

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA  
CAMPUS ITAQUI  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**MATHEUS DE LIMA SOARES**

**ANÁLISE DIALÉLICA E HETEROSE COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE  
GENITORES DE TRIGO PARA O AMBIENTE DE TERRAS BAIXAS**

---

**Itaqui, RS, Brasil  
2023**

**MATHEUS DE LIMA SOARES**

**ANÁLISE DIALÉLICA E HETEROSE COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE  
GENITORES DE TRIGO PARA O AMBIENTE DE TERRAS BAIXAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel de Engenheiro Agrônomo.

**Orientador: Guilherme Ribeiro**

**Itaqui, RS, Brasil  
2023**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais).

S676a Soares, Matheus de Lima Soares

Análise dialélica e heterose como ferramenta para seleção de genitores de trigo  
para o ambiente de terras baixas./ Matheus de Lima Soares. 11 de julho de 2023.

17 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Agronomia) – Universidade  
Federal do Pampa. 2023.

Orientação: Guilherme Ribeiro.

1. Melhoramento genético. 2. Capacidade geral de combinação. 3. Capacidade  
especifica de combinação. 4. População segregante I. Ribeiro, Guilherme II. Análise  
dialélica e heterose como ferramenta para seleção de genitores de trigo para o ambiente  
de terras baixas.

**MATHEUS DE LIMA SOARES**

**ANÁLISE DIALÉTICA E HETEROSE COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE  
GENITORES DE TRIGO PARA O AMBIENTE DE TERRAS BAIXAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Agronomia da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharel de Engenheiro Agrônomo.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em: 11, julho de 2023.

Banca examinadora:

---

Prof. Dr. Guilherme Ribeiro  
Orientador  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Allan Alves Fernandes  
(UNIPAMPA)

---

Prof. Dr. Daniel Andrei Robe Fonseca  
(UNIPAMPA)

## RESUMO

### ANÁLISE DIALÉLICA E HETEROSE COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE GENITORES DE TRIGO PARA O AMBIENTE DE TERRAS BAIXAS

O trigo é um importante cereal consumido em todo o mundo, no Brasil a área cultivada e a produção estão crescendo, no entanto o país ainda depende do mercado externo para suprir a demanda pelo produto. O caminho para a autossuficiência está relacionado com o desenvolvimento de novas cultivares adaptadas às diferentes regiões edafoclimáticas e também a expansão para novas fronteiras agrícolas. A análise dialélica é uma excelente alternativa de seleção de genitores, permite definir melhores combinações entre genitores e também permite a identificação de cruzamentos promissores. Objetivo do trabalho foi avaliar a análise dialélica e estimar heterose como ferramenta de seleção de genitores de trigo através de uma população segregante  $F_2$ , para o ambiente de terras baixas. Foram avaliados seis genitores, BRS Reponte, Fundacep Horizonte, ORS Ametista, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia, CD 1705 e as populações segregantes do dialelo parcial, as variáveis foram peso de espiga (PE), em gramas, números de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos (PGE), em gramas. Os dados foram submetidos a análise de variância, os resultados das somas dos quadrados foram decompostos em capacidade geral e específica, após a comparação de médias foi determinada a heterose. Para capacidade geral de combinação a cultivar BRS Reponte apresentou as maiores médias e apresentou estimativas positivas para todos os caracteres, os genitores CD 1705 e Fundacep Horizonte tiveram estimativas positivas para os caracteres PE e PGE. Com relação a heterose para variável PE as populações TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705, ORS Ametista X TBIO Sintonia e Fundacep Horizonte X ORS Ametista apresentaram valores positivos, para variável NGE somente a população BRS Reponte X CD 1705 apresentou efeito negativo para heterose, para variável PGE as populações TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705 apresentaram efeitos positivos para heterose. Com relação a capacidade específica de combinação para variáveis PE e NGE várias populações segregantes apresentaram estimativas positivas, ou seja, com incremento nos valores, para variável NGE as populações BRS Reponte X Fundacep Horizonte, BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X TBIO Bandeirante, BRS Reponte X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte X ORS Ametista, Fundacep Horizonte X TBIO Bandeirante, Fundacep Horizonte X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte X CD 1705, ORS Ametista X TBIO TBIO Bandeirante, ORS Ametista X CD 1705, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 apresentaram estimativas positivas, para Para variável PGE as populações Fundacep Horizonte X ORS Ametista, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 tiveram estimativas positivas. Portanto o genitor BRS Reponte apresentou potencial produtivo e juntamente com os genitores, Fundacep Horizonte, CD 1705 e BRS Bandeirante podem ser empregado em cruzamentos, a população segregante TBIO Sintonia X CD1705 tem potencial para o avanço de geração e as combinações BRS Reponte X ORS Ametista, ORS Ametista X CD 1705 podem desenvolver genótipos promissores para PE, PGE e NGE.

**Palavras-Chave:** Melhoramento genético, capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação, população segregante.

## ABSTRACT

### DIALELLE ANALYSIS AND HETEROSE AS A TOOL FOR SELECTION OF WHEAT PARENTS FOR THE LOWLAND ENVIRONMENT

Wheat is an important cereal consumed worldwide, in Brazil the cultivated area and production are growing, however the country still depends on the foreign market to supply the demand for the product. The path to self-sufficiency is related to the development of new cultivars adapted to different edaphoclimatic regions, as well as the expansion to new agricultural frontiers. Diallel analysis is an excellent alternative for selecting parents, it allows defining better combinations between parents and also allows the identification of promising crosses. The objective of this work was to analyze the combining ability and estimate heterosis as a tool for selecting wheat parents through an F<sub>2</sub> segregating population, for the lowland environment. Six parents were evaluated, BRS Reponte, Fundacep Horizonte, ORS Ametista, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia, CD 1705 and the segregating populations of the partial diallel, the variables were ear weight (PE), in grams, number of grains per ear (NGE) and grain weight (PGE), in grams. The data were subjected to analysis of variance, the results of the sum of squares were decomposed into general and specific capacity, after comparing means, heterosis was determined. For general combining ability, the cultivar BRS Reponte had the highest averages and presented positive estimates for all characters, the parents CD 1705 and Fundacep Horizonte had positive estimates for PE and PGE characters. With regard to heterosis for the PE variable, the TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705, ORS Ametista X TBIO Sintonia and Fundacep Horizonte X ORS Ametista populations showed positive values, for the NGE variable, only the BRS Reponte X CD 1705 population showed a negative effect for heterosis, for the PGE variable, the populations TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia and TBIO Sintonia X CD 1705 showed positive effects for heterosis. Regarding the specific combining ability for PE and NGE variables, several segregating populations showed positive estimates, that is, with increment in values, for the NGE variable, the populations BRS Reponte X Fundacep Horizonte, BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X TBIO Bandeirante, BRS Reponte X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte X ORS Ametista, Fundacep Horizonte X TBIO Bandeirante, Fundacep Horizonte X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte X CD 1705, ORS Ametista X TBIO TBIO Bandeirante, ORS Ametista X CD 1705, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 presented positive estimates, for the PGE variable the populations Fundacep Horizonte X ORS Ametista, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 had positive estimates. Therefore, the parent BRS Reponte showed productive potential and together with the parents, Fundacep Horizonte, CD 1705 and BRS Bandeirante can be used in crosses, the segregating population TBIO Sintonia X CD1705 has potential for generation advancement and the combinations BRS Reponte X ORS Ametista, ORS Ametista X CD 1705 can develop promising genotypes for PE, PGE and NGE.

