

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

GABRIEL WOLTER LIMA

**POTENCIAL GENÉTICO DE GENITORES E POPULAÇÕES SEGREGANTES
DE TRIGO TROPICAL**

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

GABRIEL WOLTER LIMA

**POTENCIAL GENÉTICO DE GENITORES E POPULAÇÕES SEGREGANTES
DE TRIGO TROPICAL**

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

Orientador: Maicon Nardino

Coorientador: Aluizio Borém de Oliveira

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

L732p
2022

Lima, Gabriel Wolter, 1996-
Potencial genético de genitores e populações segregantes de
trigo tropical / Gabriel Wolter Lima. – Viçosa, MG, 2022.
1 dissertação eletrônica (40 f.): il. (algumas color.).

Orientador: Maicon Nardino.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Agronomia, 2022.

Referências bibliográficas: f. 36-40.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2022.297>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. *Triticum aestivum*. 2. Trigo - Melhoramento genético.
I. Nardino, Maicon, 1988-. II. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Agronomia. Programa de Pós-Graduação em
Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 22. ed 633.112

Bibliotecário(a) responsável: Bruna Silva CRB6/2552

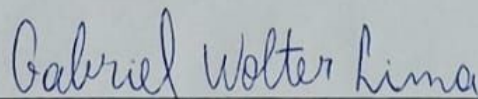
GABRIEL WOLTER LIMA

POTENCIAL GENÉTICO DE GENITORES E POPULAÇÕES SEGREGANTES
DE TRIGO TROPICAL

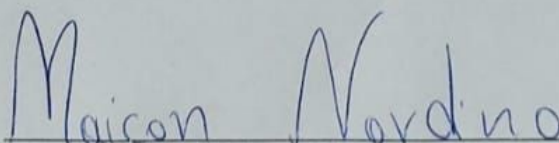
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de fevereiro de 2022.

Assentimento:



Gabriel Wolter Lima
Autor



Maicon Nardino
Orientador

À minha mãe Walmilene e minha avó Yolanda
Pelo apoio e incentivo em mais esta etapa,
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Por conceder a vida e proporcionar oportunidades para seu regozijo, a Deus destino minha maior gratidão.

À minha família, minha mãe, Walmilene Wolter, avó, Yolanda Wolter, irmã, Gabriela Wolter, tias, Fernanda Wolter e Marlene Cavalcante pelos incentivos diários, apoio em momentos de adversidades, pela confiança, amor, carinho e cuidado a mim dedicados. E, com grande relevância, Vinícius Wolter, o qual direta e indiretamente me incentiva a prosseguir, inclusive nesta capacitação que possibilitará proporcionar-lhe grandes felicidades ao meu lado.

Ao exemplar professor e orientador, Maicon Nardino, pelo acolhimento em meu ingresso no mestrado, pela difusão, liberdade e encorajamento na busca de conhecimento científico, pelos incentivos em prosseguir no aperfeiçoamento acadêmico e profissional, além de ser solícito em todos os momentos, minha sincera gratidão.

À grande pesquisadora, Doutora Giselle Mariano, que desde minha graduação a tenho como referência de profissional e, a qual me encorajou para seguir com a pesquisa científica através da pós-graduação.

Aos colegas de mestrado ingressantes no primeiro semestre de 2020 ao Programa Trigo da Universidade Federal de Viçosa - UFV, Caique Machado, Chainheny Gomes, Davi Soares, Diana Jhulia e Victor Silva, além dos demais pós-graduandos, estagiários e bolsistas, pelo companheirismo, empenho, comprometimento e dedicação na idealização e desenvolvimento de trabalhos e execução de atividades práticas. E aos doutorandos, Henrique Caletti e Cleiton Renato, pela recepção no Programa Trigo - UFV, além dos ensinamentos, experiências e por sempre se mostrarem dispostos a colaborar.

Ao senhor Júlio Mendonça, pela hospitalidade, atenção e carinho desde minha chegada em Viçosa - MG e, pela amizade estabelecida com um grande parceiro de moradia, Pablo Matos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento - PPGGM por sua referência na área e pela oportunidade de cursar o mestrado composto por um corpo docente de excelência.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudos.

À Universidade Federal de Viçosa - UFV, *Campus Viçosa*, pela oportunidade de cursar o mestrado e de utilizar suas instalações e infraestrutura para a realização de trabalhos, além de, dentro desta, obter crescimento pessoal e profissional.

E todos aqueles que confiaram e contribuíram nesta etapa, agradeço imensamente.

*“Faça o teu melhor, na condição que você tem,
enquanto você não tem condições melhores,
para fazer melhor ainda!”*

Mario Sergio Cortella

RESUMO

LIMA, Gabriel Wolter, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2022. **Potencial genético de genitores e populações segregantes de trigo tropical**. Orientador: Maicon Nardino. Coorientador: Aluizio Borém de Oliveira.

A estimação da capacidade de combinação de genitores é uma importante ferramenta para a seleção de populações segregantes promissoras com potencial de originar genótipos que possam ser recomendados para regiões com distintas condições edafoclimáticas e que expressem o máximo potencial genético. Este trabalho objetivou avaliar o potencial genético de genitores e populações segregantes de trigo (*Triticum aestivum* L.) tropical. Os cruzamentos, o avanço de geração e a avaliação das populações segregantes foram realizados no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Melo, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. Para os cruzamentos, o esquema dialélico parcial (4 x 5) foi realizado em 2020 em casa de vegetação, considerando os seguintes cultivares: TBIO Aton, TBIO Duque, TBIO Astro e TBIO Toruk (genitores do grupo 1) e; RBO 2B5, ORS Citrino, ORS Madrepérola, ORS Destak e RBO 3B6 (genitores do grupo 2). No verão de 2021 foi realizado o avanço de geração e durante a safra de inverno de 2021, os nove genitores e as 20 populações F₂ foram conduzidos sob o delineamento de blocos casualizados com duas repetições. Os caracteres avaliados foram espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, kg.ha⁻¹). Os dados foram submetidos à análise de variância, dialélica e comparação de médias pelo teste de Dunnett a 5% de probabilidade. O efeito da capacidade geral de combinação (CGC) foi significativo para ESPIG, FER e M100 e, FER, NEspE e RG nos grupos 1 e 2, respectivamente. Os genitores que apresentaram maiores contribuições com as estimativas da CGC em magnitude e direção desejada foram: TBIO Astro (ESPIG), ORS Citrino (AP), TBIO Astro, TBIO Toruk e ORS Destak (MA), TBIO Toruk (FER), RBO 3B6 (NEspE), TBIO Astro (M100) e ORS Destak (RG). Houve efeito significativo da capacidade específica de combinação para M100, com maiores estimativas apresentadas pelos cruzamentos TBIO Aton x ORS Madrepérola, TBIO Duque x RBO 3B6, TBIO Astro x ORS Madrepérola e TBIO Toruk x RBO 3B6, com destaque para TBIO Aton x ORS Madrepérola e TBIO Astro x ORS Madrepérola em que pelo menos um dos genitores apresenta alta CGC para o referido caráter. Foram obtidas diferenças significativas (p<0,05) entre as médias das combinações híbridas

para a maioria dos caracteres, com exceção de FER, porém estas não superaram a testemunha em sentido desejável. Houve predominância do efeito aditivo dos genes envolvidos na determinação dos caracteres para o conjunto de genitores analisados. É possível selecionar genitores para uso em cruzamentos com grupos complementares visando o desenvolvimento de populações segregantes de trigo tropical com elevado potencial genético a partir de estimativas da CGC em magnitude e sentido favoráveis para incrementos nos caracteres desejados. Os genitores TBIO Astro e ORS Destak são promissores para derivação de linhagens de trigo tropical com elevado potencial genético.

Palavras-chave: Capacidade de combinação. Dialelo em trigo. *Triticum aestivum* L.

ABSTRACT

LIMA, Gabriel Wolter, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2022. **Genetic potential of parents and segregating populations of tropical wheat.** Adviser: Maicon Nardino. Co-adviser: Aluizio Borém de Oliveira.

