFIT. Brasília, DF: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2023. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 02 jan. 2023.
- AHMAD, W.; NOOR, M. A.; AFZAL, I.; BAKHTAVAR, M. A.; NAWAZ, M. M.; SUN, X.; ZHOU, B.; MA, W.; ZHAO, M. Improvement of sorghum crop through exogenous application of natural growth-promoting substances under a changing climate. **Sustainability**, v. 8, n. 12, p. 1330, 2016.
- ALLAKHVERDIEV, S. I.; KRESLAVSKI, V. D.; KLIMOV, V. V.; LOS, D. A.; CARPENTIER, R.; MOHANTY, P. Heat stress: an overview of molecular responses in photosynthesis. **Photosynthesis research**, v. 98, n. 1, p. 541-550, 2008.
- ALMEIDA, A. D. S.; CARVALHO, I.; DEUNER, C.; VILLELA, F. A. The role of bioactivators in the physiological performance of rice seeds. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 501-510, 2011.
- ALMESELMANI, M.; DESHMUKH, P. S.; SAIRAM, R. K.; KUSHWAHA, S. R.; SINGH, T. P. Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. **Plant science**, v. 171, n. 3, p. 382-388, 2006.
- ALZUETA, I.; ABELEDO, L. G.; MIGNONE, C. M.; MIRALLES, D. J. Differences between wheat and barley in leaf and tillering coordination under contrasting nitrogen and sulfur conditions. **European Journal of Agronomy**, v. 41, p. 92-102, 2012.
- ANDRADE, C. A. **O papel do peróxido de hidrogênio na tolerância de soja (*Glicine max*) ao alagamento**. 2013. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ANJUM N. A., SOFO A., SCOPA A., ROYCHOUDHURY A., GILL S. S., IQBAL M. Lipids and proteins-major targets of oxidative modifications in abiotic stressed plants. **Environ. Sci. Pollut.** v. 22, n. 6, p. 4099-4121, 2015.
- ARISNABARRETA, S.; MIRALLES, D. J. Critical period for grain number establishment of near isogenic lines of two-and six-rowed barley. **Field Crops Research**, v. 107, n. 3, p. 196-202, 2008.
- AUMONDE, T.Z.; PEDÓ, T.; MARTINAZZO, E.G.; VILLELA, F.A. **Estresses ambientais e a produção de sementes: Ciência e aplicação**. Pelotas, RS: Ed. Cópias Santa Cruz, 2017, 313p.
- ÁVILA, M. R.; BRACCINI, A. D. L.; SCAPIM, C. A.; MARTORELLI, D. T.; ALBRECHT, L. P. Testes de laboratório em sementes de canola e a correlação com

a emergência das plântulas em campo. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, p. 62-70, 2005.

BAETHGEN, W E.; CHRISTIANSON, C. B; LAMOTHE, A. G. Nitrogen fertilizer effects on growth, grain yield, and yield components of malting barley. **Field Crops Research**, v. 43, n. 2-3, p. 87-99, 1995.

BAI, T.; LI, C.; MA, F.; FENG, F.; SHU, H. Responses of growth and antioxidant system to root-zone hypoxia stress in two *Malus* species. **Plant and Soil**, v. 327, n. 1, p. 95-105, 2010.

BAILEY, J. S; CHANG, R. Sensing and signalling in response to oxygen deprivation in plants and other organisms. **Annals of botany**, v. 96, n. 4, p. 507-518, 2005.

BAILEY S.J.; VOESENEK L.A. Flooding stress: acclimations and genetic diversity. **Annual Review of Plant Biology**. n. 59, p. 313–339, 2008.

BAKHTAVAR, M. A.; AFZAL, I.; BASRA, S. M. A.; AHMAD, A. U. H.; NOOR, M. A. Physiological strategies to improve the performance of spring maize (*Zea mays* L.) planted under early and optimum sowing conditions. **PloS one**, v. 10, n. 4, 2015.

BALARDIN, R. S.; SILVA, F. D. L. D.; DEBONA, D.; DALLA CORTE, G.; DALLA FAVERA, D.; TORMEN, N. R. Tratamento de sementes com fungicidas e inseticidas como redutores dos efeitos do estresse hídrico em plantas de soja. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1120-1126, 2011.

BARBOSA, M. R.; SILVA, M. M. D. A.; WILLADINO, L.; ULISSES, C.; CAMARA, T. R. Geração e desintoxicação enzimática de espécies reativas de oxigênio em plantas. **Ciência Rural**, v. 44, p. 453-460, 2014.

BARNABÁS, B.; JÄGER, K.; FEHÉR, A. The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. **Plant, cell & environment**, v. 31, n. 1, p. 11-38, 2008.

BARROS, B. C.; FURLAN, S. H. Efeito do tratamento fungicida e da profundidade de semeadura no controle de *Bipolaris sorokiniana* em sementes de trigo. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 75, p. 499-505, 2022.

BAUDET, L.; PESKE, F. Aumentando o desempenho das sementes. **Seed News**, v. 9, n. 5, p. 22-24, 2007.

BAXTER, A.; MITTLER, R.; SUZUKI, N. ROS as key players in plant stress signalling. **Journal of experimental botany**, v. 65, n. 5, p. 1229-1240, 2014.

BERRY, J.; BJORKMAN, O. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. **Annual Review of plant physiology**, v. 31, n. 1, p. 491-543, 1980.

BELLÉ, R., FONTANA, D. C. Patógenos de solo: principais doenças vasculares e radiculares e formas de controle. **Enciclopédia biosfera**, v. 15, n. 28, 2018.

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

BHATTACHARJEE, S. BHATTACHARJEE, Soumen. Sites of generation and physicochemical basis of formation of reactive oxygen species in plant cell. **Reactive oxygen species and antioxidants in higher plants**, v. 1, p. 1-30, 2010.

BLOKHINA, O.; FAGERSTEDT, K. V. Oxidative metabolism, ROS and NO under oxygen deprivation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 48, n. 5, p. 359-373, 2010.

BLUM, A.; SINMENA, B. Wheat seed endosperm utilization under heat stress and its relation to thermotolerance in the autotrophic plant. **Field Crops Research**, v.37, n.3, p.185-191, 1994.

BOND, J. et al. Boutique brews, barley, and the balance sheet: Changes in malt barley industrial use require an updated forecasting approach. **Economic Research Division, United Stated Department of Agriculture**, p. 18-23, 2015.

BORELLA, J.; BECKER, R.; LIMA, M. C.; OLIVEIRA, D. D. S. C. D.; BRAGA, E. J. B.; OLIVEIRA, A. C. B. D.; AMARANTE, L. D. Nitrogen source influences the antioxidative system of soybean plants under hypoxia and re-oxygenation. **Scientia Agricola**, v. 76, p. 51-62, 2019.

BRAGUINI, Wellington Luciano. **Efeitos da deltametrina e do glifosato, sobre parâmetros do metabolismo energético mitocondrial, sobre membranas artificiais e naturais e experimentos in vivo**. 2005 Tese (Doutorado em Ciências-Bioquímica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BRASIL. **Manual de Análise Sanitária de Sementes**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: MAPA. 200p. 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: Secretaria de Defesa Agropecuária, 2009. 399 p.

