

Diversidade genética e avaliação de cultivares de trigo em condições de estresse hídrico em estágio inicial

Genetic diversity and evaluation of wheat cultivars under water stress conditions in early stage

DOI:10.34117/bjdv8n10-288

Recebimento dos originais: 20/09/2022

Aceitação para publicação: 20/10/2022

Igor Kieling Severo

Engenheiro Agrônomo, pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - Campus Itaqui - RS

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Av. Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Bagé - RS, CEP: 96460-000

E-mail: agro.severo@gmail.com

Aline Carazzo

Engenheira Agrônoma pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - Campus Itaqui - RS

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Av. Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Bagé - RS, CEP: 96460-000

E-mail: linecarazzo@hotmail.com

Matheus Noronha Bittencourt

Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) - Campus Itaqui - RS

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Av. Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Bagé - RS, CEP: 96460-000

E-mail: matheus.nb7@gmail.com

Matheus de Lima Soares

Discente do curso de Agronomia pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Campus Itaqui - RS

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Av. Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Bagé - RS, CEP: 96460-000

E-mail: matheus.nb7@gmail.com

E-mail: matheussoares.aluno@unipampa.edu.br

Mary Kat da Silva Pinheiro

Discente no curso de Agronomia pela Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA) Campus Itaqui - RS

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Av. Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Bagé - RS, CEP: 96460-000

E-mail: marypinheiro.aluno@unipampa.edu.br

Guilherme Ribeiro

Doutor em Genética e Melhoramento Vegetal

Instituição: Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)

Endereço: Av. Maria Anunciação Gomes Godoy, 1650, Bagé - RS, CEP: 96460-000

E-mail: guilhermeribeiro@unipampa.edu.br

RESUMO

O objetivo do trabalho foi estimar a diversidade genética e avaliação de cultivares de trigo para ambientes com e sem estresse hídrico em estágio inicial. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 26, o primeiro fator com e sem excesso hídrico e o segundo fator com 26 cultivares de trigo. Dez dias após semeadura, no tratamento com excesso hídrico, introduziu-se a lâmina d'água de dois a três cm, por três dias, e, após foi efetuada a retirada desta, permanecendo por um período de mais dez dias; ambos os tratamentos totalizaram os mesmos 23 dias. Os caracteres avaliados foram: temperatura das plântulas aos 10 e 23 dias após semeadura, comprimento da parte área de plântula, comprimento da 1ª e 2ª folha, e, produção de massa fresca e seca. Os genótipos foram classificados pelo método da distância generalizada de Mahalanobis para ambos os ambientes. No tratamento com estresse hídrico os caracteres que influenciaram na seleção dos genitores foram comprimento da segunda folha, comprimento da primeira folha e massa seca. Foi verificado presença de variabilidade genética nas cultivares de trigo avaliadas no estágio inicial. As análises dos agrupamentos permitiram direcionar os genótipos em cruzamentos artificiais para incremento de variabilidade genética.

Palavras-chave: *Triticum aestivum* L., alagamento, distância genética.

ABSTRACT

The objective of the work was to estimate the genetic diversity and evaluation of wheat cultivars for environments with and without water stress in the early stage. The experimental design was completely randomized in a 2 x 26 factorial scheme, the first factor with and without water excess and the second factor with 26 wheat cultivars. Ten days after sowing, in the treatment with excess water, a water slide of two to three cm was introduced for three days, and after it was removed, remaining for another ten days; both treatments totaled the same 23 days. The evaluated characters were: seedling temperature at 10 and 23 days after sowing, length of the seedling area, length of the 1st and 2nd leaves, and production of fresh and dry mass. The genotypes were classified by the generalized Mahalanobis distance method for both environments. In the treatment with water stress, the characters that influenced the selection of parents were length of the second leaf, length of the first leaf and the dry mass. The presence of genetic variability was verified in the wheat cultivars evaluated in the initial stage. The analyzes of the clusters allowed to direct the genotypes in artificial crossings to increase genetic variability.

Keywords: *Triticum aestivum* L., waterlogging, genetic distance.

1 INTRODUÇÃO

A tricultura no Brasil está concentrada na região Sul, responsável por aproximadamente 90% da produção, principalmente nos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul (CONAB, 2022). Nas últimas cinco safras brasileiras de trigo, apresentou produção de 5.751,7 mil toneladas, no entanto, o consumo interno foi de 11.723,0 mil toneladas, necessitando importar o grão para suprir a demanda (CONAB, 2022). A deficiência na produção é um fato histórico, o que faz do Brasil um país dependente do grão. Ações que visem à autossuficiência, como o aumento na produtividade, expansão da área cultivada e melhoria da qualidade do trigo devem ser priorizados (OLIVEIRA, et al., 2011).

Em vista disso, a Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul vem apresentando elevado potencial produtivo para novas culturas, no entanto, os solos, cultivados tradicionalmente com arroz irrigado, apresentam drenagem naturalmente insuficiente. Tais características acabam sendo na maioria das vezes restritivas ao desenvolvimento das culturas de sequeiro (GOMES et al., 2006; KUMAWAT, SHAHI; KUMAR, 2020). O encharcamento do solo é considerado uma das principais limitações abióticas no crescimento, desenvolvimento, distribuição e produtividade das culturas agrícolas (JACKSON; COLMER, 2005), particularmente em regiões com consideráveis índices de precipitação pluvial e solos mal drenados (KUPPEL et al., 2015; CHEN et al., 2018).

O estresse ocasionado pelo alagamento é restritivo em diversas culturas agrícolas (ZHANG et al., 2017; PLOCHUK et al., 2018; KAUR, et al., 2019; JOSHI et al., 2020; YAN et al., 2020). O alagamento afeta negativamente a cultura do trigo em fase inicial (DING et al., 2017) e também o rendimento e seus componentes (OLGUN et al., 2008). Melhorias no que se refere ao esclarecimento do comportamento de plantas de trigo sob estresse por excesso hídrico são necessários (SHIFERAW et al., 2013; YAN et al., 2020). E um dos primeiros passos, é o melhoramento genético de plantas, através da identificação de genótipos tolerantes ao estresse hídrico (SUNDGREN et al., 2018).