**Keywords:** Genetic improvement, general combining ability, specific combining ability, segregating population.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quadrados médios da análise de variância para os tratamentos, capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), para as variáveis, peso de espiga (PE), em g, número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g. .... 11

Tabela 2: Médias para peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g, dos genitores BRS Reponte (Reponte), Fundacep Horizonte (Horizonte), ORS Ametista (Ametista), TBIO Bandeirante (Bandeirante), TBIO Sintonia (Sintonia), CD 1705 (1705) e suas respectivas populações segregantes F<sub>2</sub>. .... 12

Tabela 3: Capacidade geral de combinação (gi), para os caracteres peso de espiga (PE), em g, número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g, dos genitores BRS Reponte (Reponte), Fundacep Horizonte (Horizonte), ORS Ametista (Ametista), TBIO Bandeirante (Bandeirante), TBIO Sintonia (Sintonia), CD 1705 (1705). .... 12

Tabela 4: Estimativa para heterose em relação à média dos genitores, em %, para peso de espiga (PE), em g, número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g. .... 13

Tabela 5: Estimativas dos os efeitos da Capacidade Específica de Combinação (CEC) para as variáveis: peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g. .... 13

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	11
3. RESULTADOS.....	11
4. DISCUSÃO.....	13
5. CONCLUSÃO .....	15
6. REFERÊNCIAS.....	15



## ANÁLISE DIALÉLICA E HETEROSE COMO FERRAMENTA PARA SELEÇÃO DE GENITORES DE TRIGO PARA O AMBIENTE DE TERRAS BAIXAS

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi avaliar a análise dialélica e estimar heterose como ferramenta de seleção de genitores de trigo através de uma população segregante  $F_2$ , para o ambiente de terras baixas. Foram avaliados seis genitores, BRS Reponete, Fundacep Horizonte, ORS Ametista, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia, CD 1705 e as populações segregantes do dialelo parcial, as variáveis foram peso de espiga (PE), em gramas, números de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos (PGE), em gramas. Os dados foram submetidos a análise de variância, os resultados das somas dos quadrados foram decompostos em capacidade específica de combinação e geral, após a comparação de médias foi determinada a heterose. Para capacidade geral de combinação a cultivar BRS Reponete apresentou as maiores médias e apresentou estimativas positivas para todos os caracteres, os genitores CD 1705 e Fundacep Horizonte tiveram estimativas positivas para os caracteres PE e PGE. Com relação a heterose para variável PE as populações TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705, ORS Ametista X TBIO Sintonia e Fundacep Horizonte X ORS Ametista apresentaram valores positivos, para variável NGE, somente a população BRS Reponete X CD 1705 apresentou efeito negativo para heterose, para variável PGE, as populações TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705 apresentaram efeitos positivos para heterose. Com relação a capacidade específica de combinação, para variáveis PE e NGE várias populações segregantes apresentaram estimativas positivas, ou seja, com incremento nos valores, para variável PGE as populações Fundacep Horizonte X ORS Ametista, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 tiveram estimativas positivas. Portanto o genitor BRS Reponete apresentou potencial produtivo e juntamente com os genitores, Fundacep Horizonte, CD 1705 e BRS Bandeirante podem ser empregados em cruzamentos, a população segregante TBIO Sintonia X CD1705 tem potencial para o avanço de geração e as combinações BRS Reponete X ORS Ametista, ORS Ametista X CD 1705 podem desenvolver genótipos promissores para PE, PGE e NGE.

**Palavras-chave:** Melhoramento genético, Capacidade geral de combinação, Capacidade específica de combinação, população segregante.

## DIALELLE ANALYSIS AND HETEROSE AS A TOOL FOR SELECTION OF WHEAT PARENTS FOR THE LOWLAND ENVIRONMENT

**ABSTRACT:** The objective of this work was to analyze the combining ability and estimate heterosis as a tool for selecting wheat parents through an  $F_2$  segregating population, for the lowland environment. Six parents were evaluated, BRS Reponete, Fundacep Horizonte, ORS Ametista, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia, CD 1705 and the segregating populations of the partial diallel, the variables were ear weight (PE), in grams, number of grains per ear (NGE) and grain weight (PGE), in grams. The data were subjected to analysis of variance, the results of the sum of squares were decomposed into specific and general combining ability, after comparing the means, heterosis was determined. For general combining ability, the cultivar BRS Reponete had the highest averages and presented positive estimates for all characters, the parents CD 1705 and Fundacep Horizonte had positive estimates for PE and PGE characters. With regard to heterosis for the PE variable, the TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705, ORS Ametista X TBIO Sintonia and Fundacep Horizonte X ORS Ametista populations showed positive values, for the NGE variable, only the BRS Reponete X CD 1705 population showed a negative effect for heterosis, for the PGE variable, the populations TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia and TBIO Sintonia X CD 1705 showed positive effects for heterosis. Regarding the specific combining ability for PE and NGE variables, several segregating populations showed positive estimates, that is, with increment in values, for the PGE variable, the populations Fundacep Horizonte X ORS Ametista, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 had positive estimates. Therefore, the parent BRS Reponete showed productive potential and together with the parents, Fundacep Horizonte, CD 1705 and BRS Bandeirante can be used in crosses, the segregating population TBIO Sintonia X CD1705 has potential for generation advancement and the combinations BRS Reponete X ORS Ametista, ORS Ametista X CD 1705 can develop promising genotypes for PE, PGE and NGE.