BRASIL. **Registro Nacional De Cultivares – RNC**. Brasília: Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, 2023. Disponível em: https://sistemas.agricultura.gov.br/snpc/cultivarweb/cultivares_registradas.php. Acesso em: 29 dez. 2022.

BRENNAN, C. S.; HARRIS, N.; SMITH, D.; SHEWRY, P. R. Structural differences in the mature endosperms of good and poor malting barley cultivars. **Journal of Cereal Science**, v. 24, p.171-177.1996.

BRZEZINSKI, C. R.; HENNING, A. A.; ABATI, J.; HENNING, F. A.; FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; ZUCARELI, C. Seeds treatment times in the establishment and yield performance of soybean crops. **Journal of Seed Science**, v. 37, p. 147-153, 2015.

BUCHENAUER, H.; KUTZNER, B.; KOHTS, T. Effect of various triazole fungicides on growth of cereal seedlings and tomato plants as well as on gibberellin contents and lipid metabolism in barley seedlings. **Journal of Plant Diseases and Plant Protection**. 1984, 91, 506–524.

- BUTSAYAWARAPAT, P.; JUNTAWONG, P.; KHAMSUK, O.; SOMTA, P. Comparative transcriptome analysis of waterlogging-sensitive and tolerant zombi pea (*Vigna Vexillata*) reveals energy conservation and root plasticity controlling waterlogging tolerance. **Plants**, v. 8, n. 8, p. 264, 2019.
- CAIERÃO, E. Cevada: história e evolução. In: BARBIERI, R. L.; STUMPF, E. R. T. (Ed.). **Origem e evolução de plantas cultivadas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008.
- CARNEIRO, Henrique. **Comida e sociedade, uma história da alimentação**. 7 ed. São Paulo, Editora Campus, 2003.
- CARVALHO, N. M.; NAKAGAWA, J. **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. Jaboticabal: Funep, 5. Ed., 2012, 590 p.
- CARVALHO, L. S. O.; LIRA, J. M. S.; RODRIGUES, A. C.; LARA, T. S.; PACHECO, F. V.; ALVARENGA, A. A. D. Resistance mechanisms of *Peltophorum dubium* (Sprengel) taubert submitted to flood conditions. **Floresta e Ambiente**, v. 23, p. 582-588, 2016.
- CASTRO, P.R.C.; PEREIRA, M.A. Bioativadores na agricultura. In: GAZZONI, D.L. (Coord.). **Tiametoxam: uma revolução na agricultura brasileira**. Petrópolis, RJ; Ed. Vozes, p.115-122. 2008
- CAVARIANI, C.; VELINI, E. D.; BICUDO, S. J.; NAKAGAWA, J. Avaliação dos efeitos de doses de triadimenol e de tebuconazole sobre o crescimento do mesocótilo em plântulas de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p. 1035-1039, 1994.
- CHEN, T.; YUAN, F.; SONG, J.; WANG, B. Nitric oxide participates in waterlogging tolerance through enhanced adventitious root formation in the euhalophyte *Suaeda salsa*. **Functional Plant Biology**, v. 43, n. 3, p. 244-253, 2016.
- CHOUDHURY, F. K.; RIVERO, R. M.; BLUMWALD, E.; MITTLER, R. Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. **The Plant Journal**, v. 90, n. 5, p. 856-867, 2017.
- CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2022/2023 - Quarto Levantamento**. Brasília: Conab. v. 9, n. 4, 2023. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos> Acesso em: 14 janeiro 2023.
- COSSANI, C. M.; SLAFER, G. A.; SAVIN, R. Yield and biomass in wheat and barley under a range of conditions in a Mediterranean site. **Field Crops Research**, v. 112, n. 2-3, p. 205-213, 2009.
- COSTAMILAN, L.; HENNING, A.; ALMEIDA, A.; GODOY, C.; SEIXAS, C.; DIAS, W. La Niña e os possíveis efeitos sobre a ocorrência de doenças de soja na safra 2010/2011. **Londrina: Embrapa**, 2012.
- DAN, L. G. M.; DAN, H. A.; PICCINI, G. G.; RICCI, T. T.; ORTIZ, A. H. T. Tratamento de sementes com inseticida e a qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 25, n. 1, p. 45-51, 2012.

- DA-SILVA, C. J.; DO AMARANTE, L. Short-term nitrate supply decreases fermentation and oxidative stress caused by waterlogging in soybean plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 176, p. 104078, 2020.
- DA-SILVA, C. J.; SHIMOIA, E. P.; POSSO, D. A.; CARDOSO, A. A.; BATZ, T. A.; OLIVEIRA, A. C. B.; DO AMARANTE, L. Nitrate nutrition increases foliar levels of nitric oxide and waterlogging tolerance in soybean. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 43, n. 8, p. 1-12, 2021.
- DEMIREVSKA-KEPOVA, K.; HOLZER, R.; SIMOVA-STOILOVA, L.; FELLER, U. Heat stress effects on ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, Rubisco binding protein and Rubisco activase in wheat leaves. **Biologia Plantarum**, v. 49, n. 4, p. 521-525, 2005.
- DE MORI, C.; MINELLA, E. Aspectos econômicos e conjunturais da cultura da cevada. **Embrapa Trigo-Documentos** (INFOTECA-E), 2012.
- DE SAN CELEDONIO, R. P.; ABELEDO, L. G.; MIRALLES, D. J. Identifying the critical period for waterlogging on yield and its components in wheat and barley. **Plant and Soil**, v. 378, n. 1, p. 265-277, 2014.
- DELGADO, E. H. B. **Disfunção respiratória mitocondrial e estresse oxidativo após exposição crônica ao malathion**. 2006. 55 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2006.
- DIETZ, K.J. Thiol-based peroxidases and ascorbate peroxidases: why plants rely on multiple peroxidase systems in the photosynthesizing chloroplast? **Molecules and cells**, v. 39, n. 1, p. 20, 2016.
- DJANAGUIRAMAN, M.; NARAYANAN, S.; ERDAYANI, E.; PRASAD, P. V. Effects of high temperature stress during anthesis and grain filling periods on photosynthesis, lipids and grain yield in wheat. **BMC Plant Biology**, v. 20, n. 1, p. 1-12, 2020.
- DORNELES, K. D. R.; BRUNETTO, A. E.; ALVES, A.; DALLAGNOL, L. J. Qual o efeito do tratamento na semente contra infecção de *Bipolaris sorokiniana* na fase vegetativa da cevada? **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 19, n. 3, p. 373-380, 2020.
- DOS ANJOS, W. I.; RUTHES, E.; GALLO, P.; MICHELI, A., do NASCIMENTO; E. B.; LAU, D. Manejo de afídeos vetores de viroses na cultura do trigo na região dos Campos Gerais. **Embrapa Trigo - Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 12., 2018, Passo Fundo. p. 247-251., 2019.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro nacional de pesquisa de solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3 ed. Brasília. 353p. 2013.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. Ed 3. p.577, 2017.
- FAROOQ, M.; BRAMLEY, H.; PALTA, J. A.; SIDDIQUE, K. H. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v.30, n.6, p.491-507, 2011.