Estudos devem ser realizados e são necessários para a implantação de culturas em locais menos favoráveis (MELO et al., 2021). As técnicas de agrupamentos permitem avaliar a distância genética, auxiliando na seleção de genitores divergentes, para serem utilizados em cruzamentos artificiais (YADAV et al., 2018), ampliando a variabilidade genética e conseqüentemente gerando recombinantes superiores. Informações precisas sobre a variabilidade genética auxiliam na identificação de genitores, essenciais nos processos de melhoramento (KUMAWAT, SHAHI; KUMAR, 2020). O sucesso do

programa de melhoramento é dependente da seleção de genótipos disponíveis, permitindo identificar fontes promissoras para o melhoramento (VALLIYODAN et al., 2017). À vista disso, o objetivo do trabalho foi estimar a diversidade genética e avaliação de cultivares de trigo para ambientes com e sem estresse hídrico em fase inicial.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada no Laboratório de Sementes, pertencente à Universidade Federal do Pampa - Campus Itaqui/RS. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 2 x 26, onde o primeiro fator com dois níveis (com e sem excesso hídrico) e o segundo fator com 26 níveis (cultivares nacionais de trigo – Tabela 1), com quatro (4) repetições. Em cada caixa ficaram dispostas 13 unidade experimental, cada uma constituída por dez (10) plantas. O experimento foi conduzido em caixas plásticas vazadas, com dimensões de 55 x 34 x 31 cm, nas quais se utilizou uma lona plástica para contenção do solo e retenção hídrica, contendo uma camada de 20 cm de solo.

Tabela 1. Cultivares de trigo utilizadas, ano de lançamento e genealogia.

	Cultivar	Ano	Genealogia
1	BRS 296	2009	Embrapa 27*3/Klein H3247 a 33400PF93218
2	BRS 327	2010	CEP 24 Sel/BRS 194
3	BRS 328	2012	Klein H 3394 a 3110/PF 990744
4	BRS 374	2012	PF 88618/Coker 80.33//Frontana/Kar
5	BRS Guaraim	2016	PF 93159//EMB 27/BUCK NANDU
6	BRS Guamirim	2005	Embrapa 27/Buck Nandu//PF 93159
7	BRS Marcante	2013	PF 980533/PF 970227//BRS Guamirim
8	BRS Parrudo	2012	WT 98109/TB 0001
9	BRS Reponte	2014	PF 980229/3/PF 93232//PF 940374
10	BRS Umbú	2003	Century/BR 35
11	FUNDACEP Cristalina	2006	BR 35/CEP 9291/4/BR
12	FUNDACEP Horizonte	2009	BRS 119/CEP 97184
13	ORS 1405	2016	QTZ/3/FUND. 30/Ônix//PMP/4/QTZ
14	Ametista	2011	PF 950351/Abalone//Ônix
15	Jadeite II	2012	Campo Real/Vanguarda//Ônix
16	Tópazio	2011	Pampeano Sib/Abalone
17	OR/BIOTRIGO	2009	ORL 97217//BRS 177/Avante
18	OR/BIOTRIGO Mirante	2008	Ônix/Taurum//Ônix
19	Quartzo	2007	Ônix/Avante
20	TBIO Alvorada	2012	Vaqueano/Abalone
21	TBIO Bandeirante	2012	IBIO 00718/Cronox//Alcover
22	TBIO Mestre	2012	IBIO 00810/Cronox//ORL 00255
23	TBIO Sintonia	2013	Marfim/Quartzo//Marfim
24	TBIO Tibagi	2010	Supera/Ônix

25	CD 1705	2016	CD 0536/CD 0562
26	CD 1303	2016	CD 150/BRS 177

O solo utilizado foi coletado da área experimental do campus, sendo classificado como Plintossolo Háplico (EMBRAPA, 2006). A adubação de base foi calculada de acordo com as recomendações para uso em vaso, para cada caixa, utilizando 39,2 gramas de superfosfato triplo (SPT), 21,7 gramas cloreto de potássio (KCl) e, 23,1 gramas de ureia. Para controle experimental, manteve-se a temperatura do laboratório à 20 °C e fotoperíodo constante, com intensidade luminosa de 1700 lx, durante todo o período de condução do mesmo.

Após a semeadura, o controle das irrigações efetuou-se de forma que atendesse as exigências hídricas, visando o estabelecimento das plantas e capacidade de apresentarem potencial de desenvolvimento. Sete dias após semeadura foi efetuado o desbaste, deixando dez (10) plântulas por unidade experimental. Decorridos três dias do desbaste, nos tratamentos com excesso hídrico, introduziu-se a lâmina d'água de dois a três cm, por três dias e, após o período foi efetuada a retirada desta, permanecendo por um período de mais dez dias. No tratamento testemunha (ausência de estresse hídrico) a irrigação deu-se conforme exigência da cultura, totalizando os mesmos 23 dias.

As avaliações foram efetuadas em cinco (5) plantas aleatórias de cada unidade experimental, sendo elas:

Determinação da temperatura das plântulas/plantas, aos 10 (T10) e 23 (T23) dias após semeadura (DAS), utilizando termômetro infravermelho digital Minipa, Modelo MT-320;

Comprimento da parte aérea de plântula aos 10 DAS (CPA): com o auxílio de uma régua graduada em centímetros, mensurou-se o comprimento da parte aérea, do solo até a extremidade da maior folha (1ª ou 2ª);

Comprimento da primeira (CPF) e segunda folha (CSF): com o auxílio de régua graduada, após retiradas do solo aos 23 DAS;

Produção de massa fresca (MF) e seca (MS): a massa fresca obtida pelas cinco plantas foi pesada (g), e o total submetido à estufa de circulação forçada a 60 °C por 72 horas para determinação da proporção de massa seca, avaliada em gramas.

Após coleta e tabulação dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância e posterior comparação de médias pelo teste de agrupamento proposto por Scott e Knott, a 5% de probabilidade. Posteriormente, com base nas médias dos caracteres

avaliados foi estimada a distância generalizada de Mahalanobis (D^2) e realizado o agrupamento de cultivares baseado na ligação média entre grupos (UPGMA). Também se baseando nos resultados foi estimado o peso econômico das variáveis. As análises foram realizadas com auxílio do programa computacional Genes (CRUZ, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Considerando as variáveis temperatura das plântulas aos 10 (T10) e das plantas aos 23 (T23) dias após a semeadura (DAS), não houve interação entre os fatores e também não ocorreu diferenças entre os tratamentos e as cultivares, apresentando temperatura média geral de 17,27 °C e 21,22 °C para T10 e T23, respectivamente (Tabela 2). Nas avaliações individuais para cada cultivar, como por consequente na média dos tratamentos, ocorreu aumento de temperatura, em torno de 4 °C, de T10 para T23.