**Keywords** Genetic improvement, general combining ability, specific combining ability, segregating population

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um importante cereal consumido em todo mundo. Durante a safra de 2023 a área cultivada no Brasil foi de 3.385,5 milhões de hectares, havendo um aumento de 9,7 %, a produção média foi de 3.092 kg ha<sup>-1</sup> tendo um incremento de 10,3 %, a produção brasileira girou em torno de 9 milhões de toneladas, com um aumento expressivo, cerca de 17,6 %, em relação à safra anterior (CONAB, 2023). Apesar do grande avanço produtivo dos últimos anos, o Brasil ainda depende de mercados alternativos para suprir a sua demanda, na safra de 2022 cerca de 6.500 milhões de toneladas foram importados, a maioria proveniente da Argentina, em termos de exportação, aproximadamente 2.500 milhões de toneladas foram destinados ao mercado externo (CONAB, 2023). Uma das alternativas para autossuficiência brasileira está atrelado ao desenvolvimento de cultivares, mais produtivas e adaptadas às diferentes condições edafoclimáticas, além de explorar novas fronteiras agrícolas (SOUZA, 2020).

A região da Fronteira Oeste do Rio Grande do Sul é caracterizada pelos solos hidromórficos, ambiente de várzea, estes solos estão associados normalmente a camadas superficiais pouco profundas, a camada subsuperficial com baixa permeabilidade, seu relevo plano a levemente ondulado (PINTO et al., 2004). Estas condições permitem que essa região seja uma importante produtora de grãos, com grande destaque para a orizicultura. Durante a safra de 2022/2023 foram cultivados aproximadamente 259.321 mil ha de arroz irrigado por inundação, o cultivo da soja vem ganhando mais espaço no sistema de rotação de culturas, abrangendo uma área de 61.688 ha (IRGA, 2023). Durante o inverno a maioria destas áreas são destinadas para atividade da pecuária, normalmente com utilização de pastagem nativa ou pastagens hibernais, como o azevém e a aveia, ou ainda são deixadas em pousio, neste caso, o cultivo do trigo é uma opção para a região, principalmente pensado em diversificação de cultivos (CARLOS e ANGHINONI, 2018).

No entanto o excesso hídrico pode ser um importante limitador para produtividade de trigo em terras baixas, no qual é responsável por inibição da absorção de oxigênio pelas raízes, também ocorrendo interferências quanto alguns manejos agrícolas como aplicações de químicos e a colheita (ZAMPIERI et al., 2017). Segundo estimativas da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura, 65 % dos danos causados em lavouras são decorrentes de estresses abióticos, sendo o encharcamento um dos responsáveis por impactos na agricultura (FAO, 2017). O melhoramento genético é uma alternativa para o enfrentamento deste problema, através do mesmo podem ser encontrados mecanismos ou características de tolerância a solos alagados (MUSTROPH, 2018).

Neste sentido o melhoramento genético pode atuar de forma relevante, ou seja, desenvolver cultivares que possuem a capacidade de adaptação às diferentes regiões e condições edafoclimáticas, deste modo agregando valor na produção brasileira (ROSA, 2019). A seleção de genitores é um processo fundamental para viabilizar o sucesso do melhoramento genético, as demais

etapas da condução de populações segregantes depende da melhor combinação dos genitores (INAMULLAH et al., 2006). Neste sentido é de grande importância a avaliação do potencial de ganho genético com relação à combinação dos genitores (BERTAN; CARVALHO; OLIVEIRA, 2007).

Através do programa de melhoramento genético é possível desenvolver cultivares que possam suportar estresses sofridos, como por exemplo o encharcamento, no entanto é fundamental realizar cruzamentos direcionados entre genótipos superiores, com objetivo de obter populações segregantes, que permitam a extração de linhagens superiores (ROCHA et al., 2014). Existem diferentes formas, metodologias, que podem ser utilizadas para selecionar genitores, a fim de formar populações segregantes e posteriormente realizar seleções, algumas são baseadas nos genitores, como por exemplo a média parental e a diversidade genética (PIMENTEL et al. 2013). Outras metodologias são fundamentadas através do estudo do comportamento das progênies, como por exemplo a análise dialélica, sendo que esta análise é uma forma promissora de predição para determinação de genitores e populações segregantes (PAULA, 2021).

A análise dialélica é uma alternativa que contribui para selecionar possíveis combinações de genitores, através da avaliação do comportamento de suas progênies, também contribui para identificação de cruzamentos promissores (CRUZ et al., 2012). A análise dialélica possibilita definir as melhores combinações entre os genitores, também é possível analisar o comportamento das linhagens oriundas dos cruzamentos, além disso os dialelos informam sobre a ação gênica que controla o caráter, a herança dos caracteres e a existência de heterose (BENIN et al., 2009). A metodologia para análise dialélica proposta por Griffing (1956), contribui para estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC). A CGC é condicionada pela ação gênica aditiva, enquanto a CEC mostra o comportamento das interações gênicas, esta análise está relacionada com efeitos gênicos não aditivos, permitindo avaliar a complementaridade entre genitores (THUNGO et al., 2022).

Avaliações a respeito do número de grãos, massa de espiga e grãos são muito importantes para o melhoramento, uma vez que são responsáveis pela produtividade, podendo ser utilizados na seleção de genitores e populações segregantes (SHAMUYARIRA et al., 2021). Efeitos de correlações positivas para variáveis responsáveis pelos componentes de rendimento, implicam na possibilidade de ter um elevado rendimento de grãos (YAO, et al., 2014). Neste caso, avaliações como massa da espiga principal, número de grãos e massa de grãos da espiga possuem correlação muito forte com a produtividade, tornando-se variáveis importantes na seleção de genitores e populações segregantes (BUSATTO, 2023). O objetivo do trabalho foi avaliar a análise dialélica e estimar heterose como ferramenta de seleção de genitores de trigo através de uma população segregante F<sub>2</sub>, para o ambiente de terras baixas.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Itaquí-RS, latitude 29° 08' 17" S e longitude 56° 32' 55"

W, entre os meses de abril a outubro de 2020. A classificação climática é definida como subtropical (Cfa), ou seja, chuvas durante todos os meses do ano, sendo que no mês mais quente a temperatura média supera os 25 °C e no mês mais frio a temperatura média é inferior aos 15 °C (WREGE et al., 2012).