- FERRARI, J. T.; POSSAMAI, E. Incidência de *Bipolaris sorokiniana* nas sementes e transmissão para plantas de cevada. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 38, n. 3, p. 320-329, 2015.
- FERREIRA, T. F.; OLIVEIRA, J. A.; CARVALHO, R. A. D.; RESENDE, L. S.; LOPES, C. G. M.; FERREIRA, V. D. F. Quality of soybean seeds treated with fungicides and insecticides before and after storage. **Journal of Seed Science**, v. 38, p. 278-286, 2016.
- FJELLHEIM, S.; BODEN, S.; TREVASKIS, B. The role of seasonal flowering responses in adaptation of grasses to temperate climates. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 431, 2014.
- FORMAN, H. J.; MAIORINO, M.; URSINI, F. Signaling functions of reactive oxygen species. **Biochemistry**, v.49, p.835-842, 2010.
- FÖRSTER, H.; BUCHENAUER, H.; GROSSMANN, F. Nebenwirkungen der systemischen Fungizide Triadimefon und Triadimenol auf Gersten-pflanzen. I. Beeinflussung von Wachstum und Ertrag. **Zeitschrift fuer Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz**. 1980, 87, 473–492.
- FOYER, C. H.; NOCTOR, G. Redox homeostasis and antioxidant signaling: a metabolic interface between stress perception and physiological responses. **The Plant Cell**, v. 17, n. 7, p. 1866-1875, 2005.
- GARCIA JÚNIOR, D.; VECHIATO, M. H.; MENTEN, J. O. M.. Efeito de fungicidas no controle de *Fusarium graminearum*, germinação, emergência e altura de plântulas em sementes de trigo. **Summa Phytopathologica**, v. 34, p. 280-283, 2008.
- GASPAR, T.; FRANCK, T.; BISBIS, B.; KEVERS, C.; JOUVE, L.; HAUSMAN, J. F.; DOMMES, J. Concepts in plant stress physiology. Application to plant tissue cultures. **Plant growth regulation**, v. 37, n. 3, p. 263-285, 2002.
- GILLIHAM, M.; ABLE, J. A.; ROY, S. J. Translating knowledge about abiotic stress tolerance to breeding programmes. **The Plant Journal**, v. 90, n. 5, p. 898-917, 2017.
- GILL, S. S.; TUTEJA, N. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.48, p.909-930. 2010.
- GILL, M. B.; ZENG, F.; SHABALA, L.; ZHANG, G.; YU, M.; DEMIDCHIK, V.; ZHOU, M. Identification of QTL related to ROS formation under hypoxia and their association with waterlogging and salt tolerance in barley. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 3, p. 699, 2019.
- GILROY, S.; BIALASEK, M.; SUZUKI, N.; GORECKA, M.; DEVIREDDY, A.; KARPINSKI, S.; MITTLER, R. ROS, calcium, and electric signals: key mediators of rapid systemic signaling in plants. **Plant physiology**, v. 171, n. 3, p. 1606-1615, 2016.
- GONÇALVES, J. F. D. C.; MELO, E. G. D. F.; FERREIRA, M. J.; SILVA, C. E. M. D.; GOMES, I. B. Crescimento, partição de biomassa e fotossíntese em plantas jovens de *Genipa spruceana* submetidas ao alagamento. **Cerne**, v. 19, p. 193-200, 2013.

- GODOY, C.V. Manejo de doenças na cultura da soja. **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: WORKSHOP CTC AGRICULTURA, 16, 2017, Rio Verde. 2017.
- GÖRTZ, A.; OERKE, E. C.; PUHL, T.; STEINER, U. Effect of environmental conditions on plant growth regulator activity of fungicidal seed treatments of barley. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 82, n. 1, p. 60-68, 2012.
- GOULART, A. C. P. Influência da cultura antecessora e do tratamento de sementes com fungicidas na incidência e controle do tombamento de plântulas de algodoeiro causado por *Rhizoctonia solani*, sob condições de casa de vegetação. **Summa Phytopathologica**, v. 47, p. 157-161, 2021.
- GRZYBOWSKI, C. R. S.; OHLSON, O. C.; SILVA, R. C.; PANOBIANCO, M. Viability of barley seeds by the tetrazolium test. **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 47-54, 2012.
- HALLIWELL, Barry. Reactive species and antioxidants. Redox biology is a fundamental theme of aerobic life. **Plant physiology**, v. 141, n. 2, p. 312-322, 2006.
- HAMEED, A.; GOHER, M.; IQBAL, N.. Heat stress-induced cell death, changes in antioxidants, lipid peroxidation, and protease activity in wheat leaves. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 31, n. 3, p. 283-291, 2012.
- HAMAR, É.; SZAKER, H. M.; KIS, A.; DALMADI, Á.; MILORO, F.; SZITTYA, G.; TALLER, J.; GYULA, P.; CSORBA, T.; HAVELDA, Z. Genome-wide identification of RNA silencing-related genes and their expressional analysis in response to heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Biomolecules**, v. 10, n. 6, p. 929, 2020.
- HASANUZZAMAN, M.; NAHAR, K.; ALAM, M. M.; ROYCHOWDHURY, R.; FUJITA, M. Physiological, biochemical, and molecular mechanisms of heat stress tolerance in plants. **International journal of molecular sciences**, v. 14, n. 5, p. 9643-9684, 2013.
- HAVAUX, M.; TARDY, F. Loss of chlorophyll with limited reduction of photosynthesis as an adaptive response of Syrian barley landraces to high-light and heat stress. **Functional Plant Biology**, v. 26, n. 6, p. 569-578, 1999.
- HERNÁNDEZ, F.; POVERENE, M.; PRESOTTO, A. Heat stress effects on reproductive traits in cultivated and wild sunflower (*Helianthus annuus* L.): evidence for local adaptation within the wild germplasm. **Euphytica**, v. 214, n. 8, p. 1-15, 2018.
- HORSLEY, R. D.; HOCHHALTER, M. Barley: Agronomy. **Encyclopedia of Food Grains**, Second Edition. USA, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00232-1>>. Acesso em: 25 jan 2023
- HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Chemistry and Technology**. 2ed. Minnesota: American Association of Cereal chemists, 1994.
- HOSSAIN, M. A.; FUJITA, M. Hydrogen peroxide priming stimulates drought tolerance in mustard (*Brassica juncea* L.) seedlings. **Plant Gene and Trait**, v. 4, n. 1, 2013.
- HOUGH, J.S. **Biología de la cerveza y la malta**. Zaragoza: Acribia, 1990.

HUIJSER, P.; SCHMID, M. The control of developmental phase transitions in plants. **Development**, v. 138, n. 19, p. 4117-4129, 2011.

HUSSAIN, S.; KHAN, F.; HUSSAIN, H. A.; NIE, L. Physiological and biochemical mechanisms of seed priming-induced chilling tolerance in rice cultivars. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 116, 2016.

HUSSAIN, H. A.; HUSSAIN, S.; KHALIQ, A.; ASHRAF, U.; ANJUM, S. A.; MEN, S.; WANG, L. Chilling and drought stresses in crop plants: implications, cross talk, and potential management opportunities. **Frontiers in plant science**, v. 9, p. 393, 2018.

HUSSAIN, H. A.; MEN, S.; HUSSAIN, S.; CHEN, Y.; ALI, S.; ZHANG, S.; LI, Y.; XU, Q.; CHANQING, L.; WANG, L. Interactive effects of drought and heat stresses on morpho-physiological attributes, yield, nutrient uptake and oxidative status in maize hybrids. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019.