A redução na abertura estomática é, possivelmente, a responsável pelo aumento na temperatura do dossel foliar (TDF), por reduzir o fluxo transpiratório, principal meio de dissipação térmica das plantas (TERRA et al., 2015). Outra constatação é o aumento da densidade estomática de plantas quando submetidas ao alagamento (BATISTA et al., 2008). Essa pode ser uma estratégia utilizada para as plantas aumentarem suas taxas fotossintéticas e assim melhor tolerarem a condição de estresse. Desta forma, em ambiente com estresse hídrico a densidade e o tamanho dos estômatos permitem à planta otimizar e balancear a performance fotossintética (CHAERLE; SAIBO; VAN DER STRAETEN, 2005). Essas alterações podem funcionar como sensores das condições ambientais, e assim enviando sinais para os órgãos em desenvolvimento na planta (COUPE et al., 2006; MIYAZAWA; LIVINGSTONE; TURPIN, 2006).

Para a variável comprimento da parte aérea (CPA) a presença de estresse apresentou maior comprimento em relação a ausência de estresse de alagamento (Tabela 2). Em relação às variáveis comprimento da primeira folha (CPF) e comprimento da segunda folha (CSF) a primeira apresentou interação entre os tratamentos; a segunda, CSF, evidenciou diferenças entre as cultivares e estresse hídrico (Tabela 3). Para CSF verifica-se que o tratamento com estresse (CE) foi superior ao ambiente de ausência de estresse (SE). Em outro estresse abiótico, por altas temperaturas, ocorre o aumento da área folhar (crescimento) quando a temperatura aumenta (FLOSS, 2006). Isso reflete em maior área para realizar fotossíntese, influenciando diretamente na produção vegetal, justificando a maior área foliar em função da presença de estresse. Outro fator relacionado é que as plantas apresentam diversidade genética quanto às respostas dos mecanismos de

sobrevivência ao estresse de encharcamento, que incluem alterações na arquitetura e crescimento de plantas e no metabolismo (BAILEY-SERRES et al., 2012).

Tabela 2. Médias das variáveis temperatura de plântulas aos 10 (T10) e de plantas aos 23 (T23) dias após semeadura; e comprimento de parte aérea (CPA), em cm, para as condições sem (SE) e com (CE) estresse por alagamento, em 26 cultivares de trigo.

Cultivar [#]	T10			T23			CPA		
	SE	CE	\bar{x}_c^*	SE	CE	\bar{x}_c^*	SE	CE	\bar{x}_c^*
1	17,45	17,91	17,68	21,59	20,92	21,25	14,64	17,58	16,11
2	18,80	17,74	18,27	22,50	20,96	21,73	15,88	17,93	16,91
3	16,81	19,47	18,14	22,35	20,53	21,44	17,14	18,80	17,97
4	16,73	16,93	16,83	21,58	21,37	21,48	11,76	14,26	13,01
5	17,21	18,31	17,76	21,23	21,25	21,24	13,32	17,33	15,32
6	17,23	17,96	17,59	21,46	21,43	21,45	13,10	14,78	13,94
7	17,10	17,01	17,06	21,05	21,05	21,05	14,72	18,40	16,56
8	17,22	17,73	17,47	21,19	21,02	21,10	13,12	14,70	13,91
9	16,57	18,50	17,53	21,59	20,63	21,11	17,05	18,52	17,78
10	17,03	18,50	17,76	22,22	21,07	21,64	16,94	17,94	17,44
11	17,64	16,47	17,05	22,03	20,82	21,43	13,43	14,75	14,09
12	16,54	17,59	17,06	21,53	21,52	21,53	16,22	21,49	18,85
13	17,78	17,32	17,55	21,78	21,67	21,72	14,75	18,02	16,38
14	17,74	18,16	17,95	22,04	21,02	21,53	14,79	19,25	17,02
15	16,95	17,52	17,23	21,03	21,72	21,37	13,40	17,40	15,40
16	16,78	16,94	16,86	20,61	20,62	20,62	12,41	18,14	15,27
17	16,99	16,63	16,81	20,21	21,02	20,61	16,48	18,11	17,29
18	16,90	15,79	16,34	20,66	20,99	20,83	12,95	15,99	14,47
19	17,27	17,19	17,23	21,03	20,67	20,85	15,47	18,84	17,15
20	16,43	17,28	16,85	20,72	21,45	21,08	15,13	16,92	16,03
21	16,78	17,02	16,90	21,35	20,89	21,12	14,87	21,91	18,39
22	16,52	17,54	17,03	20,76	21,36	21,06	14,03	20,65	17,34
23	17,59	16,69	17,14	21,15	20,57	20,86	14,38	18,51	16,45
24	16,81	17,38	17,09	20,54	21,11	20,83	16,16	17,75	16,95
25	17,11	15,87	16,49	20,77	22,37	21,57	14,19	17,32	15,75
26	16,94	17,56	17,25	21,14	21,25	21,19	17,40	20,41	18,90
$\bar{x}_{\text{tratamento}}^{**}$	17,11	17,42	17,27	21,31	21,13	21,22	17,76B	17,90A	16,33

* Média de cultivar (\bar{x}_c); ** Média do tratamento ($\bar{x}_{\text{tratamento}}$). Médias seguidas de letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade de erro. # Cultivares: 1 - BRS 296, 2 - BRS 327, 3 - BRS 328, 4 - BRS 374, 5 - BRS Guaraim, 6 - BRS Guamirim, 7 - BRS Marcante, 8 - BRS Parrudo, 9 - BRS Reponte, 10 - BRS Umbú, 11 - FUNDACEP Cristalina, 12 - FUNDACEP Horizonte, 13 - ORS 1405, 14 - Ametista, 15 - Jadeite II, 16 - Tópazio, 17 - OR/BIOTRIGO Campeiro, 18 - OR/BIOTRIGO Mirante, 19 - Quartzo, 20 - TBIO Alvorada, 21 - TBIO Bandeirante, 22 - TBIO Mestre, 23 - TBIO Sintonia, 24 - TBIO Tibagi, 25 - CD 1705, 26 - CD 1303.

Os relativos dados de massa fresca (MF) e massa seca (MS), no qual visualiza-se diferenças entre os fatores com e sem estresse hídrico para ambas variáveis, e apenas variabilidade entre as cultivares para MS (Tabela 4). Novamente, o tratamento CE foi superior a testemunha (SE), em decorrência dos resultados obtidos anteriormente para

comprimento de 1ª e 2ª folha e comprimento da parte área. Fato pode ser explicado, em relação ao período em que a cultura ficou sob estresse por alagamento. Uma hipótese, em condições de estresse hídrico por alagamento, a translocação do açúcar produzido nas folhas para outras partes da planta é interrompida, provocando aumento de carboidratos nas folhas (IRFAN et al., 2010), nesse caso ocasionando em maior MF e MS das mesmas.