O preparo do solo foi realizado de forma convencional e a semeadura realizada de forma manual em abril de 2020. A adubação foi realizada de acordo com o manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, correspondendo a adubação base com 450 kg ha<sup>-1</sup> de adubo na formulação 5-20-20, contendo na sua formulação nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K). Já para adubação em cobertura foi utilizado 58 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio na formulação de ureia totalizando 128 kg ha<sup>-1</sup>, fracionadas em duas (2) aplicações, a primeira no perfilhamento e a segunda no alongamento (BONA et al., 2016).

Os genitores foram selecionados no ano de 2018, conforme aptidão de tolerância ao estresse hídrico por encharcamento (CARAZZO, 2018), no mesmo ano ocorreram as hibridações, conduzidos em vasos e em casa de vegetação. Durante o ano de 2019 foram conduzidas as populações F<sub>1</sub> para multiplicação de sementes, em função da baixa disponibilidade de sementes. Portanto foram avaliados as populações segregantes F<sub>2</sub> das hibridações artificiais. Foram avaliados seis (6) genitores: BRS Reponte, Fundacep Horizonte, ORS Ametista, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia e CD 1705 e as populações resultantes do dialélico parcial. Os genitores e as populações segregantes foram conduzidos em delineamento de blocos casualizados, com duas (2) repetições, cada unidade experimental possuía um (1) metro de comprimento com 0,20 m entre linhas, inicialmente foram semeadas 20 sementes por unidade experimental, devido baixas quantidades de sementes disponíveis, após a emergência das plantas foi realizado um desbaste com objetivo de padronizar a população de plantas, neste caso foram deixadas dez (10) plantas por unidade experimental, para as avaliações foram marcadas a espiga principal de cada planta.

Foram avaliadas as seguintes variáveis:

i) Peso de espiga (PE), em gramas (g), obtido através da média aritmética das espigas principais de dez (10) plantas;

ii) Número de grãos por espiga (NGE), determinado a partir da média aritmética das 10 espigas da determinação do PE.

iii) Peso de grãos (PGE), em gramas (g), determinado através da média aritmética de 10 espigas que haviam sido avaliadas para as variáveis PE e NGE.

Os dados foram submetidos à análise de variância através do programa computacional genes (CRUZ, 2013). Com base nos resultados, as somas de quadrados dos tratamentos foram decompostas em capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC), seguindo o modelo de Griffing, através do seguinte modelo (GRIFFING, 1956):

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + S_{ij} + \epsilon_{ij}, \text{ onde:}$$

$Y_{ij}$ : Valor médio da combinação híbrida ou do genitor ( $i \neq j$ ) ou do genitor;

m: média geral;

$g_i, g_j$ : Efeitos da capacidade geral de combinação do i-ésimo e j-ésimo genitor, respectivamente;

$S_{ij}$ : Efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j;

$\epsilon_{ij}$ : Erro experimental médio.

Após foi realizado a comparação de médias entre genitores e as populações segregantes, após foi determinada a heterose em relação à média dos genitores (CRUZ, 2013; CAPELIN, 2014). Onde:

$$H_{MP} = [(F - MG)/MG] * 100, \text{ onde:}$$

$H_{MP}$ : É a estimativa da heterose em relação à média dos genitores;

F: É a média da população segregante;

MG: É a média dos genitores

### 3. RESULTADOS

Conforme a análise de variância, houve significância para as variáveis PE, NG e PGE a 5 % de significância, em relação aos quadrados médios de tratamento (Tabela 1). Desta forma foi desdobrado a soma dos quadrados de tratamento em CGC e CEC, conforme o método de GRIFFING (1956). Os quadrados médios para CGC demonstraram não significativos para todos os caracteres, enquanto para CEC houve significância entre os caracteres. Com relação ao coeficiente de variação (CV), houve boa precisão experimental, variando entre 9,84 % e 14,23 %. Com relação à magnitude dos quadrados médios de CGC e CEC, é possível verificar que em todas as variáveis foi maior para CGC.

**Tabela 1:** Quadrados médios da análise de variância para os tratamentos, capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação, para as variáveis, peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE); e peso de grãos por espiga (PGE), em g.

FV	GL	Quadrados médios		
		PE	NGE	PGE
Tratamento	20	0,05**	39,00*	0,03**
CGC	5	0,10 <sup>ns</sup>	57,30 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
CEC	15	0,04*	32,90*	0,03*
CV		9,94	9,84	14,23

\*\* e \* Significativo a 5 e 1 %, respectivamente, de probabilidade de erro pelo teste F ; <sup>ns</sup> Não significativo.

As médias dos genitores são encontrados na diagonal e sobre ela a combinação entre os genitores, a geração F<sub>2</sub>, deste modo foi verificada diferença significativa entre genitores e os cruzamentos dialélicos (Tabela 2).

**Tabela 2:** Médias para as variáveis peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g, entre os genitores BRS Reponte (Reponte), Fundacep Horizonte (Horizonte), ORS Ametista (Ametista), TBIO Bandeirante (Bandeirante), TBIO Sintonia (Sintonia), CD 1705 (1705) e suas respectivas populações segregantes F<sub>2</sub>.