JAQUES, Lanes Beatriz Acosta. **Produtividade e qualidade fisiológica de sementes de cevada em função da adubação nitrogenada**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2018.

KAZAN, K. Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance. **Trends in plant science**, v. 20, n. 4, p. 219-229, 2015.

KELEŞ, Y.; ÖNCEL, I. Response of antioxidative defence system to temperature and water stress combinations in wheat seedlings. **Plant Science**, v. 163, n. 4, p. 783-790, 2002.

KHAN T.A., YUSUF M., AHMAD A., BASHIR Z., SAEED T., FARIDUDDIN Q., HAYAT S., MOCK H.-P., WU T. Proteomic and physiological assessment of stress sensitive and tolerant variety of tomato treated with brassinosteroids and hydrogen peroxide under low-temperature stress. **Food Chem.** p. 500–511, 2019.

KHAN, M. I. R.; TRIVELLINI, A.; CHHILLAR, H.; CHOPRA, P.; FERRANTE, A.; KHAN, N. A.; ISMAIL, A. M. The significance and functions of ethylene in flooding stress tolerance in plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 179, p. 104188, 2020.

KARPINSKA B.; ZHANG K.; RASOOL B.; PASTOK D.; MORRIS J.; VERRALL S.R.; HEDLEY P.E.; HANCOCK R.D.; FOYER C.H. The redox state of the apoplast influences the acclimation of photosynthesis and leaf metabolism to changing irradiance. **Plant Cell Environ.** v. 41, n. 5, p. 1083-1097, 2018.

KENT, N. L. **Tecnología de los cereales**. Editorial Acribia. Zaragoza, p. 79, 1987.

KIBBLER, H.; BAHNISCH, L.M. Physiological adaptations of *Hymenachne amplexicaulis* to flooding. **Australian Journal of Agricultural Research**. v.39, n.4, p.429-435, 1999.

KOCH, Felipe. **Respostas ecofisiológicas, enzimáticas e de produtividade de plantas de trigo provenientes de sementes com diferentes níveis de vigor e expostas a restrição hídrica**. 2019. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2019.

KOMATSU, S.; SHIRASAKA, N.; SAKATA, K. 'Omics' techniques for identifying flooding–response mechanisms in soybean. **Journal of proteomics**, v. 93, p. 169-178, 2013.

KOMATSU, S.; KAMAL, A. H.M.; HOSSAIN, Z. Wheat proteomics: proteome modulation and abiotic stress acclimation. **Frontiers in plant science**, v. 5, p. 684, 2014.

KRUKLIS, Karen Leimann. **Cevada: importância da utilização na alimentação humana e a aplicabilidade na gastronomia**. 2019. Monografia (Especialização em Gastronomia Aplicada à Nutrição) - Departamento de Ciências da Vida, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2019.

LACERDA, M. P.; UMBURANAS, R. C.; MARTINS, K. V.; RODRIGUES, M. A. T.; REICHARDT, K.; DOURADO-NETO, D. Vigor and oxidation reactions in soybean seedlings submitted to different seed chemical treatments. **Journal of Seed Science**, v. 43, 2021.

LAING, D. R., FISCHER, R.A. Response of wheat under sub-umid irrigated conditions to atmospheric misting during grain filling. **Agricultural Meteorology**, Amsterdam, v. 15, p. 285-293, 1975.

LAL S.K., KUMAR S.; SHERI V.; MEHTA S.; VARAKUMAR P.; RAM B.; BORPHUKAN B.; JAMES D.; FARTYAL D.; REDDY M.K. Seed Priming: An Emerging Technology to Impart Abiotic Stress Tolerance in Crop Plants. In: **Advances in Seed Priming**. Springer; Singapore. p. 41–50, 2018.

LARCHER, W. Stress bei Pflanzen. **Naturwissenschaften**, v. 74, n. 4, p. 158–167, 1987.

LARCHER, W. **Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups**. Springer, 2003.

LAUXEN, L. R.; VILLELA, F. A.; SOARES, R. C. Desempenho fisiológico de sementes de algodoeiro tratadas com tiametoxam. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, p. 61-68, 2010.

MANFRON, P. A.; LAZZAROTTO, C.; MEDEIROS, S. L. P. TRIGO-Aspectos agrometeorológicos. **Ciência Rural**, v. 23, p. 233-239, 1993.

LEMES, E.; ALMEIDA, A.; JAUER, A.; MATTOS, F.; & TUNES, L. Tratamento de sementes industrial: potencial de armazenamento de sementes de soja tratadas com diferentes produtos. **Colloquium Agrariae**. n. 3, v. 15, p. 94-103, 2019.

LI, X.; JIN, Z.; GAO, F.; LU, J.; CAI, G.; DONG, J.; YU, J.; YANG, M. Comparative proteomic analysis of Dan'er malts produced from distinct malting processes by two-dimensional fluorescence difference in gel electrophoresis (2D-DIGE). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, n. 38, p. 9310-9316, 2014.

LI, X.; REHMAN, S.; YAMAGUCHI, H.; HITACHI, K.; TSUCHIDA, K.; YAMAGUCHI, T.; SUNOHARA Y.; MATSUMOTO H.; KOMATSU, S. Proteomic analysis of the effect of plant-derived smoke on soybean during recovery from flooding stress. **Journal of proteomics**, v. 181, p. 238-248, 2018.

LICHTENTHALER, H. K. Vegetation Stress: an Introduction to the Stress Concept in Plants. **Journal of Plant Physiology**, v. 148, n. 1–2, p. 4–14, 1996.

LICHTENTHALER, H. K.; BUSCHMANN, C. Chlorophylls and carotenoids: Measurement and characterization by UV-VIS spectroscopy. **Current protocols in food analytical chemistry**, v. 1, n. 1, p. 431-438, 2001.

LIMAMI, A. M.; DIAB, H.; LOTHIER, J. Nitrogen metabolism in plants under low oxygen stress. **Planta**, v. 239, n. 3, p. 531-541, 2014.

LIU, B.; LIU, L.; TIAN, L.; CAO, W.; ZHU, Y.; ASSENG, S. Post-heading heat stress and yield impact in winter wheat of China. **Global change biology**, v. 20, n. 2, p. 372-381, 2014.

LIZARAZO, Diana Ximena Correa. **Parâmetros físico-químicos, germinativos e microestruturais de qualidade em cultivares brasileiros de cevada cervejeira**. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

LUAN, H.; SHEN, H.; PAN, Y.; GUO, B.; LV, C.; XU, R. Elucidating the hypoxic stress response in barley (*Hordeum vulgare* L.) during waterlogging: A proteomics approach. **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-13, 2018.

LUDWIG, M. P.; LUCCA FILHO, O. A.; BAUDET, L.; DUTRA, L. M. C.; AVELAR, S. A. G.; CRIZEL, R. L. Qualidade de sementes de soja armazenadas após recobrimento com aminoácido, polímero, fungicida e inseticida. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 33, p. 395-406, 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p.176-77, 1962.

MALVICK, D. **Soybean seed and seedling disease**. Minneapolis: University of Minnesota, 2017. Disponível em: <https://extension.umn.edu/pest-management/soybean-seed-and-seedling-diseases> Acesso em: 13 jan. 2021.