The estimation of the combining ability of parents is an important tool for the selection of promising segregating populations with potential to generate genotypes that can be recommended for regions with different edaphoclimatic conditions and that express the maximum genetic potential. This work aimed to evaluate the genetic potential of parents and segregating populations of tropical wheat (*Triticum aestivum* L.). The crossings, the generation advance and the evaluation of segregating populations were carried at Campo Experimental Professor Diogo Alves de Melo, da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. For crosses, the partial diallel scheme (4 x 5) was carried in 2020 in a greenhouse, considering the following cultivars: TBIO Aton, TBIO Duque, TBIO Astro and TBIO Toruk (parents of group 1) and; RBO 2B5, ORS Citrine, ORS Madrepérola, ORS Destak and RBO 3B6 (parents of group 2). In the summer of 2021, the generation advance was carried out and during the 2021 winter crop, the nine parents and the 20 F₂ populations were conducted in a randomized block design with two replications. The evaluated traits were flowering (ESPIG, days), plant height (AP, cm), yellow spot (MA, 1 to 5), rust (FER, 0 to 4), number of spikelets per spike (NEspE, unit), hundred-grain mass (M100, g) and grain yield (RG, kg.ha⁻¹). Data were submitted to analysis of variance, diallel and comparison of means by Dunnett's test at 5% probability. The effect of general combining ability (GCA) was significant for ESPIG, FER and M100 and for FER, NEspE and RG in groups 1 and 2, respectively. The parents that presented the greatest contributions with the GCA estimates in the magnitude and desired direction were: TBIO Astro (ESPIG), ORS Citrino (AP), TBIO Astro, TBIO Toruk and ORS Destak (MA), TBIO Toruk (FER), RBO 3B6 (NEspE), TBIO Astro (M100) and ORS Destak (RG). There was a significant effect of the specific combining ability for M100, with higher estimates presented by the crosses TBIO Aton x ORS Madrepérola, TBIO Duque x RBO 3B6, TBIO Astro x ORS Madrepérola and TBIO Toruk x RBO 3B6, with emphasis on the last combination TBIO Aton x ORS Madrepérola e TBIO Astro x ORS Madrepérola in which at least one of the parents has a high CGC for this character. Significant differences ($p < 0.05$) were obtained between the means of the hybrid combinations for most characters, except for FER, but these did not surpass the control in a desirable

sense. There was a predominance of the additive effect of the genes involved in the determination of characters for the set of parents analyzed. It is possible to select parents for use in crosses with complementary groups, aiming at the development of segregating populations of tropical wheat with high genetic potential based on CGC estimates in a favorable magnitude and direction for increments in the desired traits. The parents TBIO Astro and ORS Destak are promising for the derivation of tropical wheat lines with high genetic potential.

Keywords: Combining Ability. Diallel in wheat. *Triticum aestivum* L.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Genealogia, obtentores e ano de lançamento de cultivares utilizados em cruzamento dialélico parcial em trigo.....	20
Tabela 2 - Características agronômicas e industriais de cultivares utilizados em cruzamento dialélico parcial em trigo	21
Tabela 3 - Cruzamentos entre grupos de genitores complementares de trigo em cruzamento dialélico parcial.....	22
Tabela 4 - Resumo da análise de variância para sete caracteres de trigo avaliados em nove genitores e seus híbridos provenientes de cruzamento dialélico parcial.....	25
Tabela 5 - Resumo da análise de variância em dialelo parcial (4 x 5) para sete caracteres de trigo avaliados em Viçosa - MG.....	27
Tabela 6 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de nove genitores de trigo para espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, kg.ha ⁻¹).....	29
Tabela 7 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação de 20 combinações híbridas provenientes de cruzamento dialélico parcial de nove genitores de trigo para espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, kg.ha ⁻¹).....	32
Tabela 8 - Valores médios de 20 combinações híbridas provenientes de cruzamento dialélico parcial de nove genitores de trigo, além da testemunha, para espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, kg.ha ⁻¹).....	33

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

ANOVA	- Análise de Variância (<i>Analysis of Variance</i>)
CEC	- Capacidade Específica de Combinação
CGC	- Capacidade Geral de Combinação
DMS	- Diferença Mínima de Significância
Embrapa	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	- <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>
MAPA	- Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
UFV	- Universidade Federal de Viçosa
USDA	- <i>United States Department of Agriculture</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 TRIGO: ORIGEM E IMPORTÂNCIA.....	15
2.2 ASPECTOS GERAIS SOBRE <i>Triticum aestivum</i> L.	16
2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO DO TRIGO NACIONAL.....	17
2.4 ANÁLISE DIALÉLICA	18
3 MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 IDENTIFICAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DE GENITORES.....	20
3.2 CRUZAMENTOS	21
3.2.1 AVANÇO DE GERAÇÃO F ₁ A F ₂	22
3.2.2 GERAÇÃO F ₂	22
3.3 AVALIAÇÕES	22
3.4 ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICAS	23
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5 CONCLUSÃO	35
REFERÊNCIAS	36

1 INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.), espécie de importância global, destaca-se pela essencialidade como recurso na alimentação humana devido a elevada concentração de carboidratos, proteínas, gorduras, fibras e valor energético. Além de impactar significativamente na economia mundial como o segundo cereal mais cultivado, superado apenas pelo milho (FAO, 2021a; FINGER et al., 2017), o trigo apresenta potencial para composição com qualidade de dietas animais através de rações ou forragem (QUATRIN et al., 2019) apresentando cultivares exclusivas para pastejo.

Estimativas referentes à safra 2021/2022 preveem a produção mundial de trigo em, aproximadamente, 780,2 milhões de toneladas representando a maior já registrada (USDA, 2021). Segundo dados do *United States Department of Agriculture - USDA* (2021), são estimados 7,7 milhões de toneladas referente a produção nacional, mantendo o Brasil na 16ª posição dos produtores mundiais de trigo, e consumo de 12,3 milhões de toneladas (CONAB, 2021). Estes valores reforçam a incapacidade de autossuficiência atual do Brasil, o qual necessita importar aproximadamente 48% a mais do total produzido, principalmente da Argentina, para suprir a demanda nacional de trigo. A *Food and Agriculture Organization of the United Nations - FAO* (2021b), complementa com previsão de acréscimo para a safra 2021/2022 em 2,20% (17 milhões de toneladas) na utilização de trigo resultante do aumento no consumo de alimentos.

Com o crescimento populacional mundial concomitante a demanda por alimentos e mudança de hábitos alimentares, evidencia-se a necessidade de intensificação e avanços através do melhoramento da espécie baseado no uso adequado dos recursos genéticos (NIELSEN et al., 2014), para a obtenção de genótipos adaptados a diferentes regiões e que expressem o máximo potencial genético. Desta forma, com cultivares adequados, há possibilidade de ganhos significativos em produção, de forma sustentável, com a intensificação de áreas já utilizadas com outras culturas em regiões não tradicionais para o cultivo de trigo. Como alternativa, a região tropical do Brasil, principalmente áreas com predominância do Bioma Cerrado, demonstra potencial para a expansão da cultura com o favorecimento desde a proximidade com os consumidores industriais até a colheita que ocorre na entressafra das principais regiões produtoras, possibilitando maior lucratividade aos produtores (PASINATO et al., 2018).

Com a expansão da triticultura, há necessidade de aumento concomitante nos níveis de rendimento e qualidade tecnológica exigidos pelas unidades beneficiadoras

de forma consistente, de modo a possibilitar maior segurança alimentar. A qualidade tecnológica pode ser alterada principalmente pelas variações quantitativas e qualitativas das proteínas que compõem e determinam diversas propriedades, sendo estas, por sua vez, influenciadas por fatores inerentes ao ambiente (clima, solo, manejo, moagem, etc.) e à genética (FRANCESCHI et al., 2009; PIRES; VARGAS; CUNHA, 2011; POMERANZ, 1973).

Associado ao avanço da espécie, o programa de melhoramento genético de trigo da Universidade Federal de Viçosa - UFV busca desenvolver linhagens superiores para caracteres de interesse voltadas às regiões do Brasil Central, o que possibilita futuros lançamentos de cultivares adaptados a diferentes condições edafoclimáticas. Desta forma, torna-se viável e promissora a utilização dos cultivares pelos produtores, associada ao manejo adequado da cultura e tecnificação empregada, além de garantir a segurança alimentar em quantidade e qualidade adequadas.

Para a obtenção de genótipos superiores são desenvolvidas e aplicadas metodologias desde a formação da população-base até a recomendação de cultivares pela maioria dos programas de melhoramento. Para o sucesso do programa, a seleção de genitores é imprescindível na geração de populações segregantes com alto potencial para as características de interesse, baseada em suas capacidades de combinação (KUREK et al., 2001).