Genitores	Peso de espiga (PE)					
	Reponte	Horizonte	Ametista	Bandeirante	Sintonia	1705
Reponte	1,77 a*	1,33 b	1,40 b	1,22 c	1,38 b	1,15 c
Horizonte		1,50 b	1,28 c	1,27 c	1,14 c	1,28 c
Ametista			1,07 c	1,13 c	1,16 c	1,24 c
Bandeirante				1,20 c	1,33 b	1,22 c
Sintonia					1,09 c	1,41 b
1705						1,41 b
Genitores	Número de grãos por espiga (NGE)					
	Reponte	Horizonte	Ametista	Bandeirante	Sintonia	1705
Reponte	42 a	42 a	43 a	44 a	56 a	38 a
Horizonte		36 b	38 a	40 a	41 a	39 a
Ametista			29 b	38 a	34 b	40 a
Bandeirante				36 b	46 a	39 a
Sintonia					30 b	39 a
1705						39 a
Genitores	Peso de grãos por espiga (PGE)					
	Reponte	Horizonte	Ametista	Bandeirante	Sintonia	1705
Reponte	1,14 a	0,76 b	0,78 b	0,70 b	0,74 b	0,59 c
Horizonte		0,86 b	0,74 b	0,70 b	0,59 c	0,74 b
Ametista			0,77 b	0,54 c	0,62 c	0,65 c
Bandeirante				0,76 b	0,79 b	0,71 b
Sintonia					0,53 c	0,76 b
1705						0,83 b

\* Médias seguidas pela mesma letra para variável, PE, NGE e PGE, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para o caractere peso de espiga (PE) a cultivar BRS Reponte obteve a maior média, diferindo dos demais genótipos (Tabela 2), deve ser observado que para CGC (Tabela 3) essa cultivar apresentou estimativa positiva para o caráter PE. As cultivares Fundacep Horizonte e CD 1705 não diferiram das combinações TBIO Sintonia X CD 1705, BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X TBIO Sintonia, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e BRS Reponte X Fundacep Horizonte (Tabela 2). Um fato observado é de que estas cultivares apresentaram estimativas positivas para CGC (Tabela 3). Já as cultivares ORS Ametista, TBIO Sintonia e TBIO Bandeirante apresentaram as menores médias para PE (Tabela 2), em relação a CGC apresentaram estimativas negativas (Tabela 3), não diferiram estatisticamente entre si e dos demais cruzamentos.

Para variável NGE, os genitores BRS Reponte e CD 1705 obtiveram as maiores médias, para CGC obtiveram estimativas positiva e neutra, respectivamente (Tabela 3), sendo superiores ao cruzamento ORS Ametista

x TBIO Sintonia e aos demais genitores, que para CGC obtiveram estimativas negativas, não diferindo das demais populações segregantes.

Para a variável PGE a cultivar BRS Reponte apresentou a maior média, diferindo dos demais genótipos (Tabela 2), sendo que para CGC apresentou estimativas positivas (Tabela 3). As cultivares Fundacep Horizonte, CD 1705, ORS Ametista, TBIO Bandeirante, TBIO Sintonia e os cruzamentos TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X Fundacep Horizonte, TBIO Sintonia X CD 1705, BRS Reponte X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte X ORS Ametista, Fundacep Horizonte X CD 1705, Bandeirante X CD 1705, BRS Reponte X TBIO Bandeirante e Fundacep Horizonte X TBIO Bandeirante foram intermediárias (Tabela 2). As cultivares Fundacep Horizonte e CD 1705 tiveram estimativas positivas, porém de menor magnitude, as cultivares ORS Ametista, TBIO Bandeirante e TBIO Sintonia apresentaram estimativas negativas para CGC (Tabela 3)

**Tabela 3:** Capacidade geral de combinação (gi), para os caracteres peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g; dos genitores BRS Reponte (Reponte), Fundacep Horizonte (Horizonte), ORS Ametista (Ametista), TBIO Bandeirante (Bandeirante), TBIO Sintonia (Sintonia), CD 1705 (1705).

Caracteres	Capacidade Geral de Combinação					
	Reponte	Horizonte	Ametista	Bandeirante	Sintonia	1705
PE	0,100	0,038	-0,080	-0,053	-0,049	0,016
NGE	3,000	-0,125	-2,750	0,750	-0,875	0,000
PGE	0,094	0,019	-0,029	-0,017	-0,067	0,001

Com base nas estimativas para CGC (Tabela 3) pode ser verificado que o genitor BRS Reponte obteve

estimativas de positivas e de maior magnitude em todos os caracteres, PE, NGE e PGE, observa-se que a maior

magnitude ocorreu para variável NGE (3,00), evidenciando uma elevada CGC. O genitor CD 1705 obteve estimativas positivas para os caracteres PE e PGE, no entanto de magnitudes baixas, para o caractere NGE apresentou estimativa neutra. O genitor Fundacep Horizonte apresentou estimativas positivas em relação a CGC para os caracteres PE e PGE e negativa para o caractere NGE, já genitor TBIO Bandeirante apresentou estimativa positiva para o caráter NGE e negativas para PE e PGE. Os genitores ORS Ametista e TBIO Sintonia apresentaram estimativas negativas para todos os caracteres, NGE e PGE, pode ser observado que para o caractere NGE o genitor ORS Ametista apresentou maior magnitude (-2,750).

Com relação a heterose (Tabela 4), para variável peso de espiga (PE) quatro populações segregantes apresentaram valores positivos, Fundacep Horizonte X ORS Ametista, ORS Ametista X TBIO Sintonia, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705, a população ORS Ametista X CD 1705 apresentou heterose neutra, as demais populações apresentaram valores negativos para heterose. Para variável NGE todas as populações segregantes apresentaram efeitos positivos, exceto a BRS Reponete X CD 1705 apresentou efeito negativo para heterose. Com relação a variável PGE as populações TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705 apresentaram efeitos positivos para heterose, as demais apresentaram efeitos negativos.

**Tabela 4:** Estimativa para heterose em relação à média dos genitores, em %, para peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g.

Genótipos*	Variáveis		
	PE	NGE	PGE
Reponete X Horizonte	-18,65	7,69	-24,00
Reponete X Ametista	-1,41	21,13	-18,32
Reponete X Bandeirante	-17,84	12,82	-26,31
Reponete X Sintonia	-3,50	27,78	-11,38
Reponete X 1705	-2,77	-6,17	-40,10
Horizonte X Ametista	0,40	16,92	-9,20
Horizonte X Bandeirante	-5,92	11,11	-13,58
Horizonte X Sintonia	-11,97	24,24	-15,11
Horizonte X 1705	-12,03	4,00	-12,43
Ametista X Bandeirante	-0,44	16,92	-29,41
Ametista X Sintonia	7,41	15,25	-4,61
Ametista X 1705	0,00	17,65	-18,75
Bandeirante X Sintonia	16,16	39,39	22,48
Bandeirante X 1795	-6,51	4,00	-10,69
Sintonia X 1705	12,80	13,04	11,76

\* BRS Reponete (Reponete), Fundacep Horizonte (Horizonte), ORS Ametista (Ametista), TBIO Bandeirante (Bandeirante), TBIO Sintonia (Sintonia), CD 1705 (1705).