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

MASSON, G., COLMAN, B., FUENTES, LF, SCHWERZ, F., & TRINDADE, R. Eficácia da aplicação de inseticidas no tratamento de sementes de soja e seus efeitos no desenvolvimento inicial da cultura. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

MATOS, A. C. B. **Análise fisiológica e molecular da germinação de sementes de brauna (*Melanoxylon brauna* Schott) sob estresses hídrico e salino**. 2017. Tese de doutorado - Pós-Graduação em Ciência Florestal - Universidade Federal de Viçosa.

MENTEN, J. O. M.; MORAES, M. H. D. Tratamento de sementes: histórico, tipos, características e benefícios. **Informativo Abrates**. Londrina, 2010.

MINELLA, E. (Ed.). **Indicações técnicas da cultura da cevada cervejeira nas safras 2019 e 2020**. Embrapa Trigo: Passo Fundo, 106p. 2015.

MIRALLES, D. J.; SLAFER, G. A. Sink limitations to yield in wheat: how could it be reduced? **Journal of Agricultural Science**, v. 145, n. 2, p. 139-149, 2007.

MIRALLES, D. J.; ARISNABARRETA, S.; ALZUETA, I. Desarrollo ontogênico y generación del rendimiento. In: MIRALLES, D. J.; BENECH-ARNOLD, R. L.; ABELEDO, G. **Cebada cervecera**. Buenos Aires, 2011.

MONTEIRO J.G.; CRUZ F.J.R.; NARDIN M.B.; SANTOS D.M.M. Crescimento e conteúdo de prolina em plântulas de guandu submetidas a estresse osmótico e à putrescina exógena. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. n. 49, p. 18-25, 2014.

MONTEIRO, M. A. **Desempenho agrônômico e fisiológico de plantas e sementes de milho sob influência do alagamento temporário do solo**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2016.

MONTFORT, F.; KLEPPER, B. L.; SMILEY, R. W. Effects of two triazole seed treatments, triticonazole and triadimenol, on growth and development of wheat. **Pesticide science**, v. 46, n. 4, p. 315-322, 1996.

MOSA, K.A.; ISMAIL, A.; HELMY, M. **Plant stress tolerance: an integrated omics approach**. Cham, Switzerland: Springer, 2017.

MOSTOFA, M. G.; FUJITA, M. Salicylic acid alleviates copper toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings by up-regulating antioxidative and glyoxalase systems. **Ecotoxicology**, v. 22, n. 6, p. 959-973, 2013.

MULLEN, C. A.; BOATENG, A. A.; HICKS, K. B.; GOLDBERG, N. M.; MOREAU, R. A. Analysis and comparison of bio-oil produced by fast pyrolysis from three barley biomass/byproduct streams. **Energy & fuels**, v. 24, n. 1, p. 699-706, 2010.

NAHAR, K.; HASANUZZAMAN, M.; ALAM, M. M.; FUJITA, M. Exogenous glutathione confers high temperature stress tolerance in mung bean (*Vigna radiata* L.) by modulating antioxidant defense and methylglyoxal detoxification system. **Environmental and Experimental Botany**, v. 112, p. 44-54, 2015.

NARWAL, S., KUMAR, D., KHARUB, A. S. E VERMA, R. P. S. Biofortificação da cevada: status atual e perspectivas futuras. In: **Biofortificação de Grãos de Trigo e Cevada**. Publicação Woodhead, p. 275-294, 2020.

NAWAZ, T.; HAMEED, M.; ASHRAF, M.; AHMAD, M. S. A.; BATOOL, R.; FATIMA, S. Anatomical and physiological adaptations in aquatic ecotypes of *Cyperus alopecuroides* Rottb. under saline and waterlogged conditions. **Aquatic Botany**. v. 116, p. 60-68, 2014.

NEWTON, A. C.; FLAVELL, A. J.; GEORGE, T. S.; LEAT, P.; MULLHOLLAND, B.; RAMSAY, L.; BINGHAM, I. J. Crops that feed the world 4. Barley: a resilient crop? Strengths and weaknesses in the context of food security. **Food security**, v. 3, n. 2, p. 141-178, 2011.

NIEVES-CORDONES, M.; RÓDENAS, R.; LARA, A.; MARTÍNEZ, V.; RUBIO, F. The combination of K⁺ deficiency with other environmental stresses: what is the outcome? **Physiologia plantarum**, v. 165, n. 2, p. 264-276, 2019.

- NILAN, R.A; ULLRICH, S.E. Barley: Taxonomy, Origin, Distribution, Production, Genetics and Breeding. In: MACGREGOR, A.W.; BHATTY, R.S. **Barley: Chemistry and Technology**. St. Paul, Minnesota: American Association of Cereal Chemists, Inc. 1993. p. 1-29.
- NUNES, R. T. C.; UBIRATAN, O. S.; OTONIEL, M. M.; CAÍQUE, M. S. L. Análise de imagens na avaliação da qualidade fisiológica de sementes. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 9, n. 5, p. 12, 2014.
- OLIVEIRA, A. K. M. D.; GUALTIERI, S. C. J. Trocas gasosas e grau de tolerância ao estresse hídrico induzido em plantas jovens de *Tabebuia aurea* (Paratudo) submetidas a alagamento. **Ciência Florestal**, v. 27, p. 181-191, 2017.
- OLIVEIRA, F. K. D.; DA-SILVA, C. J.; GARCIA, N.; AGUALONGO, D. A. P.; DE OLIVEIRA, A. C. B. ; KANAMORI, N.; TAKASAKI, H.; URANO, K.; SHINOZAKI, K.; NAKASHIMA, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K.; NEPOMUCENO, A. L; HENNING, L. M. M.; DO AMARANTE, L.. The overexpression of NCED results in waterlogging sensitivity in soybean. **Plant Stress**, v. 3, p. 100047-12, 2022.
- PALMER, G.H. Malt performance is more related to inhomogeneity of protein and – glucan breakdown than to Standard Malt Analyses. **Journal of The Institute of Brewing**, v. 106. p. 189-192. 2000.
- PAN, R.; HE, D.; XU, L.; ZHOU, M.; LI, C.; WU, C.; ZHANG, W. Proteomic analysis reveals response of differential wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to oxygen deficiency stress. **BMC genomics**, v. 20, n. 1, p. 1-13, 2019.
- PEGORIN, P. **Memória fisiológica a partir do estresse hídrico em Sorghum bicolor (L.) Moench com expressão da aquaporina PIP2**; 5. 2022. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Universidade Estadual Paulista.
- PESKE, S.T.; VILLELA, F.A.; MENEGUELLO, G.E. **Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos**, 3 ed, 2012. 573p.
- PIMENTEL, A. J. B.; ROCHA, J. R. D. A. S. D. C.; SOUZA, M. A. D.; RIBEIRO, G.; SILVA, C. R.; OLIVEIRA, I. C. M. Characterization of heat tolerance in wheat cultivars and effects on production components1. **Revista Ceres**, v. 62, p. 191-198, 2015.
- PHUKAN, U. J.; MISHRA, S.; SHUKLA, R. K. Waterlogging and submergence stress: affects and acclimation. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 36, n. 5, p. 956-966, 2016.
- PRAZERES, C. S.; COELHO, C. M. M.; SOUZA, C. A. Biochemical compounds and enzymatic systems related to tolerance to water deficit of maize seedlings. **Plant Physiology Reports**, v. 26, n. 3, p. 402-411, 2021.
- PUCCIARIELLO, C; PERATA, P. The oxidative paradox in low oxygen stress in plants. **Antioxidants**, v. 10, n. 2, p. 332, 2021.
- PUYANG, X.; AN, M.; XU, L.; HAN, L.; ZHANG, X. Antioxidant responses to waterlogging stress and subsequent recovery in two Kentucky bluegrass (*Poa pratensis* L.) cultivars. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 37, n. 10, p. 197, 2015.