Tabela 3. Médias das variáveis comprimento da primeira folha (CPF), em cm; e comprimento da segunda folha (CSF), em cm; para as condições sem (SE) e com (CE) estresse por alagamento, em 26 cultivares de trigo.

Cultivar [#]	CPF			CSF		
	S.E	C.E	\bar{x}_c^*	S.E	C.E	\bar{x}_c^*
1	7,57 Aa	7,98 Ab	7,77	10,76	11,96	11,36 b
2	7,17 Bb	11,17Aa	9,17	10,13	12,44	11,28 b
3	5,87 Bb	10,01Aa	7,94	13,87	14,15	14,01 a
4	5,89 Ab	6,22 Ab	6,05	9,18	10,82	10,00 b
5	7,00 Ab	9,16 Aa	8,08	10,04	13,14	11,59 b
6	4,66 Bb	8,33 Ab	6,49	10,46	10,32	10,39 b
7	6,29 Bb	9,13 Aa	7,71	13,64	14,74	14,19 a
8	6,19 Bb	9,58 Aa	7,89	9,95	10,02	9,98 b
9	6,65 Bb	10,55Aa	8,60	13,53	14,49	14,01 a
10	8,22 Aa	10,38Aa	9,30	10,72	14,12	12,42 b
11	8,77 Aa	7,90 Ab	8,33	6,16	10,22	8,19 b
12	6,91 Bb	10,17Aa	8,54	10,75	17,27	14,01 a
13	8,19 Ba	11,66Aa	9,92	9,29	13,49	11,39 b
14	5,62 Ab	6,39 Ab	6,01	10,82	15,01	12,91 a
15	4,98 Bb	9,88 Aa	7,43	9,69	11,25	10,47 b
16	4,08 Ab	6,66 Ab	5,37	7,87	13,87	10,87 b
17	10,02Aa	12,34Aa	11,10	11,13	12,41	11,77 b
18	4,91 Ab	7,56 Ab	6,23	10,46	12,33	11,39 b
19	6,56 Bb	10,06Aa	8,31	11,76	15,38	13,57 a
20	8,96 Aa	8,54 Ab	8,75	10,04	13,57	11,80 b
21	6,67 Bb	11,36Aa	9,01	11,73	18,26	14,99 a
22	6,03 Bb	9,12 Aa	7,58	10,98	15,15	13,07 a
23	6,60 Ab	7,20 Ab	6,90	10,53	14,95	12,74 a
24	5,22 Ab	7,44 Ab	6,33	11,55	13,21	12,38 b
25	8,60 Aa	7,99 Ab	8,29	10,83	13,15	11,99 b
26	10,71Aa	10,15Aa	10,4	15,13	17,20	16,16 a
$\bar{x}_{tratamento}^{**}$	6,86	9,11	7,98	10,80B	13,50A	12,19

* Média de cultivar (\bar{x}_c); ** Média do tratamento ($\bar{x}_{tratamento}$). Médias seguidas de letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade de erro. [#] Cultivares: 1- BRS 296, 2 - BRS 327, 3 - BRS 328, 4 - BRS 374, 5 - BRS Guaraim, 6 - BRS Guamirim, 7 - BRS Marcante, 8 - BRS Parrudo, 9 - BRS Reponte, 10 - BRS Umbú, 11 - FUNDACEP Cristalina, 12 - FUNDACEP Horizonte, 13 - ORS 1405, 14 - Ametista, 15 - Jadeite II, 16 - Tópazio, 17 - OR/BIOTRIGO Campeiro, 18 - OR/BIOTRIGO Mirante, 19 - Quartzo, 20 - TBIO Alvorada, 21 - TBIO Bandeirante, 22 - TBIO Mestre, 23 - TBIO Sintonia, 24 - TBIO Tibagi, 25 - CD 1705, 26 - CD 1303.

Tabela 4. Médias das variáveis massa fresca (MF), em gramas, e massa seca (MS), em gramas, para as condições sem (SE) e com (CE) estresse por alagamento, em 26 cultivares de trigo.

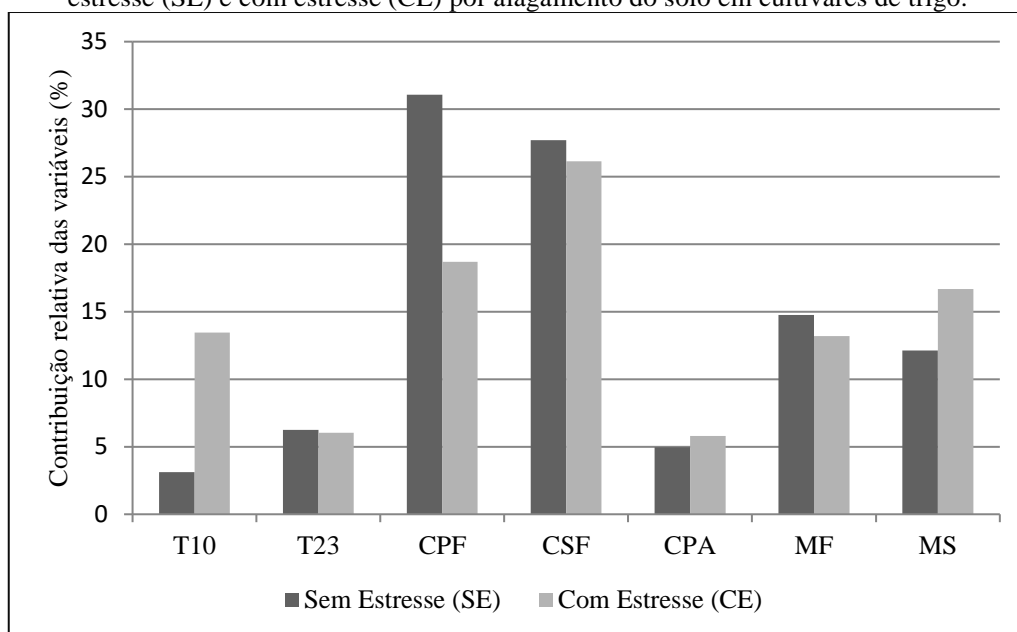
Cultivar [#]	MF			MS		
	SE	CE	\bar{x}_c^*	SE	CE	\bar{x}_c^*
1	0,5290	0,6702	0,5996	0,0573	0,0798	0,0685 a
2	0,6256	0,5882	0,6069	0,0748	0,0777	0,0763 a
3	0,5275	0,7078	0,6176	0,0607	0,0783	0,0695 a
4	0,4416	0,4858	0,4637	0,0549	0,0601	0,0575 b
5	0,5783	0,7105	0,6444	0,0643	0,0838	0,0740 a
6	0,5341	0,7215	0,6278	0,0597	0,0949	0,0773 a
7	0,5372	0,6775	0,6073	0,0586	0,0776	0,0681 a
8	0,4521	0,6071	0,5296	0,0571	0,0808	0,0689 a
9	0,6125	0,7827	0,6976	0,0692	0,0872	0,0782 a
10	0,5317	0,6359	0,5838	0,0585	0,0780	0,0682 a
11	0,4157	0,5235	0,4696	0,0470	0,0665	0,0567 b
12	0,5148	0,6360	0,5754	0,0573	0,0621	0,0597 b
13	0,3948	0,6671	0,5309	0,0433	0,0714	0,0573 b
14	0,5181	0,6139	0,5660	0,0512	0,0686	0,0599 b
15	0,3992	0,7345	0,5668	0,0469	0,0789	0,0629 b
16	0,2923	0,5226	0,4074	0,0445	0,0558	0,0501 b
17	0,5731	0,6883	0,6307	0,0512	0,0561	0,0536 b
18	0,4627	0,5915	0,5271	0,0576	0,0678	0,0627 b
19	0,5324	0,6649	0,5987	0,0631	0,0598	0,0615 b
20	0,4638	0,5434	0,5036	0,0474	0,0789	0,0631 b
21	0,4887	0,8051	0,6469	0,0591	0,0932	0,0761 a
22	0,5458	0,6452	0,5955	0,0612	0,0690	0,0651 b
23	0,4867	0,5694	0,5281	0,0526	0,0695	0,0610 b
24	0,4962	0,6869	0,5916	0,0507	0,0846	0,0676 a
25	0,4113	0,5155	0,4634	0,0443	0,0642	0,0542 b
26	0,6236	0,7117	0,6676	0,0649	0,0856	0,0753 a
$\bar{x}_{\text{tratamento}}^{**}$	0,4990B	0,6425A	0,571	0,056B	0,074A	0,065