Com relação a CEC, para variável PE as populações segregantes BRS Reponete X ORS Ametista, BRS Reponete X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte X ORS Ametista, ORS Ametista X TBIO Sintonia, ORS Ametista X CD 1705, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705 obtiveram estimativas positivas, as demais possuíam estimativas negativas (Tabela 5). Para variável NGE todas as populações segregantes F<sub>2</sub> apresentaram estimativas positivas, exceto

as combinações BRS Reponete X CD 1705, ORS Ametista X Sintonia e ORS Ametista X CD 1705. Para variável PGE as populações Fundacep Horizonte X ORS Ametista, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705 tiveram estimativas positivas, enquanto as demais constituições obtiveram estimativas negativas.

**Tabela 5:** Estimativas dos os efeitos da Capacidade Específica de Combinação (CEC) para as variáveis: peso de espiga (PE), em g; número de grãos por espiga (NGE) e peso de grãos por espiga (PGE), em g.

Genótipos *	Variáveis		
	PE	NGE	PGE
Reponete X Horizonte	-0,121	0,125	-0,811
Reponete X Ametista	0,677	3,750	-0,014
Reponete X Bandeirante	-0,140	1,250	-0,105
Reponete X Sintonia	0,016	4,875	-0,015
Reponete X 1705	-0,279	-4,000	-0,234
Horizonte X Ametista	0,037	1,875	0,021
Horizonte X Bandeirante	-0,002	0,375	-0,030
Horizonte X Sintonia	-0,134	3,000	-0,090
Horizonte X 1705	-0,059	0,125	-0,009
Ametista X Bandeirante	-0,021	1,000	-0,142
Ametista X Sintonia	0,005	-1,375	-0,012
Ametista X 1705	0,020	3,750	-0,051
Bandeirante X Sintonia	0,147	7,125	0,146
Ametista X 1705	-0,028	-0,750	-0,002
Sintonia X 1705	0,159	0,875	0,098

\* BRS Reponete (Reponete), Fundacep Horizonte (Horizonte), ORS Ametista (Ametista), TBIO Bandeirante (Bandeirante), TBIO Sintonia (Sintonia), CD 1705 (1705).

#### 4. DISCUSSÃO

A significância dos quadrados médios da análise de variância em relação às variáveis e tratamento indicam que existem variabilidade genética entre genitores e populações segregantes F<sub>2</sub>, portanto a variação genética pode ser dividida em variância aditiva e não aditiva (GOLPARVAR et al., 2011; SHAMSABADI et al., 2020) (Tabela 1). Sendo assim, as estimativas de CGC e CEC contribuem para escolhas de genitores uma vez que elas estão associadas com a variabilidade genética (SANTOS, 2019). Os efeitos maiores para CGC evidenciam a contribuição da ação gênica aditiva no controle dos caracteres estudados, isso pode ser atribuído devido a divergência genética entre os genitores, normalmente a proporção de CGC aumenta em relação a CEC conforme aumenta a divergência genética (MOHAMMADI et al., 2021).

A classificação do coeficiente de variação (CV) é um elemento importante, desta forma, pode-se realizar inferências com relação à confiabilidade do experimento e consequentemente dos resultados, ou seja, permite quantificar a precisão da pesquisa (SCHMIDT et al. 2019). O CV variou entre 9,84 e 14,23 % (Tabela 1), podendo ser classificado como baixo (BENIN et al., 2013). Estes resultados foram similares a trabalhos de capacidade combinatória realizados com as culturas de trigo

envolvendo genes de nanismo (CAPELIN, 2014), análise dialética e escolha de populações segregantes soja via modelos mistos (PAULA, 2021) e análise dialética em populações de soja (SILVA 2021).

Variáveis como peso de espiga, número de grãos por espiga e peso de grãos por espiga possuem correlação positiva com a produtividade, ou seja, o aumento nestas características pode proporcionar um incremento no rendimento de grãos (LOZINSKIY et al., 2021). Neste caso essas variáveis podem servir de critério para seleção de genitores, além disso podem contribuir para seleção e avanço de populações. Deste modo a cultivar BRS Reponte se destacou em todas as variáveis e a cultivar CD 1705 se destacou na variável NGE e ficou com valores intermediários para as variáveis PE e PGE, podendo ser utilizadas como genitores no melhoramento genético (Tabela 2). Existe a possibilidade de selecionar populações de trigo através da avaliação de características como massa de espiga e número de grãos de espiga devido a sua correlação com o rendimento final de grãos, mesmo que não sejam as únicas variáveis que indicam associações com rendimentos de grãos (TERRILE et al., 2017). As populações segregantes BRS Reponte X Fundacep Horizonte, BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X TBIO Sintonia, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia se destacaram por elevados índices para NGE e valores intermediários para PE e PGE enquanto TBIO Sintonia X CD 1705 teve destaque para variável PE e valores intermediários para NGE e PGE (Tabela 2), portanto possuem grande potencial para altas produtividades e consequentemente identificação de progênies superiores.

A seleção de genitores adequados e informações de ação gênica de características são ferramentas extremamente importantes para o melhoramento genético. Os efeitos de CGC contribuem para a seleção de pais com potencial genético de desenvolver novos genótipos com características desejáveis (GRAMAJE et al., 2020). A CGC é determinada pela ação gênica aditiva do genitor que é passada para população segregante, deste modo genitores que apresentarem maiores estimativas e positivas podem contribuir para aumento da característica avaliada, ao passo que estimativas negativas e inferiores reduzem a manifestação da característica, em relação a população segregante (LIANG et al., 2019). O genitor BRS Reponte demonstrou maiores estimativas, positivas, para as variáveis PE, NGE e PGE (Tabela 3), então pode-se inferir que este genitor pode ser utilizado em cruzamentos visando aumentar essas características no melhoramento genético. Os genitores Fundacep Horizonte e CD 1705 apresentaram estimativas positivas para as variáveis PE e NGE, que podem ser utilizados em cruzamentos com objetivo de aumentar essas características. Já BRS Bandeirante apresentou estimativas positivas somente para variável NGE, neste caso quando se optar para aumentar esta característica pode-se ser utilizado este genitor no cruzamento.