- QU, Y.; SAKODA, K.; FUKAYAMA, H.; KONDO, E.; SUZUKI, Y.; MAKINO, A.; TERASHIMA, I.; YAMORI, W. Overexpression of both Rubisco and Rubisco activase rescues rice photosynthesis and biomass under heat stress. **Plant, Cell & Environment**, v. 44, n. 7, p. 2308-2320, 2021.
- RAMÍREZ, H.; CALDERÓN, A.; ROCCA, W. Técnicas moleculares para evaluar y mejorar el germoplasma vegetal. In: **Cultivo de Tejidos en la Agricultura: Fundamentos y aplicaciones**. CIAT, p. 825-856, 1991.
- RAMPIM, L.; RODRIGUES-COSTA, A. C. P.; NACKE, H., KLEIN, J.; GUIMARÃES, V. F. Qualidade fisiológica de sementes de três cultivares de trigo submetidas à inoculação e diferentes tratamentos. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, p. 678-685, 2012.
- RANE, J.; SINGH, A. K.; KUMAR, M.; BORAI AH, K. M.; MEENA, K. K.; PRADHAN, A.; PRASAD, P. V. The adaptation and tolerance of major cereals and legumes to important abiotic stresses. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 23, p. 12970, 2021.
- RENGANG, Z.; ZHIHE, F.; XIAOZHI, L.; ZHANWU, W.; WEI, H. The effect of heat acclimation on membrane thermos tability and relative enzyme activity. **Zuo wu xue bao**, v. 21, n. 5, p. 567-572, 1995.
- REUSS, R.; CASSELLS, J.A.; GREEN, J.R. Malting barley: storage, dormancy and processing quality. In: **Australian Postharvest Technical Conference**. Proceedings. Camberra: Stored Grain Research Laboratory; p.44-48, 2003.
- RIBEIRO, G.; PIMENTEL, A. J. B.; SOUZA, M. A.; ROCHA, J. R. A. S. C.; FONSECA, W. B. Estresse por altas temperaturas em trigo: impacto no desenvolvimento e mecanismos de tolerância. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.18, n.2, p.133-142, 2012.
- RICHTER, K.; HASLBECK, M.; BUCHNER, J. The heat shock response: life on the verge of death. **Molecular cell**, v. 40, n. 2, p. 253-266, 2010.
- RODRÍGUEZ-SERRANO, M., ROMERO-PUERTAS, M. C.; SANZ-FERNÁNDEZ, M.; HU, J.; SANDALIO, L. M. Peroxisomes extend peroxules in a fast response to stress via a reactive oxygen species-mediated induction of the peroxin PEX11a. **Plant Physiology**, v. 171, n. 3, p. 1665-1674, 2016.
- ROLLINS, J. A.; HABTE, E.; TEMPLER, S. E.; COLBY, T.; SCHMIDT, J.; VON KORFF, M. Leaf proteome alterations in the context of physiological and morphological responses to drought and heat stress in barley (*Hordeum vulgare* L.). **Journal of experimental botany**, v. 64, n. 11, p. 3201-3212, 2013.
- SADURA, I.; JANECZKO, A. Brassinosteroids and the tolerance of cereals to low and high temperature stress: Photosynthesis and the physicochemical properties of cell membranes. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 1, p. 342, 2021.
- SALVATIERRA, A.; TORO, G.; MATELUNA, P.; OPAZO, I.; ORTIZ, M.; PIMENTEL, P. Keep calm and survive: Adaptation strategies to energy crisis in fruit trees under root hypoxia. **Plants**, v. 9, n. 9, p. 1108, 2020.

- SANTOS, S. F.; CARVALHO, S. F.; ROCHA, D. K.; NASCIMENTO, R. M. Composition and volumes of slurry in soybean seeds treatment in the industry and physiological quality during storage. **Journal of Seed Science**, v. 40, p. 67-74, 2018.
- SARTORI, F. F.; PIMPINATO, R. F.; TORNISIELO, V. L.; ENGROFF, T. D.; JACCOUD-FILHO, D. D. S.; MENTEN, J. O. M.; DORRANCE A. E.; DOURADO-NETO. Soybean seed treatment: how do fungicides translocate in plants? **Pest Management Science**, p. 1-5, 2020.
- SASIDHARAN R.; SCHIPPERS J. H.; SCHMIDT R.R. Redox and low-oxygen stress: signal integration and interplay. **Plant physiology**, v. 186, n. 1, p. 66-78, 2021.
- SAVIN, R.; NICOLAS, M. E. Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, n. 3, p. 357-364, 1999.
- SEGALIN, S. R. **Análise de crescimento e partição de assimilados em plantas de trigo submetidas a períodos de alagamento e qualidade fisiológica de sementes**. 2015. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes, Universidade Federal de Pelotas.
- SEMENOV, M. A.; HALFORD, N. G. Identifying target traits and molecular mechanisms for wheat breeding under a changing climate. **Journal of experimental botany**, v. 60, n. 10, p. 2791-2804, 2009.
- SETTER, T. L.; BURGESS, P.; WATERS, I.; KUO, J. Genetic diversity of barley and wheat for waterlogging tolerance in Western Australia. In: **Proceedings of the 9th Australian Barley Technical Symposium**. Melbourne: Australian Barley Technical Symposium Inc, p. 1-7, 1999.
- SHABALA, S. Physiological and cellular aspects of phytotoxicity tolerance in plants: the role of membrane transporters and implications for crop breeding for waterlogging tolerance. **New Phytologist**, v. 190, n. 2, p. 289-298, 2011.
- SHARMA, K. K.; SINGH, U. S.; SHARMA, P.; KUMAR, A.; SHARMA, L. Seed treatments for sustainable agriculture-A review. **Journal of Applied and Natural Science**, v. 7, n. 1, p. 521-539, 2015.
- SCHMITT, M.R.; SKADSEN, R.W.; BUDDE, A.D. Protein mobilization and maltingspecific proteinase expression during barley germination. **Journal of Cereal Science**, v. 58, n. 2, p. 324-332, 2013.
- SILVA, Airam Fernandes da. **Qualidade fisiológica de sementes de cevada influenciadas pela época de colheita**. 2007. (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2007.
- SILVA, A. R. D. **A cultura do trigo irrigada nos cerrados do Brasil Central**. Brasília: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, 1976. 70 p. Circular Técnica.
- SILVA, Clarissa Santos de. **Vigor de sementes de soja e desempenho da cultura**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2010.

DE SOUSA, J.; DE LACERDA FILHO, S. A. F.; RUFFATO, S.; BERBERT. **Secagem e armazenamento de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa, MG: 2008.

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

SIMOVA-STOILOVA, L.; DEMIREVSKA, K.; KINGSTON-SMITH, A.; FELLER, U. Involvement of the leaf antioxidant system in the response to soil flooding in two *Trifolium* genotypes differing in their tolerance to waterlogging. **Plant science**, v. 183, p. 43-49, 2012.