Neste contexto, o emprego da análise dialélica proposta por Griffing (1956) possibilita a estimação da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) entre genitores, além de utilizar parâmetros genéticos que auxiliam na determinação de métodos de condução e seleção mais eficientes e, de indicar a diversidade genética (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). A utilização do dialelo parcial consiste no cruzamento entre dois grupos de genitores complementares e, mitiga as limitações relacionadas à quantidade de sementes obtidas na geração F_1 por possibilitar a estimação da capacidade de combinação em gerações avançadas (PIMENTEL et al., 2013b; VIANA et al., 2007).

O presente trabalho objetivou avaliar o potencial genético de genitores e populações segregantes de trigo tropical, visando estimar as capacidades geral e específica dos genitores e selecionar aqueles com melhores capacidade de combinação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Como uma das principais espécies cerealíferas, o trigo (*Triticum aestivum* L.) tornou-se indispensável na dieta de grande parte da população, através de seus subprodutos, com consumo mundial de 786,9 milhões de toneladas (USDA, 2021).

É evidente a crescente demanda pelo cereal e a necessidade de ampliação de cultivo para que o produto seja ofertado em quantidade adequada, suprimindo a necessidade de consumo da população. Desta forma, busca-se o desenvolvimento de cultivares que possam ser recomendadas para regiões com distintas condições edafoclimáticas onde elas expressem máximo potencial genético, associado a aplicação de tecnologias adequadas (MORI, 2015).

Em busca do avanço com pesquisas são empregadas diversas metodologias para a obtenção de genótipos com caracteres de interesse. Com isso, a utilização de cruzamentos dialélicos possibilita a maior eficiência na seleção de genitores e estimação de suas capacidades de combinações para a geração de populações segregantes promissoras (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; GRIFFING, 1956).

2.1 TRIGO: ORIGEM E IMPORTÂNCIA

Acredita-se que há cerca de 10.000 a 15.000 a.C. gramíneas silvestres surgidas na Ásia, adjacências dos rios Eufrates e Tigre, deram origem ao trigo, sendo fundamental para alterações em hábitos alimentares e evolução socioeconômica da humanidade (SILVA et al., 1996; TOMASINI; AMBROSI, 1998).

Pesquisas evidenciam a existência dos primeiros cultivos de trigo há mais de 10.000 anos, sendo marcante em mudanças de hábitos como a caça e outras formas de busca e coleta de alimentos (SHEWRY, 2009). Desde tempos mais remotos o trigo já se apresentava como cereal essencial para as civilizações, com evidências arqueológicas de 6.700 a.C. em cidades iraquianas, além da existência do primeiro pão, proveniente da Idade da Pedra, e o pão fermentado de origem egípcia serem constatados há mais de 8.000 e 5.000 anos, respectivamente (MORI, 2015; TOMASINI; AMBROSI, 1998).

Segundo Vesohoski et al. (2011), o trigo está entre as primeiras espécies domesticadas, o que impactou significativamente para a difusão da cultura. Inserido no continente americano por europeus, acredita-se que sua chegada no Brasil tenha sido realizada por Martim Afonso de Souza em 1534, levando o país a ser o primeiro exportador americano de trigo (BAYMA, 1960; MORI, 2015).

Com a abrangência e relevância obtidas através de descobertas empíricas e científicas, o trigo permanece como cultura intrínseca para a humanidade. Isto é evidenciado através do aumento mundial de área semeada em 1,39% (3,12 milhões de hectares) referente à safra 2021/2022, o que não supre o aumento anual de consumo que apresentou acréscimo de 2,20% (17 milhões de toneladas) comparado à safra anterior (CONAB, 2021; USDA, 2021). Atualmente, destacam-se a União Europeia, China e Índia entre os maiores produtores mundiais de trigo com produção acima de 100 milhões de toneladas, alcançando 139 milhões, 136,9 milhões e 109,2 milhões de toneladas, respectivamente (USDA, 2021). O Brasil permanece estagnado no ranking mundial e dependente da importação principalmente da Argentina, cenário este que pode ser revertido através de programas de melhoramento genético com lançamentos de cultivares que possibilitem a expansão da cultura para outras regiões gerando maior competitividade mundial do trigo e seus derivados (FINGER et al., 2017; USDA, 2021).

2.2 ASPECTOS GERAIS SOBRE *Triticum aestivum* L.

Como uma espécie hexaplóide ($2n=6x=42$) proveniente de três genitores com genomas diplóides (AABBDD), o trigo é pertencente à família Poaceae, sendo também compreendido na subfamília Pooideae, tribo Triticeae, subtribo Triticinae e gênero *Triticum* (BRENCHLEY, et al., 2012; MENDGEN; HAHN, 2002; SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

Semelhante à outras culturas de inverno voltadas para produção de grãos, a planta de trigo é formada pelo sistema radicular fasciculado distribuído em três grupos (seminais, permanentes e adventícias), possui número de folhas variável, entre três e oito, compostas por bainha, lâmina, lígula e aurículas em pares, dispostas alternadamente, sendo estes fatores fundamentais para a descrição de cultivares e resultados com rendimento de grãos. O colmo tem formato cilíndrico e comumente apresenta-se oco, possui variação quanto ao número de entrenós (quatro a sete) e comprimento destes, sendo determinado por cada genótipo e ambientes de cultivo. Com a emissão de novos colmos (perfilhamento) que ocorre cerca de 15 dias após a germinação, inicia-se a fase de rápido alongamento sendo este um fator determinante no sucesso da cultura, considerando que são buscados genótipos com menor estatura para evitar o acamamento e seus danos subsequentes à planta. O trigo possui como inflorescência uma espiga, com cinco formatos básicos (clavada, fusiforme, oblonga, piramidal e semiclavada), formada por espiguetas com

número variável de duas a nove flores, sendo estas, fundamentais para a fecundação que ocorre durante a antese e posterior formação de grãos. Com a formação do grão de trigo, também chamado de cariopse, obtêm-se formatos e rendimento variáveis de acordo com cada genótipo (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

São conhecidos 10 estádios de desenvolvimento na cultura do trigo, sendo: 1) plântula; 2) afilhamento; 3) alongamento; 4) emborrachamento; 5) espigamento; 6) florescimento; 7) grão em estado leitoso; 8) grão em massa; 9) grão em maturação fisiológica; 10) grão maduro. Entretanto, trabalhos realizados por Feekes foram adaptados por Large (1954) e Zadoks, Chang e Konzac (1974). Para trabalhos mais precisos a escala de Zadoks, Chang e Konzac é recomendada por descrever os estádios de desenvolvimento com maiores detalhes.

As faixas ideais de temperatura que favorecem o desenvolvimento morfológico e fisiológico da cultura variam em torno de 20 °C (pleno desenvolvimento), 15 a 20 °C (afilhamento), 18 a 24 °C (fertilização) e 20 a 25 °C (desenvolvimento de folhas). Por outro lado, torna-se limitante e prejudicial temperaturas de -1 °C e -2 °C durante a floração e formação e enchimento de grãos, características de geadas (SCHEEREN; CASTRO; CAIERÃO, 2015).

Adicionalmente, fatores genéticos e ambientais como variáveis meteorológicas, solo, manejo, entre outros, afetam de forma direta e significativa a qualidade dos grãos de trigo. São determinados, pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA, diferentes grupos e tipos de trigo de acordo com os valores para força de glúten (W), estabilidade, peso do hectolitro (PH), alveografia, farinografia, entre outras informações que definem sua utilização (BRASIL, 2010). Para obtenção desses parâmetros podem ser realizados diferentes testes que determinam as propriedades físico-químicas, reológicas e de produto final do trigo, favorecendo a seleção de genótipos superiores para qualidade tecnológica (PIRES; VARGAS; CUNHA, 2011).

2.3 MELHORAMENTO GENÉTICO DO TRIGO NACIONAL

No final da década de 1980 a triticultura brasileira sofreu severas consequências com a retirada de subsídios aos produtores por parte do governo. Além disso, os estados que se destacam com maior produção trigo enfrentaram complicações climáticas o que aumentou a distância de competitividade com a Argentina que produz trigo à baixo custo e com Canadá, Estados Unidos e França pelo favorecimento na aquisição de

subsídios. Neste cenário, entidades governamentais, instituições de pesquisas públicas e privadas, entre outros integrantes da cadeia tritícola, buscaram alternativas que possibilitassem contornar a situação do atual período de forma a alavancar a produção nacional (CARGNIN, 2007; GOMES, 1983).