* Média de cultivar (\bar{x}_c); ** Média do tratamento ($\bar{x}_{\text{tratamento}}$). Médias seguidas de letras maiúsculas na horizontal e minúsculas na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-knott a 5 % de probabilidade de erro. # Cultivares: 1 - BRS 296, 2 - BRS 327, 3 - BRS 328, 4 - BRS 374, 5 - BRS Guaraim, 6 - BRS Guamirim, 7 - BRS Marcante, 8 - BRS Parrudo, 9 - BRS Reponte, 10 - BRS Umbú, 11 - FUNDACEP Cristalina, 12 - FUNDACEP Horizonte, 13 - ORS 1405, 14 - Ametista, 15 - Jadeite II, 16 - Tópazio, 17 - OR/BIOTRIGO Campeiro, 18 - OR/BIOTRIGO Mirante, 19 - Quartzo, 20 - TBIO Alvorada, 21 - TBIO Bandeirante, 22 - TBIO Mestre, 23 - TBIO Sintonia, 24 - TBIO Tibagi, 25 - CD 1705, 26 - CD 1303.

A importância das variáveis avaliadas, com base em medida de dissimilaridade genética, leva em consideração as particularidades de cada cultivar, se adequando para uma melhor tomada de decisão em relação à escolha de cultivares, relacionando os tratamentos sem e com excesso hídrico. Para o ambiente sem estresse, as variáveis com maior contribuição para a dissimilaridade genética foram comprimento da primeira folha (CPF) e do comprimento da segunda folha (CSF), contribuindo próximo a 60% da distância genética (Figura 1). Já para o ambiente com estresse, ocorreu de vários

caracteres contribuírem, sendo que a variável que apresentou maior contribuição foi comprimento de segunda folha (CSF), totalizando 26,01% de colaboração. O segundo caractere foi o comprimento de primeira folha (CPF), com uma contribuição de 18,56%, seguido da variável massa seca (MS) com 16,55%, e com contribuições semelhantes massa fresca (MF) e temperatura de plântula aos 10 DAS (T10) com cerca de 13% de influência.

Figura 1. Contribuição relativa, em %, das variáveis para estudo da diversidade genética, sendo: temperatura de plântula aos 10 dias (T10), temperatura de planta aos 23 dias (T23), comprimento da primeira folha (CPF), comprimento da segunda folha (CSF), comprimento da parte aérea (CPA), massa fresca (MF), e massa seca (MS), para os tratamentos sem estresse (SE) e com estresse (CE) por alagamento do solo em cultivares de trigo.