A heterose pode ser definida como a superioridade da população segregante em relação aos seus genitores, também é a função da complementaridade alélica, grau de dominância e interações epistáticas (TEODORO et al., 2019). Estimativas de heterose contribuem para o ganho genético, ou seja, demonstram

melhorias quando comparados com genitores, portanto essas estimativas são importantes para o desenvolvimento de progênies e consequentemente realizar o avanço da população segregante (FARIAS, 2020). As populações segregantes TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705 demonstraram ser promissoras, com estimativas positivas para todos os caracteres (Tabela 4). Para o caractere PE destacam-se as populações segregantes TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia, TBIO Sintonia X CD 1705, ORS Ametista X TBIO Sintonia e com menor expressão Fundacep Horizonte X ORS Ametista. Para NGE todas as populações segregantes, exceto a BRS Reponte X CD 1705, demonstraram potencial para esta variável. Para o caractere PGE somente a população segregante TBIO Sintonia X CD 1705 e TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia demonstraram aptidão para essa variável.

O efeito da CEC demonstra as diferenças nas frequências gênicas entre genitores, é representada pelo desvio do resultado no desempenho médio da combinação híbrida e de seus genitores, podendo ser afetado por condições ambientais externas (LIANG et al., 2019). A capacidade específica de combinação demonstra efeitos gênicos não aditivos, ou seja, analisa a complementação entre genitores em relação às frequências dos alelos com dominância, valores próximos de zero indicam que as combinações entre genitores se comportam conforme o esperado para CGC, já altos valores positivos ou negativos, indicam que o desempenho da combinação é superior ou inferior ao esperado, com base na CGC (CRUZ e REGAZZI, 1997; GRAMAJE et al., 2020).

Para o melhoramento genético é muito importante estimativas positivas para CEC, no entanto essas combinações devem envolver pelo menos um (1) genitor com elevada CGC (PAINI et al., 1996; SILVA, 2022). Desta forma para PE as populações BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X TBIO Sintonia, Fundacep Horizonte x ORS Ametista, ORS Ametista X CD 1705 e TBIO Sintonia X CD 1705 apresentam possibilidades para desenvolver genótipos superiores (Tabela 5). Com relação ao caractere NGE, as populações BRS Reponte X Fundacep Horizonte, BRS Reponte X ORS Ametista, BRS Reponte X TBIO Bandeirante, BRS Reponte X TBIO Sintonia, ORS Ametista X TBIO Bandeirante, TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia se destacaram para CEC, possuindo a capacidade de desenvolver genótipos superiores para NGE. Para PGE as populações Fundacep Horizonte X ORS Ametista e TBIO Sintonia X CD 1705 se destacaram para CEC, portanto se tem a possibilidade destes cruzamentos desenvolverem genótipos com elevados PGE.

## 5. CONCLUSÃO

A cultivar BRS Reponte se destacou com grande potencial produtivo, também obteve estimativas positivas para CGC, podendo ser utilizado em cruzamentos visando o aumento de PE, NGE e PGE.

As cultivares Fundacep Horizonte e CD 1705 podem ser utilizadas para o melhoramento genético de características de PE e NGE, já a BRS Bandeirante pode ser utilizada para o incremento da característica NGE

A população segregante TBIO Bandeirante X TBIO Sintonia e TBIO Sintonia X CD 1705 demonstrou

potencial o avanço de geração, devido maior estimativa de heterose.

As combinações BRS Reponte X ORS Ametista e BRS Reponte X TBIO Sintonia possuem potencial de desenvolver genótipos promissores para as características PE e NGE. As combinações ORS Sintonia X CD 1705 e Fundacep Horizonte X ORS Ametista possuem a capacidade de desenvolver genótipos promissores para as características PE e PGE.

## 6. REFERÊNCIAS

BENIN, G.; SILVA, G. O.; PAGLIOSA, E. S.; LEMES, C.; SIGNORINI, A.; BECHE, E.; CAPELIN, M. A. Combining ability of wheat genotypes estimated by multivariate analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1145-1151, 2009.

BENIN, G.; STORCK, L.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. A.; SCHUSTER, I. Precisão experimental de ensaios de trigo em regiões homogêneas de adaptação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 365-372, 2013.

BERTAN, I.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C. Parental selection strategies in plant breeding programs. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 10, p. 11-22, 2007.

BONA, F. D.; ESCOSTEGUY, P. A. V.; SOUSA, R. O. de.; SILVA, L. S. da.; GATIBONI, L. C. Grãos. In: Silva, L. S. da.; GATIBONI, L. C.; ANGHINONI, L. C.; SOUSA, R. O. de. **Manual de calagem e adubação para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Brasil: Editora: Sociedade brasileira de ciência do solo, 2016. p. 101-134.

BUSATTO, C. A. **Componentes da produtividade de grãos em linhagens de trigo**. 2023. 28 p. Trabalho de conclusão, Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Frederico Westphalen, 2023.

CAPELIN, M. A. **Heterose e capacidade de combinação em trigo envolvendo fontes de genes de nanismo**. 2014. 83 p. Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em produção vegetal, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2014.

CARAZZO, A. **Seleção de genitores de trigo para estresse hídrico em fase inicial**. 2018. 37 p. Trabalho de conclusão, Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA), Itaqui, 2018.

CARLOS, F. S.; ANGHINONI, I. O cenário para diversificação. In: CARMONA, F. C.; DENARDIN, L. G. O. de.; MARTINS, A. P.; ANGHINONI, I.; CARVALHO, P. C. F. de. **Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas**. Porto Alegre: Editora: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2018. p. 25-30.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos**, Brasília, v. 9, safra 2021/22, n. 10, 2023.

CRUZ, C. D. GENES - A software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2.ed. Viçosa: Ed. UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4.ed. Viçosa: Ed. UFV, 2012. 514p.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **The impact of disasters and crises on agriculture and food security**, Rome, p. 168, 2017

FARIAS, J. W. S. **Análise dialélica para descritores morfoagronômicos de híbridos de *Physalis angulata* L.** 2020. 54 p. Dissertação de Mestrado. Departamento de pós-graduação em recursos genéticos. Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), Feira de Santana, 2020.

GOLPARVAR, A. R.; MOTTAGHI, S.; LOTFIFAR, O. Diallel analysis of grain yield and its components in bread wheat genotypes under drought stress conditions. **Iranian Journal of Plant Production Technology**, v. 11 p. 51-61, 2011.