SINGH A, MEHTA S, YADAV S, NAGAR G, GHOSH R, ROY A, CHAKRABORTY A, SINGH IK. How to Cope with the Challenges of Environmental Stresses in the Era of Global Climate Change: An Update on ROS Stave off in Plants. **International Journal of Molecular Sciences**. v. 23, n. 4, p. 1995, 2022.

SOARES, A. M. S.; MACHADO, O. L. T. Defesa de plantas: sinalização química e espécies reativas de oxigênio. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, Chapadinha, v. 1, n. 1, p. 9-19, 2007.

SOUSA, P. H. M. D.; SOUZA NETO, M. A. D.; MAIA, G. A.. **Componentes funcionais nos alimentos à base da cevada**. São Paulo. Ática, 2012.

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

SOUZA, M.A.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético e tolerância ao estresse de calor em populações híbridas e em cultivares de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.1245-1253, 2001.

STANCA, A. M.; GIANINETTI, A.; RIZZA, F.; TERZI, V. Barley: an overview of a versatile cereal grain with many food and feed uses. In: WRIGLEY, C. et al. (Eds). **Encyclopedia of Food Grains**, 2nd ed.; p. 147-152, 2016.

SUZUKI, N.; RIVERO, R. M.; SHULAEV, V.; BLUMWALD, E.; MITTLER, R. Abiotic and biotic stress combinations. **New Phytologist**, v. 203, n. 1, p. 32-43, 2014.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER; I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. Artmed Editora, 2017.

TAYLOR, A. G.; HARMAN, G. E. Concepts and technologies of selected seed treatments. **Annual review of phytopathology**, v. 28, n. 1, p. 321-339, 1990.

THAO, N. P.; KHAN, M. I. R.; THU, N. B. A.; HOANG, X. L. T.; ASGHER, M.; KHAN, N. A.; TRAN, L. S. P. Role of ethylene and its cross talk with other signaling molecules in plant responses to heavy metal stress. **Plant Physiology**, v. 169, n. 1, p. 73-84, 2015.

ULLAH, N.; ABABAEI, B.; CHENU, K. Increasing Heat Tolerance in Wheat to Counteract Recent and Projected Increases in Heat Stress. **Multidisciplinary Digital Publishing Institute Proceedings**, v. 36, n. 1, p. 132, 2020.

USDA. **World Agricultural Production**. United States Department of Agriculture. 2023. Disponível em: <https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>. Acesso em: 4 jan 2023

VACHA, F.; ADAMEC, F.; VALENTA, J.; VACHA, M. Spatial location of photosystem pigment–protein complexes in thylakoid membranes of chloroplasts of *Pisum sativum* studied by chlorophyll fluorescence. **Journal of luminescence**, v. 122, p. 301-303, 2007.

VALLIYODAN, B.; YE, H.; SONG, L.; MURPHY, M.; SHANNON, J. G.; NGUYEN, H. T. Genetic diversity and genomic strategies for improving drought and waterlogging tolerance in soybeans. **Journal of experimental botany**, v. 68, n. 8, p. 1835-1849, 2017.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M.; FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: an overview. **Environmental and experimental botany**, v. 61, n. 3, p. 199-223, 2007.

WANG, W.; VINOGRAD, B.; ALTMAN, A. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. **Planta**, v. 218, n. 1, p. 1-14, 2003.

WANG, K.; JIANG, Y. Waterlogging tolerance of Kentucky bluegrass cultivars. **HortScience**, v. 42, n. 2, p. 386-390, 2007.

WANG, F.; WANG, G.; LI, X.; HUANG, J.; ZHENG, J. Heredity, physiology and mapping of a chlorophyll content gene of rice (*Oryza sativa* L.). **Journal of Plant Physiology**, v. 165, n. 3, p. 324-330, 2008.

WANG, X.; LIU, T.; LI, C.; CHEN, H. Effects of soil flooding on photosynthesis and growth of *Zea mays* L. seedlings under different light intensities. **African Journal of Biotechnology**, v.11, p.7676-7685, 2012.

WANG, X.; CAI, J.; LIU, F.; JIN, M.; YU, H.; JIANG, D.; WOLLENEWBER, B.; DAI, T.; CAO, W. Pre-anthesis high temperature acclimation alleviates the negative effects of post-anthesis heat stress on stem stored carbohydrates remobilization and grain starch accumulation in wheat. **Journal of Cereal Science**, v. 55, n. 3, p. 331-336, 2012.

WAQAS, M. A.; KHAN, I.; AKHTER, M. J.; NOOR, M. A.; ASHRAF, U. Exogenous application of plant growth regulators (PGRs) induces chilling tolerance in short-duration hybrid maize. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 24, n. 12, p. 11459-11471, 2017.

XIE, W.; XIONG, W.; PAN, J.; ALI, T.; CUI, Q.; GUAN, D.; MENG, J.; MUELLER, N. D.; LIN, E.; DAVIS, S. J. Decreases in global beer supply due to extreme drought and heat. **Nature plants**, v. 4, n. 11, p. 964-973, 2018.

XU, X.; JI, J.; MA, X.; XU, Q.; QI, X.; CHEN, X. Comparative proteomic analysis provides insight into the key proteins involved in cucumber (*Cucumis sativus* L.) adventitious root emergence under waterlogging stress. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1515, 2016.

ZAFAR, S. A.; HUSSAIN, M.; RAZA, M.; MUHU-DIN AHMED, H. G.; RANA, I. A.; SADIA, B.; ATIF, R. M. Genome wide analysis of heat shock transcription factor

(HSF) family in chickpea and its comparison with Arabidopsis. **Plant Omics**, v. 9, n. 2, p. 136-141, 2016.

ZAFAR, S. A.; HAMEED, A.; KHAN, A. S.; ASHRAF, M. Heat shock induced morpho-physiological response in indica rice (*Oryza sativa* L.) at early seedling stage. **Pak. J. Bot**, v. 49, n. 2, p. 453-463, 2017.

ZAFAR, S. A.; HAMEED, A.; NAWAZ, M. A.; WEI, M. A.; NOOR, M. A.; HUSSAIN, M. Mechanisms and molecular approaches for heat tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) under climate change scenario. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 4, p. 726-738, 2018.

ZAIDI, P.H.; MANISELVAN, P.; YADAV, P.; SINGH, A.K.; SULTANA, R.; DUREJA, P.; SINGH, R.P.; SRINIVASAN, G. Stress-adaptive changes in tropical maize (*Zea mays* L.) under excessive soil moisture stress. **Maydica**, Bergamo, v.52, p.159-171, 2007.

ZANDALINAS, S. I.; BALFAGÓN, D.; ARBONA, V.; GÓMEZ-CADENAS, A. Modulation of antioxidant defense system is associated with combined drought and heat stress tolerance in citrus. **Frontiers in Plant Science**, v. 8, p. 953, 2017.

ZANDALINAS, S.I.; MITTLER, R.; BALFAGÓN, D.; ARBONA, V.; GÓMEZ-CADENAS, A. Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. **Physiologia plantarum**, v. 162, n. 1, p. 2-12, 2018.