Nesse âmbito, pesquisas voltadas para o melhoramento genético do trigo foram intensificadas com o objetivo de desenvolver genótipos que apresentassem adaptação edafoclimática, resistência e, ou, tolerância à fatores bióticos, alta produtividade, aptidão tecnológica, entre outros caracteres de interesse. Para alcançar estes objetivos, inicialmente foram introduzidas cultivares nacionais e internacionais, realizadas hibridações e a prática de seleção de populações segregantes (CARGNIN, 2007; SCHEEREN; CAIERÃO, 2015).

Com isso, busca-se também desenvolver cultivares para regiões não tradicionais com o cultivo do trigo, como o Brasil Central que compreende áreas de Cerrado com possibilidade de alto potencial produtivo, além de proporcionar melhor competitividade visto que a colheita ocorre na entressafra dos maiores produtores nacionais (Rio Grande do Sul e Paraná) e da Argentina, principal fornecedor de trigo para o Brasil (CARGNIN, 2007; CONAB, 2021; SCHEEREN; CAIERÃO, 2015).

2.4 ANÁLISE DIALÉLICA

Como uma das principais etapas em programas de melhoramento genético, a assertividade na escolha de genitores pode favorecer o êxito destes. Com a adequada identificação de recursos genéticos disponíveis essa etapa pode apresentar maior probabilidade de obter efeitos satisfatórios na expressão dos caracteres de interesse através de estudos prévios da diversidade genética (CRUZ; REGAZZI, 1994). Neste sentido, contribuindo para a avaliação quantitativa da diversidade genética, os cruzamentos dialélicos tornam-se um método eficiente para o melhor conhecimento dos genitores envolvidos nas hibridações, além de possibilitar maior eficiência na seleção daqueles com melhor capacidade de combinação e, conseqüentemente, geração de populações segregantes promissoras (BALDISSERA et al., 2012; CRUZ; REGAZZI, 1994; TEODORO et al., 2019).

De acordo com Cruz, Regazzi e Carneiro (2012), os cruzamentos dialélicos são classificados em balanceados, parciais, circulantes, parciais circulantes, incompletos e desbalanceados, permitindo a escolha do método mais adequado a ser aplicado

para tomadas de decisões mais assertivas e condução das populações. Assim, são propostas metodologias nas quais avalia-se os efeitos da variedade e sua heterose (GARDNER; EBERHART, 1966), obtêm-se conhecimentos sobre a herança do caráter (HAYMAN, 1954) e, a mais empregada, onde estima-se os efeitos da CGC e da CEC, gerando informações sobre a concentração de genes com efeito aditivo e não aditivo, respectivamente (GRIFFING, 1956). Makanda et al. (2010), Sprague e Tatum (1942) e Venkovsky (1987), associam a CGC a genes de efeito aditivo e, a CEC definem como o desvio de combinações em relação ao que seria esperado, baseado na CGC, estando associada à efeitos gênicos não aditivos.

Para a cultura do trigo, assim como em outras espécies autógamas, a análise dialélica na geração F_1 torna-se um óbice devido à baixa quantidade de sementes obtidas resultantes dos cruzamentos. No entanto, essa limitação pode ser mitigada pela avaliação a partir da geração F_2 . Porém, em geração avançada, proveniente de autofecundação, o desvio de dominância é reduzido a cada geração o que pode ocasionar a insignificância da CEC e conseqüentemente a perda da complementaridade gênica entre os genitores (PIMENTEL et al., 2013b; TEODORO et al., 2019).

Com isso, torna-se mais adequado o emprego do dialelo parcial visando a obtenção de complementaridade para os caracteres de interesse, além de possibilitar a utilização de uma maior quantidade de genitores e restringir cruzamentos entre aqueles do mesmo grupo, o que possibilita melhor operacionalidade e maior eficiência para o programa de melhoramento (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; PIMENTEL et al., 2013b).

3 MATERIAL E MÉTODOS

As pesquisas foram conduzidas no Campo Experimental Professor Diogo Alves de Melo, da Universidade Federal de Viçosa - UFV, em Viçosa - Minas Gerais, localizado

Tabela 2 - Características agronômicas e industriais de cultivares utilizados em cruzamento dialélico parcial em trigo

Cultivar	Características Agronômicas			Características Industriais		
	Ciclo	Altura	Doenças	Classe	W	Estabilidade
ORS Citrino	P	Média	MR	Melhorador	377	20,0
ORS Destak	M	Média	R	Melhorador	334	12,0
ORS Madrepérola	M	Média	MR	Branqueador	274	20,0
RBO 2B5	P	Média	R	Branqueador	245	16,0
RBO 3B6	M	Baixa	R	Pão	255	18,0
TBIO Astro	SP	Baixa	MR	Melhorador	533	16,6
TBIO Aton	M	Média	R	Pão	352	15,8
TBIO Duque	P	Média	R	Branqueador	285	18,4
TBIO Toruk	M	Baixa	MR	Melhorador	320	29,0

M: médio; P: precoce; SP: superprecoce; MR: moderadamente resistente; R: resistente. W: força do glúten (médio) expressa em 10^{-4} J; Estabilidade expressa em minutos.

3.2 CRUZAMENTOS

Foram realizados cruzamentos artificiais,

Tabela 3 - Cruzamentos entre grupos de genitores complementares de trigo em cruzamento dialélico parcial

Genitores	5	6	7	8	9
1	1 × 5	1 × 6	1 × 7	1 × 8	1 × 9
2	2 × 5	2 × 6	2 × 7	2 × 8	2 × 9
3	3 × 5	3 × 6	3 × 7	3 × 8	3 × 9
4	4 × 5	4 × 6	4 × 7	4 × 8	4 × 9

1: TBIO Aton; 2: TBIO Duque; 3: TBIO Astro; 4: TBIO Toruk; 5: RBO 2B5; 6: ORS Citrino; 7: ORS Madre Pérola; 8: ORS Destak; 9: RBO 3B6.

3.2.1 AVANÇO DE GERAÇÃO F₁ A F₂

As sementes F₁, provenientes de cruzamentos realizados entre genitores de grupos distintos, foram colhidas e trilhadas manualmente e armazenadas em câmara fria. No período de fevereiro a maio de 2021 foi realizado o avanço de geração em casa de vegetação das sementes F₁ para posterior semeadura em campo.

3.2.2 GERAÇÃO F₂

Durante a safra de inverno em junho de 2021, os nove genitores e as 20 populações foram conduzidos à campo, sob o sistema irrigado, sendo realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do trigo (RCBPTT, 2020) os manejos de adubação, controle de pragas, plantas daninhas e doenças. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com duas repetições. As parcelas foram constituídas por três linhas de três metros de comprimento, com espaçamento de 0,20 m entre linhas e densidade de 10 sementes por metro linear.

3.3 AVALIAÇÕES

Avaliaram-se os seguintes caracteres: Espigamento (ESPIG, dias) - período que compreende da semeadura ao florescimento, considerando-se até a fase 55 da escala de Zadoks, Chang e Konzac (1974); Altura de Planta (AP, cm) - aferida, com auxílio de régua graduada em centímetros, da base ao ápice da planta; Mancha Amarela (*Pyrenophora tritici-repentis*) (MA, notas de 1 a 5) de acordo com a escala de Lamari e

Bernier (1989); Ferrugem (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) (FER, notas de 0 a 4), de acordo com a escala de McIntosh, Wellings e Park (1995); Número de Espiguetas por Espiga (NEspE, unidade); Massa de Cem Grãos (M100, g); Rendimento de Grãos (RG, kg.ha⁻¹), aferido com auxílio de uma balança de precisão após a secagem para, aproximadamente, 13% de umidade.

3.4 ANÁLISES GENÉTICO-ESTATÍSTICAS

Previamente, verificou-se a homogeneidade das variâncias e normalidade dos resíduos. Posteriormente, foi realizada a análise de variância (ANOVA) com os dados dos genitores e das combinações híbridas, de acordo com o seguinte modelo:

$$Y_{(ij)k} = m + g_{(ij)} + b_k + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$Y_{(ij)k}$ = valor fenotípico da ij-ésima observação referente ao i-ésimo genótipo no k-ésimo bloco;

m = média geral;

$g_{(ij)}$ = efeito do ij-ésimo genótipo (genitor ou híbrido);

b_k = efeito do k-ésimo bloco; e

ε_{ijk} = erro experimental.