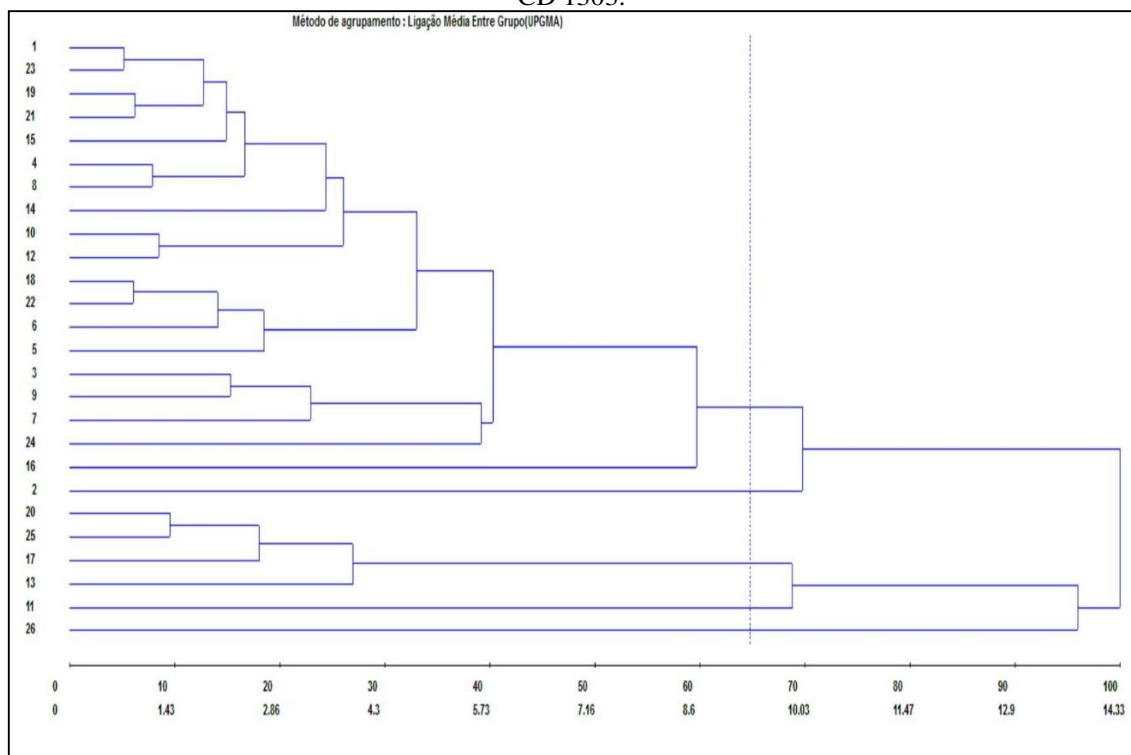


Os dendrogramas obtidos pelo método do agrupamento UPGMA, baseados na distância generalizada de Mahalanobis (D^2), utilizados em estudos de diversidade genética, tem vantagem sobre outros métodos por considerar médias aritméticas das medidas de dissimilaridade, o que evita caracterizar a dissimilaridade por valores extremos entre os indivíduos considerados (CRUZ; CARNEIRO; REGAZZI, 2014). O coeficiente de correlação cofenética de 0,65 (Figura 2) e 0,68 (Figura 3) para o tratamento sem e com estresse hídrico, respectivamente, revelaram bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias no dendrograma e a sua matriz original, possibilitando a realização de inferências por meio da análise visual.

Para o ambiente sem estresse (Figura 2), percebe-se a formação dos cinco grupos a partir do ponto de corte (0,65), dos quais, três são constituídos por apenas

uma cultivar cada, sendo elas: BRS 327 (2), FUNDACEP Cristalina (11) e CD 1303 (26), respectivamente. O maior grupo formado, apresentou 19 genótipos, sendo: BRS 296 (1), BRS 328 (3), BRS 374 (4), BRS Guaraim (5), BRS Guamirim (6), BRS Marcante (7), BRS Parrudo (8), BRS Reponte (9), BRS Umbú (10), FUNDACEP Horizonte (12), Ametista (14), Jadeite II (15), Tópazio (16), OR/BIOTRIGO Mirante (18), Quartzo (19), TBIO Bandeirante (21), TBIO Mestre (22), TBIO Sintonia (23) e TBIO Tibagi (24). A formação de um grande grupo revela uma menor distância fenotípica entre as cultivares, ou seja, próximos geneticamente, onde hibridações envolvendo indivíduos desse grupo não resultarão em variabilidade genética.

Figura 2. Dendrograma resultante da análise de 26 genótipos de trigo para o ambiente sem estresse hídrico, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis como medida de distância genética. O valor do coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,65. Cultivares: 1 - BRS 296, 2 - BRS 327, 3 - BRS 328, 4 - BRS 374, 5 - BRS Guaraim, 6 - BRS Guamirim, 7 - BRS Marcante, 8 - BRS Parrudo, 9 - BRS Reponte, 10 - BRS Umbú, 11 - FUNDACEP Cristalina, 12 - FUNDACEP Horizonte, 13 - ORS 1405, 14 - Ametista, 15 - Jadeite II, 16 - Tópazio, 17 - OR/BIOTRIGO Campeiro, 18 - OR/BIOTRIGO Mirante, 19 - Quartzo, 20 - TBIO Alvorada, 21 - TBIO Bandeirante, 22 - TBIO Mestre, 23 - TBIO Sintonia, 24 - TBIO Tibagi, 25 - CD 1705, 26 - CD 1303.

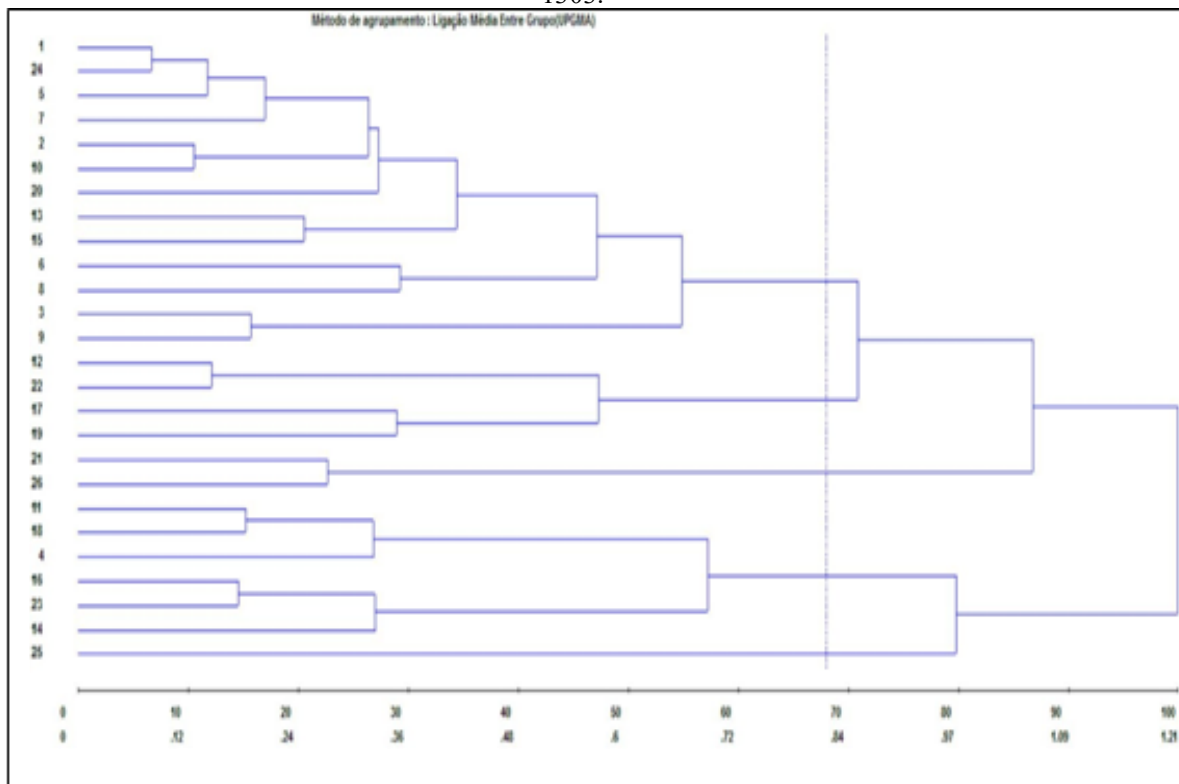


Visando separar e selecionar possíveis genitores, considerando a variável comprimento da primeira folha (CPF), com maior contribuição para o estudo da diversidade genética, as cultivares BRS 296 (1) e BRS Umbú (10) com maior comportamento “*per se*” apresentaram 7,57 cm e 8,22 cm, respectivamente. Já as