ZEUN, R., SCALLIET, G., OOSTENDORP, M. Atividade biológica do sedaxano – um novo fungicida de amplo espectro para tratamento de sementes. **Ciência do manejo de pragas**, v. 69, n. 4, pág. 527-534, 2013.

ZHANG, G.; TANAKAMARU, K.; ABE, J.; MORITA, S. Influence of waterlogging on some anti-oxidative enzymatic activities of two barley genotypes differing in anoxia tolerance. **Acta Physiologiae Plantarum**, v. 29, n. 2, p. 171-176, 2007.

ZHANG, X.; SHABALA, S.; KOUTOULIS, A.; SHABALA, L.; JOHNSON, P.; HAYES, D.; ZHOU, M. Waterlogging tolerance in barley is associated with faster aerenchyma formation in adventitious roots. **Plant and Soil**, v. 394, n. 1, p. 355-372, 2015.

ZHANG, X.; ZHOU, G.; SHABALA, S.; KOUTOULIS, A.; SHABALA, L.; JOHNSON, P.; ZHOU, M. Identification of aerenchyma formation-related QTL in barley that can be effective in breeding for waterlogging tolerance. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 129, n. 6, p. 1167-1177, 2016.

ZHOU W.; MENG Y.; CHANDRASEKARAN U.; LUO X.; YANG W.; SHU K. Plant waterlogging/flooding stress responses: From seed germination to maturation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 148, p. 228-236, 2020.

ZINN, K. E.; TUNC-OZDEMIR, M.; HARPER, J. F. Temperature stress and plant sexual reproduction: uncovering the weakest links. **Journal of experimental botany**, v. 61, n. 7, p. 1959-1968, 2010.

Apêndices

Apêndice A – Experimento em ambiente controlado.

Fonte: Acervo do Autor

Apêndice B – Sementes de cevada sob diferentes tratamentos.

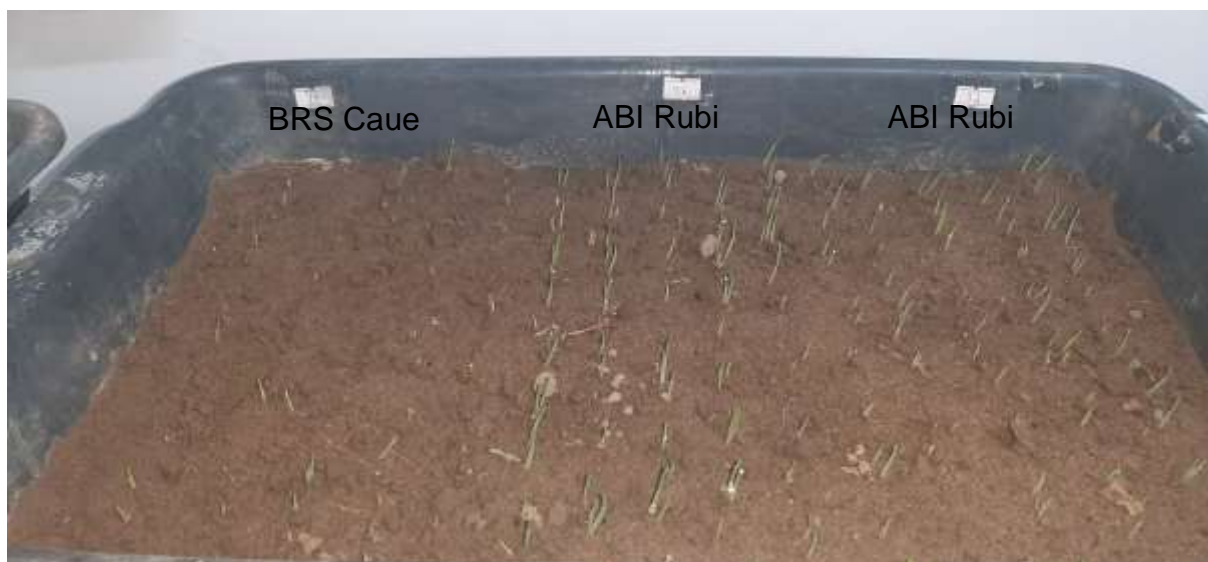
Fonte: Acervo do Autor

Apêndice C – Implantação do experimento.



Fonte: Acervo do Autor

Apêndice D – Diferenças na velocidade de emergência das cultivares BRS Caue e ABI Rubi.



Fonte: Acervo do Autor

Apêndice E – Implantação do alagamento do solo.



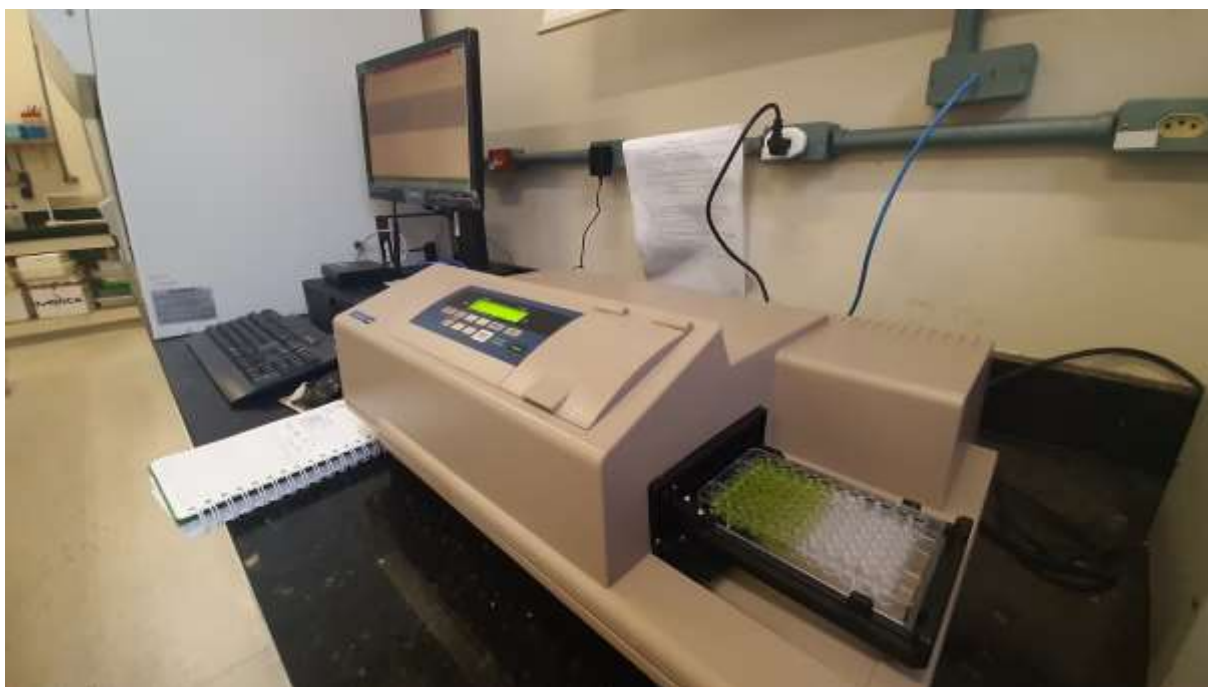
Fonte: Acervo do Autor

Apêndice F – Extração de pigmentos fotossintéticos.



Fonte: Acervo do Autor

Apêndice G – Análises bioquímicas em espectrofotometro de microplacas.



Fonte: Acervo do Autor