Para a análise dialélica foi adotado o modelo estatístico estabelecido por Kempthorne (1957), o que possibilitou estimar a capacidade geral e específica de combinação:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + r_k + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} = valor médio da combinação híbrida i x j ou do i-ésimo genitor (i

de melhorador, de baixa estatura, moderadamente resistente a ferrugem, giberela, brusone, mancha amarela e vírus do mosaico, sendo indicada para a maior parte das regiões do Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina, com difusão significativa no Cerrado brasileiro desde o seu lançamento, além do desempenho satisfatório no presente trabalho, foi utilizado como testemunha na aplicação do teste de Dunnett. De forma prévia, estimou-se a diferença mínima significativa (DMS), de acordo com a fórmula a seguir:

$$DMS = d_{\alpha(\delta,T)} \sqrt{\frac{2QMR}{r}}$$

em que:

d = valor tabelado de acordo com o nível de significância estabelecido (α), grau de liberdade do resíduo (δ) e o número de grupos tratados (T);

QMR = quadrado médio do resíduo; e

r = número de blocos.

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos softwares Genes (CRUZ, 2013) e Microsoft Excel®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou diferença significativa entre os tratamentos para ESPIG, AP, MA, FER, NEspE e M100 ($p < 0,01$) e para RG ($p < 0,05$) (Tabela 4). Com o desdobramento, verificou-se significância para os híbridos, na maioria dos caracteres avaliados (exceto RG), o que evidencia a existência de variabilidade genética entre os híbridos e indica a possibilidade de ganhos com a seleção de populações. Adicionalmente, verificou-se significância para FER ($p < 0,05$) e NEspE ($p < 0,01$) para o contraste híbridos *versus* genitores, o que indica diferença entre as fontes de variação que são consideradas para os caracteres citados.

Notou-se superioridade nas médias dos híbridos na direção desejada para ESPIG, MA e M100. Para os demais caracteres, ainda que não satisfatórios, apresentaram valores próximos aos genitores, com variação de 0,01 (MA) a 2,49 (RG). O coeficiente de variação experimental demonstrou bom nível de precisão experimental para a maioria dos caracteres (PIMENTEL GOMES, 1985), exceto FER e RG.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância para sete caracteres de trigo avaliados em nove genitores e seus híbridos provenientes de cruzamento dialélico parcial

FV	GL	QM						
		ESPIG	AP	MA	FER	NEspE	M100	RG
Tratamentos	28	2,61**	77,37**	0,70**	1,22**	3,42**	0,08**	349921,51*
Híbridos (H)	19	1,66*	51,63**	0,75**	1,18**	1,90*	0,08**	227413,36 ^{ns}
Genitores (G)	8	5,14**	144,36**	0,68*	1,25**	6,68**	0,09**	684608,91**
H vs G	1	0,39 ^{ns}	30,46 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,59*	6,18**	0,01 ^{ns}	77,14 ^{ns}
Resíduo	28	0,76	17,95	0,29	0,36	0,72	0,02	154475,89
Média dos Híbridos		67,60	88,71	3,93	2,53	19,35	3,25	1495,15
Média das Genitores		67,78	87,14	3,94	2,17	20,06	3,23	1497,64
Média Geral		67,66	88,22	3,93	2,41	19,57	3,24	1495,92
CV (%)		1,29	4,80	13,60	24,67	4,35	4,13	26,27

QM: Quadrado Médio; ESPIG: Espigamento (dias); AP: Altura de Planta (cm); MA: Mancha Amarela (1 a 5); FER: Ferrugem (0 a 4); NEspE: Número de Espiguetas Por Espiga (unidade); M100: Massa de Cem Grãos (g); RG: Rendimento de Grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$); CV: Coeficiente de Variação Experimental; ^{ns}, * e **: Não Significativo, Significativo a 5% e Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Os resultados obtidos na análise de variância dialélica demonstraram efeitos significativos dos tratamentos para todos os caracteres avaliados (Tabela 5). A soma

de quadrados (SQ) de tratamentos foi desdobrada em SQ de genitores, SQ de genitores vs híbridos e, SQ de híbridos que, por sua vez, possibilitou a estimação e o desdobramento da SQ das capacidades geral e específica de combinação.

A partir do desdobramento, verificou-se diferença significativa entre os genitores para todos os caracteres avaliados; porém, aqueles do grupo 1 não diferiram significativamente para AP e, aqueles do grupo 2 para MA, FER, M100 e RG. Além disso, em contraste dos dois grupos apenas para AP, FER e RG detectou-se significância ($p < 0,01$), o que pode indicar similaridade no número de alelos favoráveis nos grupos de genitores utilizados neste dialelo para os demais caracteres. Para os híbridos, também foi verificada diferença significativa para a maioria dos caracteres, com exceção de RG, resultados estes que indicam a existência de variabilidade. Na comparação da média dos genitores e híbridos (G vs H), foi observada alta diferença significativa ($p < 0,01$) apenas para o caráter NEspE.

A presença de significância referente à CGC do grupo 1 para ESPIG, FER ($p < 0,01$) e M100 ($p < 0,05$), e do grupo 2 para NEspE ($p < 0,01$), FER e RG ($p < 0,05$), indica que pelo menos um dos genitores difere dos demais, sendo função direta de suas contribuições com a frequência de alelos favoráveis, ou seja, do efeito aditivo dos genes envolvidos no controle dos caracteres considerados. Estes resultados sugerem a possibilidade de obter combinações híbridas com alta frequência de alelos favoráveis e, conseqüentemente, maior potencial, assim como observado por Bornhofen et al. (2013) para o rendimento de grãos e outros componentes associados, a partir do cruzamento entre genitores de alta capacidade geral de combinação.

A fonte de variação CEC apresentou efeito significativo ($p < 0,05$) apenas para M100, o que indica que pelo menos uma combinação híbrida difere das demais para o caráter em questão. Estes resultados sugerem ausência de variabilidade para os demais caracteres e, além disso, podem indicar pequenas contribuições dos efeitos de dominância, uma vez que a capacidade específica de combinação é função dos desvios de dominância sendo expresso no híbrido para locos em heterozigose. Assim também, genes com desvios de dominância positivos e negativos podem estar envolvidos na determinação dos caracteres (CRUZ; VENCOSKY, 1989).

No entanto, de acordo com Pimentel (2013b), a seleção de genitores em trigo pode ser baseada na CGC, principalmente em gerações avançadas (F_2 ou F_3), tendo em vista a redução dos desvios de dominância a cada geração, o que permite inferir de forma mais acurada sobre as estimativas de CGC. Essas evidências permitem selecionar

populações segregantes que expressem potencial genético satisfatório para a realização de estudos específicos com possibilidade de difundir genótipos adaptados para as condições edafoclimáticas do Cerrado brasileiro, considerando a capacidade geral de combinação dos genitores, principalmente para o rendimento de grãos, um caráter quantitativo, determinado por vários componentes associados, como alguns analisados neste estudo (BORNHOFEN et al., 2013; GRAMAJE et al., 2020; MEZZOMO et al., 2021; PIMENTEL et al., 2013a).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância em dialelo parcial (4 x 5) para sete caracteres de trigo avaliados em Viçosa - MG

FV	GL	QM						
		ESPIG	AP	MA	FER	NEspE	M100	RG
Tratamentos	28	2,68**	77,35**	0,63*	1,20**	3,99**	0,08**	349922,10*
Genitores (G)	8	5,00**	144,32**	0,72*	1,06*	7,39**	0,09**	684608,62**
G1	3	9,33**	21,85 ^{ns}	1,83**	1,33*	11,17**	0,20**	1006935,75**
G2	4	3,00*	61,19*	0,00 ^{ns}	0,00 ^{ns}	6,40**	0,02 ^{ns}	310686,18 ^{ns}
G1 vs G2	1	0,00 ^{ns}	844,26**	0,28 ^{ns}	4,44**	0,01 ^{ns}	0,05 ^{ns}	1213316,99**
Híbridos (H)	19	1,81*	51,63**	0,61*	1,28**	2,42**	0,08**	227414,36 ^{ns}
CGC 1	3	6,67**	70,87 ^{ns}	1,43 ^{ns}	5,47**	3,33 ^{ns}	0,21*	139350,74 ^{ns}
CGC 2	4	0,85 ^{ns}	83,70 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,10*	5,25**	0,06 ^{ns}	490134,01*
CEC	12	0,92 ^{ns}	36,13 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,25 ^{ns}	0,05*	161857,04 ^{ns}
G vs H	1	0,50 ^{ns}	30,35 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,81 ^{ns}	6,48**	0,00 ^{ns}	77,12 ^{ns}
Resíduo	28	0,76	17,95	0,29	0,36	0,72	0,02	154475,89

QM: Quadrado Médio; ESPIG: Espigamento (dias); AP: Altura de Planta (cm); MA: Mancha Amarela (1 a 5); FER: Ferrugem (0 a 4); NEspE: Número de Espiguetas Por Espiga (unidade); M100: Massa de Cem Grãos (g); RG: Rendimento de Grãos (kg.ha⁻¹); G1: Grupo 1; G2: Grupo 2; CGC 1: Capacidade Geral de Combinação do Grupo 1; CGC 2: Capacidade Geral de Combinação do Grupo 2; CEC: Capacidade Específica de Combinação; ^{ns}, * e **: Não Significativo, Significativo a 5% e Significativo a 1% de probabilidade pelo Teste F, respectivamente.