outras variáveis com maior contribuição, sendo comprimento da segunda folha (CSF) e massa fresca (MF), essas cultivares evidenciaram médias de 10,76 cm e 10,72 cm para CSF; e para MF com 0,5290 gramas e 0,5317 gramas. Dessa forma, a cultivar BRS Umbú é um promissor genitor. O mesmo ocorre para o outro grupo formado, composto por quatro cultivares, sendo: ORS 1405 (13), OR/BIOTRIGO Campeiro (17), TBIO Alvorada (20) e CD 1705 (25). Apresentaram como resultados os seguintes valores para os caracteres de maior contribuição, respectivamente: 8,19, 10,02, 8,96, e 8,60 cm para a variável CPF; 9,29; 11,13; 10,04, e 10,83 cm para CSF; e 0,3948, 0,5731, 0,4638 e 0,4113 gramas para MV. Estando perceptível que a cultivar que se sobressaiu perante os demais dentro do grupo foi a cultivar OR/BIOTRIGO Campeiro.

A análise de dissimilaridade genética para o tratamento com estresse de alagamento do solo, obtido pelo dendrograma ocorreu a formação de cinco grupos à partir do ponto de corte (Figura 3). O maior grupo formado contou com 13 cultivares, sendo: BRS 296 (1), BRS 327 (2), BRS 328 (3), BRS Guaraim (5), BRS Guamirim (6), BRS Marcante (7), BRS Parrudo (8), BRS Reponte (9), BRS Umbú (10), ORS 1405 (13), Jadeite II (15), TBIO Alvorada (20) e TBIO Tibagi (24). Que de acordo com a contribuição das variáveis que mais influenciaram no tratamento destacou-se o comprimento da segunda folha (CSF), seguido do comprimento da primeira folha (CPF) e subsequente a matéria seca (MS). Diante de tais informações as cultivares que apresentaram os melhores resultados foram: BRS 327, BRS 328, BRS Guaraim, BRS Marcante, BRS Reponte, BRS Umbú e ORS 1405, de forma que para os caracteres de maior contribuição mencionados obtiveram os seguintes valores: 12,44; 14,15; 13,14; 14,74; 14,49; 14,12 e 13,49 cm para CSF; para comprimento da primeira folha (CPF), tais cultivares não diferiram estatisticamente, e apresentaram respectivamente: 11,17; 10,01; 9,16; 9,13; 10,55; 10,38 e 11,66 cm. No que se refere a matéria seca (MS), verificou-se que: 0,0777; 0,0783; 0,0838; 0,0776; 0,0872; 0,0780, e 0,0714 gramas. Diante de tais desempenhos, selecionou-se cultivar BRS REPONTE para composição do bloco de cruzamento.

Figura 3. Dendrograma resultante da análise de 26 genótipos de trigo para o ambiente com estresse hídrico, obtido pelo método de agrupamento UPGMA, utilizando a distância de Mahalanobis como medida de distância genética. O valor do coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,68. Cultivares: 1 - BRS 296, 2 - BRS 327, 3 - BRS 328, 4 - BRS 374, 5 - BRS Guaraim, 6 - BRS Guamirim, 7 - BRS Marcante, 8 - BRS Parrudo, 9 - BRS Reponete, 10 - BRS Umbú, 11 - FUNDACEP Cristalina, 12 - FUNDACEP Horizonte, 13 - ORS 1405, 14 - Ametista, 15 - Jadeite II, 16 - Tópazio, 17 - OR/BIOTRIGO Campeiro, 18 - OR/BIOTRIGO Mirante, 19 - Quartzo, 20 - TBIO Alvorada, 21 - TBIO Bandeirante, 22 - TBIO Mestre, 23 - TBIO Sintonia, 24 - TBIO Tibagi, 25 - CD 1705, 26 - CD 1303.



Para o tratamento com estresse, outro agrupamento foi composto por seis cultivares, sendo elas: BRS 374 (2), FUNDACEP Cristalina (11), Ametista (14), Tópazio (16), OR/BIOTRIGO Mirante (18) e TBIO Sintonia (23) (Figura 3). Novamente, objetivando selecionar possível genitor baseado nas variáveis CSF, CPF e MS, variáveis com maior contribuição para distância genética. Temos os valores para as cultivares referentes ao CSF de 10,82; 10,22; 15,01; 13,87; 12,33 e 14,95 cm; de CPF com 6,22; 7,90; 6,39; 6,66; 7,56; 7,20 cm; e de 0,0601; 0,0665; 0,0686; 0,0558; 0,0678 e 0,0695 gramas para MS. Dentre os quais é possível destacar as cultivares Ametista e TBIO Sintonia. De acordo com os resultados, a cultivar Ametista apresentou menor CPF entre as genótipos do grupo. Já TBIO Sintonia revelou valores equilibrados entre as cultivares, sendo dessa forma, considerando um potencial genitor para condições alagamento do solo em fase inicial. Outro agrupamento formado foi formado por quatro cultivares, FUNDACEP Horizonte

(12), OR/BIOTRIGO Campeiro, Quartzo (19) e TBIO Mestre. De forma semelhante, baseado nas variáveis de maior contribuição, a FUNDACEP Horizonte destacasse como um genitor para compor os blocos de cruzamentos.

Outro agrupamento foi constituído de dois genótipos TBIO Bandeirante (21) e CD 1303 (26), apresentaram valores para CSF de 18,26 e 17,20 cm; para CPF com 11,36 e 10,15 cm; e para MS de 0,0932 e 0,0856 gramas, respectivamente. Diante de tais resultados optou-se pela cultivar TBIO Bandeirante, por apresentar valores “*per se*” superiores ao cultivar CD 1303. O quinto grupo, foi formado apenas por uma cultivar, representada pela cultivar CD 1705 (25), a qual apresentou a maior distância genética entre os tratamentos avaliados.

O “*screening*” de cultivares possibilita identificar fontes promissoras de genes para serem utilizados no melhoramento genético. Luche et al. (2017) reforçam que a seleção de genitores para compor os blocos de cruzamentos, baseado pela dissimilaridade genética, é decisiva para formação de populações segregantes com elevado potencial. Dessa forma, o direcionamento de hibridações envolvendo genitores com divergência genética e média elevada possibilita gerar populações promissoras na obtenção de genótipos superiores, principalmente para ambientes de estresse abiótico.