GRAMAJE, L. V.; CAGUIAT, J. D.; ENRIQUEZ, J. O. S.; CRUZ, Q. D.; MILLAS, R. A. CARAMPATANA, J. E.; TABANAO, D. A. A. Heterosis and combining ability analysis in CMS hybrid rice. **Euphytica**, v. 216, p. 1-22, 2020.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, v. 9, p. 462-493, 1956.

INAMULLAH, A.; MOHAMMAD, F.; DIN, S.; HASSAN, G.; GUL, R. Diallel analysis of the inheritance pattern of agronomic traits of bread wheat. **Pakistan Journal of Botany**. v. 38, p. 1169-1175, 2006.

IRGA - Instituto Riograndense do Arroz. **Boletim de Resultados da safra 2022/2023 em Terras Baixas: Arroz Irrigado e Soja, dados diversos**. Circular técnica, 10. IRGA - Instituto Riograndense do Arroz, 2023.

LIANG, D.; WANG, B.; SONG, S.; WANG, J.; WANG, L. WANG, Q.; REN, X.; ZHAO, X. Analysis of genetic effects on a complete diallel cross test of *Pinus koraiensis*. **Euphytica**. v. 215, p. 1-12, 2019.

LOZINSKIY, M.; BURDENYUK-TARASEVYCH, M.; LOZINSKA, T.; SABADYN, V.; SIDOROVA, I.; PANCHENKO, T.; FEDORUK, Y.; KUMANSKA, Y. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. **Agronomy Research**, v. 19, p. 540-551, 2021.

- MOHAMMADI, M.; MIRLOHI, A. MAJIDI, M. M.; KATLAEI, E. S. Emmer wheat as a source for trait improvement in durum wheat: a study of general and specific combining ability. **Euphytica**, v.1, p. 63-83, 2021.
- MUSTROPH, A. Improving flooding tolerance of crop plants. **Agronomy**, v. 8, p. 1-25, 2018.
- PAINI, J. N.; CRUZ, C. D. DELBONI, J. S. Capacidade combinatória e heterose em cruzamentos intervarietais de milho avaliados sob condições climáticas da região sul do Brasil. **Ceres**. v. 43, p. 288-300, 1996.
- PAULA, G. S. **Análise dialélica parcial e índices de seleção para escolha de populações segregantes de soja via modelos mistos**. 2021. p. 58. Tese de doutorado do programa de pós-graduação em fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2021.
- PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUSA, M. A.; MOURA, L. M.; ASSIS, J. C.; MACHADO, J. C. Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. **Bragantia**, v. 72, p. 113-121, 2013.
- PINTO, I. F. S.; NETO, J. A. L.; PAULETTO, E. A. Solos de várzea do sul do Brasil cultivados com arroz irrigado. *In*: PINTO, L. F. S.; NETO, J. A. L.; PAULETTO, E. A. **Arroz irrigado no sul do Brasil**. Brasília: Editora: Embrapa informação tecnológica, 2004. p. 75-95.
- ROCHA, F.; STINGHEN, J. C.; GEMELI, M. S.; COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F. Diallel analysis as a toll when selecting parents for beans. **Revista Ciência Agronômica**, v.45, p.74-81, 2014.
- ROSA, E. S. **Acompanhamento das etapas do melhoramento de trigo na biotrigo genética**. 2019. p. 33. Relatório de estágio, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- SANTOS, R. **Análise genética de genitores de soja [Glycine max L. Merrill] nas gerações F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> visando o melhoramento genético para semeadura antecipada**. 2019. 63 p. Tese de Doutorado. Departamento de produção vegetal. Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco, 2019.
- SCHMIDT, P.; HARTUNG, J.; BENNEWITZ, J.; PIEPHO, H. P. Heritability in plant breeding on a genotype-difference basis. **Genetics**, v. 212, p. 991-1008, 2019.
- SHAMSABADI E. E.; SABOURI, H. SOUGHI, S.; SAJADI. J. Genetic analysis of spike traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Genetika**, v. 52, p. 559-569, 2020.
- SHAMUYARIRA, K. W.; SHIMELIS, H.; MATHEW, I.; ZENGENI, R.; CHAPLOT, V. A meta-analysis of combining ability effects in wheat for agronomic traits and drought adaptation: implications for optimizing biomass allocation. **Crop Science**, v. 62, p.1-18, 2021.
- SILVA, C. M. **Seleção de genitores e potencial de populações segregantes de trigo**. 2022. 68 p. Dissertação de mestrado. Departamento de pós-graduação em Genética e Melhoramento. Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2022).
- SILVA. L. L. **Análise dialélica, parâmetros genéticos e índice de seleção em populações segregantes de soja**. 2021. 83 p. Dissertação de mestrado. Departamento de pós-graduação em Produção Vegetal. Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Uberlândia, 2021.
- SOUZA, R. G. de. **Trajectoria temporal e espacial da produção de trigo no Brasil**. 2020. 121 p. Dissertação de mestrado do programa de pós-graduação em agronegócios, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2020.
- TEODORO, L. P. R.; BHERING, L. L.; GOMES, B. E. L.; CAMPOS, C. N. S.; BAILO, F. H. R.; GAVA, R.; SILVA JÚNIOR, C. A.; TEODORO, P. A. Understanding the combining ability for physiological traits in soybean. **PolsOne**, v. 14, p. 1-13, 2019.
- TERRILE, I. I.; MIRALLES, D. J.; GONZÁLES, F. G.; Fruiting efficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.): trait response to different growing conditions and its relation to spike dry weight at anthesis and grain weight at harvest. **Field Crops Research**, v. 201, p.86-96, 2017.
- THUNGO, Z. G.; SHIMELIS, H.; MASHILO, J. Combining ability of drought-tolerant bread wheat genotypes for agronomic and physiological traits. **Agronomy**, v.12, p. 1-12, 2022.
- WREGGE, M. S.; STEINMETZ, S.; JUNIOR, C. R.; ALMEIDA, I. R. **Atlas Climático da Região Sul**. Brasil: Editora: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), 2012. p. 1 - 331.
- YAO, J.; MA, H.; YANG, X.; YAO, G.; ZHOU, M.; Inheritance of grain yield and its correlation with yield components in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). **Academic Journals**, v. 13, p. 1379-1385, 2014.
- ZAMPIERI, M.; CEGLAR, A.; DETENER, F.; TORET, A. Wheat yield loss attributable to heat waves, drought and water excess at the global, national and subnational scales. **Environmental Research**, v. 12, p. 1-12, 2017.