Não obrigatoriamente, os bons resultados expressos pelos genitores resultarão em combinações híbridas superiores. Em alguns casos, os caracteres estudados se associam a outros indesejáveis, o que depende de permutas gênicas específicas para maior probabilidade de obter populações segregantes com parâmetros desejáveis, como média e variabilidade genética expressivas (BORÉM; MIRANDA; FRITSCHENETO, 2017). Neste sentido, os valores médios possibilitam compreender os efeitos aditivos ou a frequência de alelos favoráveis presentes nos genitores envolvidos no controle do caráter, porém apenas com análises fenotípicas não há indicativo da divergência entre estes, além de não permitir seleção acurada, sendo necessária a

escolha de genitores baseada na capacidade combinatória com potencial de gerar populações segregantes promissoras (ALLARD, 1999; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; PIMENTEL et al., 2013a).

Foram verificadas estimativas negativas da capacidade geral de combinação (Tabela 6) de forma semelhante para os genitores ORS Citrino e ORS Destak do grupo 2, além do genitor RBO 2B5 com menor expressividade, considerando o caráter ESPIG. Com estimativa negativa e de maior magnitude, o genitor TBIO Astro se destacou no grupo 1, sendo indicado para cruzamentos com outros grupos de genitores em estudos que busquem a redução do referido caráter. A precocidade em genótipos de trigo favorece uma menor exposição à fatores bióticos e abióticos que influenciam diretamente o rendimento de grãos, o que também possibilita potencial maior competitividade com regiões nacionais e internacionais de maior expressividade no cenário tritícola, além de propiciar a antecipação de safras posteriores considerando a região do Brasil onde predominam outras culturas cerealíferas (MEZZOMO et al., 2021; SCHEEREN; CAIERÃO, 2015).

Para o caráter AP, os genitores TBIO Duque e TBIO Astro e, ORS Citrino e ORS Destak dos grupos 1 e 2, respectivamente, apresentaram valores negativos com magnitude favorável para o uso como genitores em outros cruzamentos visando a redução da estatura de plantas em trigo. As estimativas positivas dos demais genitores podem indicar a maior frequência de alelos favoráveis para o aumento do caráter em questão, o que não é desejável para a cultura. A estatura reduzida de plantas é um importante e desejável caráter para a cultura do trigo, considerando a maior resistência ao acamamento causado por ventos, precipitações e em cultivos com sistema irrigado relevantes no Cerrado brasileiro, além de implicar sobre a alocação de matéria seca e o rendimento de grãos devido a competição (COSSANI; SADRAS, 2021; SCHEEREN; CARVALHO; FEDERIZZI, 1981).

Com relação aos caracteres relacionados à sanidade, os genitores TBIO Astro e TBIO Toruk apresentaram estimativas favoráveis para a redução MA, o que ocorre de forma análoga para FER, com adição do genitor TBIO Aton considerando o primeiro grupo. Referente ao segundo grupo, o genitor ORS Destak apresentou estimativa semelhante ao observado nos genitores TBIO Astro e TBIO Toruk. Já para FER, estimativas negativas foram verificadas nos genitores ORS Citrino e RBO 3B6. Essas estimativas contribuem para a mitigação dos danos causados à cultura com o uso destes genitores em cruzamentos, que podem variar de 20% a 48% e em casos específicos até perda total

para mancha amarela e, mais 50% até perda total com o uso de cultivares suscetíveis para ferrugem (DUVEILLER; SINGH; NICOL, 2007; LAU et al., 2011; REIS; CASA 2007).

Tabela 6 - Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de nove genitores de trigo para espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, kg.ha⁻¹)

Grupo 1	ESPIG	AP	MA	FER	NEspE	M100	RG
1	0,60	1,37	-0,05	-0,30	-0,70	0,09	-14,42
2	0,20	-0,93	0,55	1,10	-0,10	-0,15	131,29
3	-1,20	-3,26	-0,25	-0,30	0,10	0,16	-152,06
4	0,40	2,81	-0,25	-0,50	0,70	-0,10	35,19
Grupo 2							
5	-0,05	3,72	0,25	0,05	0,00	0,09	95,48
6	-0,30	-4,40	0,00	-0,20	0,25	-0,05	168,92
7	0,20	1,82	0,00	0,55	0,00	-0,09	-137,31
8	-0,30	-2,11	-0,25	0,05	-1,25	0,09	236,86
9	0,45	0,97	0,00	-0,45	1,00	-0,04	-363,95

1: TBIO Aton; 2: TBIO Duque; 3: TBIO Astro; 4: TBIO Toruk; 5: RBO 2B5; 6: ORS Citrino; 7: ORS Madre Pérola; 8: ORS Destak; 9: RBO 3B6.

As estimativas da CGC revelaram a magnitude positiva do NEspE para os genitores TBIO Toruk e RBO 3B6 dos grupos 1 e 2, respectivamente, o que indica a possibilidade de contribuição ao rendimento de grãos com o incremento em número de espiguetas por espiga associados também a outros caracteres (BORNHOFEN et al., 2013; RODRIGUES et al., 2011; SAEED et al., 2016). A superioridade dos genitores citados para o referido caráter pode ser observada a partir de suas médias (Figura 1). No entanto, a partir das estimativas da CEC, apresentadas na Tabelas 7, é possível observar baixas contribuições para RG em cruzamentos com a presença do genitor RBO 3B6, com exceção de TBIO Duque x RBO 3B6 que apresentou resultado superior, evidenciando que sua utilização pode não resultar em incrementos para o rendimento de grãos. Em contrapartida, o genitor TBIO Toruk se destaca para a maioria dos cruzamentos com participação expressiva para RG.