4 CONCLUSÕES

Presença de variabilidade genética nas cultivares de trigo em fase inicial, verificada pela avaliação das variáveis.

O cruzamento entre as cultivares BRS 327, BRS Umbú, FUNDACEP Cristalina, OR/BIOTRIGO Campeiro e CD 1303 para o ambiente sem estresse.

Cruzamentos artificiais envolvendo as cultivares BRS Reponte, FUNDACEP Horizonte, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia e CD 1705 para a condição de estresse por alagamento são promissores para o incremento da variabilidade genética.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo auxílio financeiro e disponibilidade de bolsas, além da FAPERGS e PDA-UNIPAMPA também com o aporte de bolsas de iniciação.

REFERÊNCIAS

- BAILEY-SERRES, J. et al. Making sense of low oxygen sensing. *Trends in Plant Science*, v. 17, n. 3, p. 129-138, 2012.
- BATISTA, C. U. N. et al. Tolerância à inundação de *Cecropia pachystachya* Trec. (Cecropiaceae): aspectos ecofisiológicos e morfoanatômicos. *Acta Botânica Brasileira*, v. 22, n. 1, p. 91-98, 2008.
- CHAERLE, L.; SAIBO, N.; VAN DER STRAETEN, D. Tuning the pores: towards engineering plants for improved water use efficiency. *Trends in biotechnology*, v. 23, n. 6, p. 308-315, 2005.
- CHEN, H. et al. Effects of drought and flood on crop production in China across 1949-2015: spatial heterogeneity analysis with bayesian hierarchical modeling. *Natural Hazards*, v. 92, n. 1, p. 525-541, 2018.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <www.conab.gov.br>. Acesso em: 12 de abril de 2022.
- COUPE, S. A. et al. Systemic signaling of environmental cues in Arabidopsis leaves. *Journal of Experimental Botany*, v. 57, n. 2, p. 329-341, 2006.
- CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 3. ed. Viçosa: Editora UFV, 2014. 668 p.
- CRUZ, C. D. GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum – Agronomy*, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.
- DING, J. et al. Seedling growth and recovery in response to waterlogging of wheat Cultivars grown in the Yangtze River Basin of China from three different decades. *Journal of Agricultural Science*, v. 9, n. 2, p. 128-135, 2017.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora EMBRAPA-SPI, 2006, 306 p.
- FLOSS, E. L. Fisiologia das plantas cultivadas: o estudo do que está por trás do que se vê. 3. ed. Passo Fundo: Editora UPF, 2006. 751 p.
- GOMES, A. S. et al. Caracterização de indicadores da qualidade do solo, com ênfase às áreas de várzea do Rio Grande do Sul. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2006. 40 p. (Documento, 169).
- IRFAN, M. et al. Physiological and biochemical changes in plants under water logging. *Protoplasma*, v. 241, n. 1, p. 3-17, 2010.
- JACKSON, M. B.; COLMER, T. D. Response and adaptation by plants to flooding stress. *Annals of Botany*, v. 96, n. 4, p. 501-505, 2005.

JOSHI, R. et al. Identification and characterization of NADH Kinase-3 from a stress-tolerant wild mung bean species (*Vigna luteola* (Jacq.) Benth.) with a possible role in waterlogging tolerance. *Plant Molecular Biology Reporter*, v. 38, n. 1, p. 137-150, 2020.

KAUR, G. et al. A. Screening corn hybrids for soil waterlogging tolerance at an early growth stage. *Agriculture*, v. 9, n. 2, p. 1-18, 2019.

KUMAWAT, G.; SHAHI, J. P.; KUMAR, M. Assessment of genetic diversity of maize (*Zea mays* L.) hybrids under water logging condition. *Electronic Journal of Plant Breeding*, v. 11, n. 1, p. 252-258, 2020.

KUPPEL, S. et al. What does it take to flood the Pampas?: Lessons from a decade of strong hydrological fluctuations. *Water Resources Research*, v. 51, n. 4, p. 2937-950. 2015.

LUCHE, H. S. et al. Prediction of parental combination for introduction of stay-green associated loci in wheat. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, v. 20, n. 2, p. 73-80, 2017.

MELO, T. S. et al. Efeito do sistema de cultivo e manejo do solo no estabelecimento de soja em terras baixas. *Brazilian Journal of Development*, v. 7, n. 2, p. 18905-18912, 2021.

MIYAZAWA, S. I.; LIVINGSTONE, N. J.; TURPIN, D. H. Stomatal development in new leaves is related to the stomatal conductance on mature leaves in poplar (*Populus trichocarpa* x *P. deltoides*). *Journal of Experimental Botany*, v. 57, n. 2, p. 373-380, 2006.

OLGUN, M. et al. The effect of waterlogging in wheat (*T. aestivum* L.). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Plant Soil Science*, v. 58, n. 3, p. 193-198, 2008.

OLIVEIRA, D. M. et al. Desempenho de genitores e populações segregantes de trigo sob estresse de calor. *Bragantia*, v. 70, n. 1, p. 25-32, 2011.

PLOCHUK, R. A. et al. Waterlogging of winter crops at early and late stage: impacts on leaf physiology, growth and yield. *Frontiers in Plant Science*, v. 9, n. 1863, p. 1-15, 2018.

SHIFERAW, B. et al. Crops that feed the world 10. Past successes and future challenges to the role played by wheat in global food security. *Food Security*, v. 5, n. 3, p. 291-317, 2013.

SUNDGREN, T. K. et al. Field screening of waterlogging tolerance in spring wheat and spring barley. *Agronomy*, v. 8, n. 4, p. 1-17, 2018.

TERRA, T. G. R. et al. Características de tolerância à seca em genótipos de uma coleção nuclear de arroz de terras altas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 50, n. 4, p. 788-796, 2015.

VALLIYODAN, B. et al. 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.

YADAV, S. et al. Assessment of diversity for yield and its component traits in F₂ population of wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity conditions. Applied Biological Research, v. 20, n. 3, p. 256-261, 2018.

YAN, M. et al. Proteomic dissection of the similar and different responses of wheat to drought, salinity and submergence during seed germination. Journal of Proteomics, v. 220, n. 30, p. 1- 14, 2020.

ZHANG, Y. et al. Global gene expression in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) leaves to waterlogging stress. Plos ONE, v. 12, n. 9, p. 1-24, 2017.