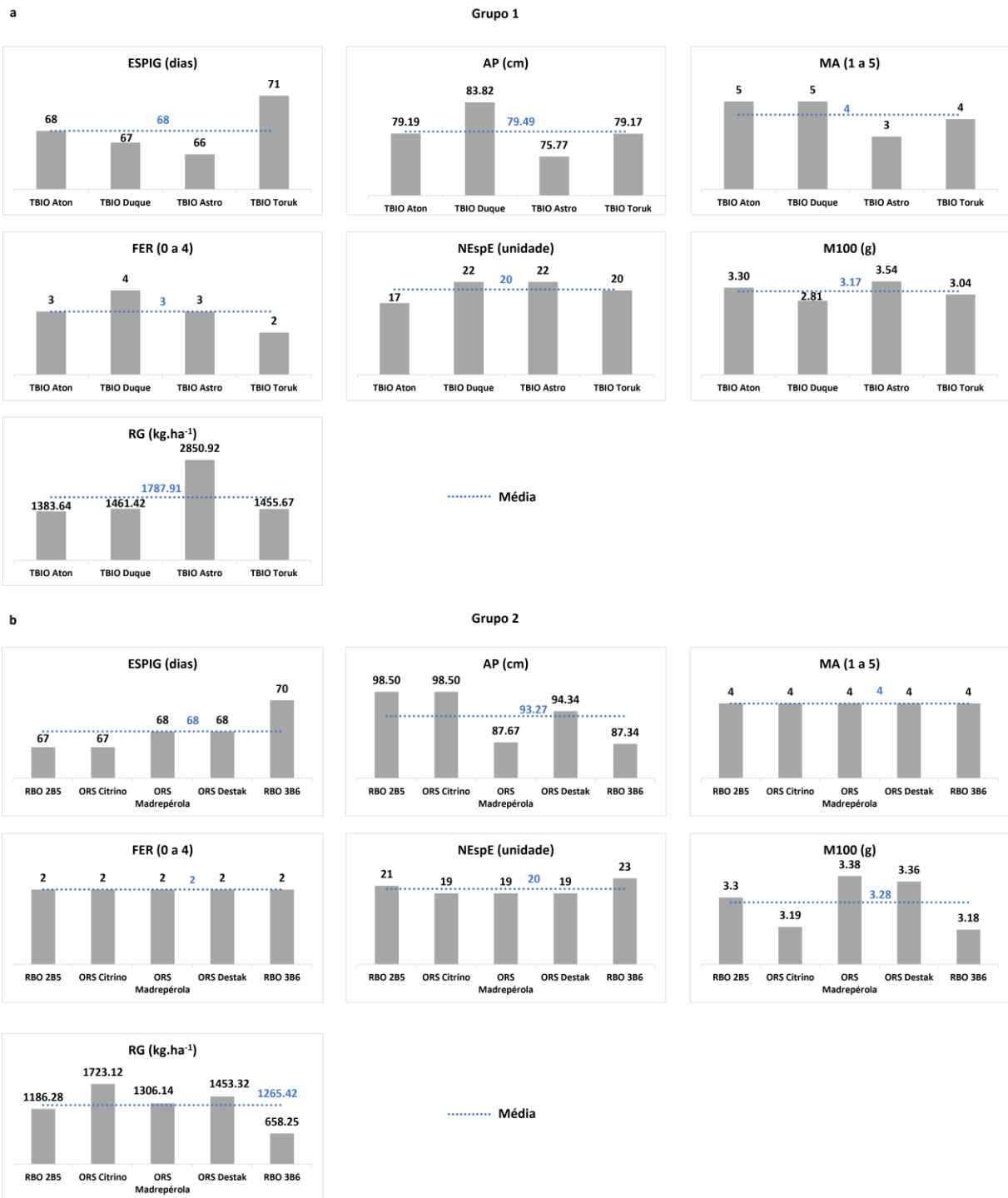


Figura 1 - Médias dos genitores dos grupos 1 e 2 para espigamento (ESPIG), altura de planta (AP), mancha amarela (MA), ferrugem (FER), número de espiguetas por espiga (NEspe), massa de cem grãos (M100) e rendimento de grãos (RG) avaliados em Viçosa - MG.

Os genitores TBIO Aton e TBIO Astro se destacaram para o caráter massa de cem grãos, além dos genitores RBO 2B5 e ORS DESTAK do grupo 2 com as estimativas positivas, semelhantes ao genitor 1, para os efeitos da capacidade geral de combinação.

Baseado nas médias obtidas foram observados valores que a superam para todos os caracteres analisados (Figura 1), assim como para a maioria dos cruzamentos que participaram (Tabela 8), apresentando maior estimativa da CEC o cruzamento TBIO Aton x RBO 3B6 para os genitores citados, o que favorece incrementos em rendimento de grãos.

Referente ao rendimento de grãos, os genitores ORS Destak, ORS Citrino e TBIO Duque, apresentaram as maiores estimativas de CGC, respectivamente, indicando a superioridade em relação aos demais genitores, além de possibilitar incrementos satisfatórios com a frequência de alelos favoráveis sendo priorizados em cruzamentos com genitores de constituição genética complementar. São observadas estimativas positivas para os genitores TBIO Toruk e RBO 2B5, porém baixas, o que pode resultar em não distinção da média do dialelo considerando os cruzamentos que estão envolvidos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

O potencial produtivo dos genótipos está associado a fatores fisiológicos, fitopatológicos, fitotécnicos, condições ambientais, entre outros componentes que podem impactar significativamente o aspecto econômico (CARGIN, et al., 2009; COSSANI; SADRAS, 2021; MEZZOMO et al., 2021). Portanto, é importante a seleção de populações segregantes potenciais para o desenvolvimento de genótipos que possam ser recomendados para regiões com diferentes condições edafoclimáticas, o que favorece a difusão da cultura, tanto para sistemas de sequeiro quanto para irrigado e permitam o avanço da autossuficiência nacional em trigo, cenário que atualmente se encontra em progressão.

Como verificado nos resultados obtidos com a análise de variância dialélica, a partir das estimativas da CEC é possível observar que as combinações híbridas não diferiram de forma significativa para a maioria dos caracteres, com exceção da M100 ($p < 0,05$) (Tabela 7), o que dificulta inferir sobre a diversidade do conjunto de genitores. No entanto, esses resultados podem indicar contribuição reduzida dos efeitos da CEC para os caracteres analisados, uma vez que se constatou a divergência genética entre alguns dos genitores utilizados neste estudo (LIMA et al., 2022). Para o caráter M100, as combinações híbridas TBIO Duque x RBO 3B6, TBIO Astro x ORS Madrepérola, TBIO Toruk x RBO 3B6 e TBIO Aton x ORS Madrepérola apresentaram estimativas da CEC maiores magnitudes e sentido satisfatório, respectivamente, em relação as demais. A combinação TBIO Aton x ORS Madrepérola se destaca pela participação do genitor TBIO Aton apresentar CGC favorável para aumento do caráter.

Informações de magnitude e sentido da complementação gênica dos genitores, são importantes subsídios para a prática de seleção de forma mais assertiva por parte dos melhoristas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Com efeitos não significativos para o desempenho específico das combinações híbridas, obtidos a partir das estimativas da CEC (Tabela 7), é demonstrada inconsistência com valores positivos e negativos, além da maior proximidade de zero, levando a anulação dos valores para os caracteres avaliados, podendo indicar dominância bidirecional (CRUZ; VENCOVSKY, 1989).

Tabela 7 - Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação de 20 combinações híbridas provenientes de cruzamento dialélico parcial de nove genitores de trigo para espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, kg.ha⁻¹)

Cruzamento	ESPIG	AP	MA	FER	NEspE	M100	RG
1 x 5	-0,35	-0,15	-0,45	-0,45	0,20	0,08	165,26
1 x 6	-0,10	-3,03	-0,20	-0,20	-0,05	0,07	-369,62
1 x 7	-0,60	2,90	-0,20	0,05	0,20	0,10	102,47
1 x 8	-0,10	-0,42	0,05	0,55	-0,55	0,06	186,50
1 x 9	1,15	0,70	0,80	0,05	0,20	-0,31	-84,61
2 x 5	0,05	2,65	-0,05	0,15	0,60	0,01	99,84
2 x 6	0,30	6,31	0,20	0,40	0,35	-0,003	52,65
2 x 7	-0,20	-6,25	0,20	-0,35	-0,40	-0,21	-316,96
2 x 8	0,30	-1,12	0,45	0,15	0,85	0,03	-116,99
2 x 9	-0,45	-1,58	-0,80	-0,35	-1,40	0,18	281,46
3 x 5	-0,55	1,48	0,75	0,55	-0,60	-0,01	44,11
3 x 6	-0,30	-6,35	0,00	-0,20	-0,85	0,02	-65,97
3 x 7	1,20	2,88	0,00	0,05	0,40	0,16	309,31
3 x 8	-0,30	-1,59	-0,75	-0,45	-0,35	-0,18	-305,45
3 x 9	-0,05	3,58	0,00	0,05	1,40	0,005	18,01
4 x 5	0,85	-3,99	-0,25	-0,25	-0,20	-0,08	-309,21
4 x 6	0,10	3,08	0,00	0,00	0,55	-0,09	382,94
4 x 7	-0,40	0,46	0,00	0,25	-0,20	-0,06	-94,82
4 x 8	0,10	3,14	0,25	-0,25	0,05	0,09	235,94
4 x 9	-0,65	-2,69	0,00	0,25	-0,20	0,13	-214,86

Com base em características agronômicas, industriais, na grande adoção da região Sul, difusão no Brasil central e desempenho médio satisfatório no presente estudo, o genitor TBIO Astro foi utilizado como testemunha na aplicação do teste de Dunnett. Verificou-se diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste de Dunnett para a maioria dos caracteres, com exceção de FER (Tabela 8). O teste comparativo realizado não anula diferenças entre os híbridos, o que possibilita a seleção daqueles que apresentem melhor desempenho.

Tabela 8 - Valores médios de 20 combinações híbridas provenientes de cruzamento dialélico parcial de nove genitores de trigo, além da testemunha, para espigamento (ESPIG, dias), altura de planta (AP, cm), mancha amarela (MA, 1 a 5), ferrugem (FER, 0 a 4), número de espiguetas por espiga (NEspE, unidade), massa de cem grãos (M100, g) e rendimento de grãos (RG, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Genótipos	ESPIG	AP	MA	FER	NEspE	M100	RG
Testemunha	66,00	75,77	3,00	3,00	22,00	3,54	2850,92
1 x 5	68,00	93,65*	4,00	2,00	19,00*	3,51	1741,47
1 x 6	68,00	82,65	4,00	2,00	19,00*	3,35	1280,03*
1 x 7	68,00	94,80*	4,00	3,00	19,00*	3,35	1445,89*
1 x 8	68,00	87,55	4,00	3,00	17,00*	3,48	1904,09
1 x 9	70,00*	91,75*	5,00*	2,00	20,00	2,99*	1032,17*
2 x 5	68,00	94,15*	5,00*	4,00	20,00	3,20	1821,75
2 x 6	68,00	89,69*	5,00*	4,00	20,00	3,05*	1848,00
2 x 7	68,00	83,35	5,00*	4,00	19,00*	2,81*	1172,17*
2 x 8	68,00	84,55	5,00*	4,00	19,00*	3,22	1746,31
2 x 9	68,00	87,17	4,00	3,00	19,00*	3,24	1543,94*
3 x 5	66,00	90,65*	5,00*	3,00	19,00*	3,49	1482,67*
3 x 6	66,00	74,70	4,00	2,00	19,00*	3,38	1446,03*
3 x 7	68,00	90,15*	4,00	3,00	20,00	3,48	1515,09*
3 x 8	66,00	81,75	3,00	2,00	18,00*	3,32	1274,50*
3 x 9	67,00	90,00*	4,00	2,00	22,00	3,37	997,14*
4 x 5	69,00*	91,25*	4,00	2,00	20,00	3,17	1316,61*
4 x 6	68,00	90,20*	4,00	2,00	21,00	3,02*	2082,20
4 x 7	68,00	93,80*	4,00	3,00	20,00	3,01*	1298,22*
4 x 8	68,00	92,55*	4,00	2,00	19,00*	3,33	2003,14
4 x 9	68,00	89,80*	4,00	2,00	21,00	3,25	951,53*
DMS	2,73	13,25	1,67	1,86	2,66	0,42	1228,90

Médias seguidas de * (asterisco) diferem estatisticamente da testemunha pelo teste de Dunnett ($p < 0,05$); DMS: Diferença Mínima Significativa.

Os valores significativos para ESPIG, AP e MA superaram a média da testemunha, sendo indesejáveis, uma vez que são buscados genótipos precoces, de menor estatura e com sanidade satisfatória. Para estes caracteres, os valores chegaram no máximo a igualdade com a testemunha, exceto a combinação TBIO Astro x ORS Citrino que apresentou redução em média de 1,07 cm que apesar de não apresentar significância se destaca entre as demais combinações. Observa-se de forma similar para FER em que os híbridos não diferem significativamente da testemunha, porém a redução é verificada em até uma unidade para a média do caráter.

Com relação ao NEspE, médias significativas foram observadas, o que não é de interesse para a obtenção de incrementos satisfatórios no rendimento de grãos (PELEGRIN, 2017; RODRIGUES et al., 2011). As médias apresentadas comprovaram o observado anteriormente, em que valores elevados para o número de espiguetas por espiga podem também resultar em pequena contribuição para a massa de cem grãos e rendimento de grãos, ou até mesmo a redução. No entanto, considerar apenas a média como critério, seja dos genitores ou dos híbridos, não determina a seleção de populações segregantes de forma acurada (CARGIN et al., 2007; PIMENTEL et al., 2013a). Neste sentido, é possível selecionar genitores que se destacam favoravelmente em frequência de alelos favoráveis para o rendimento de grãos e os componentes associados, onde predomina o efeito aditivo, em gerações avançadas de trigo (BORNHOFEN et al., 2013; PIMENTEL et al., 2013b).

5 CONCLUSÃO

Houve predominância do efeito aditivo dos genes envolvidos na determinação dos caracteres para o conjunto de genitores analisados neste estudo.

Os genitores TBIO Astro (ESPIG), ORS Citrino (AP), TBIO Astro, TBIO Toruk e ORS Destak (MA), TBIO Toruk (FER), RBO 3B6 (NEspE), TBIO Astro (M100) e ORS Destak (RG), são favoráveis para incrementos nos respectivos caracteres baseando-se na CGC.

Não houve superioridade simultânea nas estimativas de CGC para todos os caracteres analisados.

Os cruzamentos TBIO Aton x ORS Madrepérola, TBIO Duque x RBO 3B6 e TBIO Astro x ORS Madrepérola, TBIO Toruk x RBO 3B6, apresentam as maiores estimativas de CEC para M100. Se destacam TBIO Aton x ORS Madrepérola e TBIO Astro x ORS Madrepérola pela participação de pelo menos um dos genitores com alta CGC.

Os genitores TBIO Astro e ORS Destak são promissores para derivação de linhagens de trigo tropical com elevado potencial genético.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R. W. **Principles of plant breeding**. New York: John Wiley and Sons, 1999. 485 p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. D. M.; SPAROVEK,

COSSANI, C. M.; SADRAS, V. O. Symmetric response to competition in binary mixtures of cultivars associates with genetic gain in wheat yield. **Evolutionary applications**, v. 14, n. 8, p. 2064-2078, 2021. DOI: 10.1111/eva.13265.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 4. ed. Viçosa: UFV, 1994. 360p.

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

CRUZ, C. D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, v. 12, n. 2, p. 425-438, 1989.

DUVEILLER, E.; SINGH, R. P.; NICOL, J. M. The challenges of maintaining wheat productivity: pests, diseases, and potential epidemics. **Euphytica**, v. 157, n. 3, p. 417-430, 2007.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **FAOSTAT**. 2021a. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 02 out. 2021.

FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations. **World Food Situation**. 2021b. Disponível em: <<http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en/>>. Acesso em: 02 out. 2021.

FINGER, G.; HECKLER, L. I.; SILVA, G. B. P. da; CHAVES, M. S.; MARTINELLI, J. A. Mecanismos de defesa do trigo contra a ferrugem da folha por genes e proteínas. **Summa Phytopathologica**, v. 43, n. 4, p. 354-358, 2017.

FRANCESCHI, L. D.; BENIN, G.; GUARIENTI, E.; MARCHIORO, V. S.; MARTIN, T. N. Fatores pré-colheita que afetam a qualidade tecnológica de trigo. **Ciência Rural**, v. 39, p. 1625-1632, 2009.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biométries**, v. 22, p. 439-452, 1966.

GOMES, E. Comercialização do trigo nacional. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, p. 69-70, 1983.

GRAMAJE, L. V.; CAGUIAT, J. D.; ENRIQUEZ, J. O. S.; DELA 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, n. 1, p. 1-22, 2020.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallell crossing systems. **Australian Journal of Biology Sciences**, v.9, n.3, p. 463-493, 1956.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallell crosses. **Genetics**, v. 39, p. 789-809, 1954.

KEMPTHORNE, O. **An introduction to genetics statistics**. New York: John Wiley and Sons, 1957.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I. F.; ASSMANN, I. C.; CRUZ, P. J. Capacidade combinatória como critério de eficiência na seleção de genitores em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.645-651, 2001. DOI 10.1590/S0100-204X2001000400007.

LAMARI, L.; BERNIER, C. C. Evaluation of wheat lines and cultivars to tan spot [*Pyrenophora tritici-repentis*] based on lesion type. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 11, n. 1, p. 49-56, 1989.

LARGE, E. C. Growth stages in cereals. Illustration of the Feekes Scale. **Plant Pathology**. London, v. 3, p. 128-129, 1954.

LAU, D.; SANTANA, F. M.; MACIEL, J. L. N.; FERNANDES, J. M. C.; COSTAMILAN, L. M.; CHAVES, M. S.; LIMA, M. I. P. M. Doenças de trigo no Brasil. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 12, p. 283-323.

LIMA, G. W.; SILVA, C. M.; MEZZOMO, H. C.; CASAGRANDE, C. R.; OLIVOTO, T.; BOREM, A.; NARDINO, M. Genetic diversity in tropical wheat germplasm and selection via multi-trait index. **Agronomy Journal**. 2022. DOI: 10.1002/agj2.20991

MAKANDA, I.; TONGOONA, P.; DERERA, J.; SIBIYA, J.; FATO, P. Combining ability and cultivar superiority of sorghum germplasm for grain yield across tropical low- and mid-altitude environments. **Field Crops Research**, v. 116, n. 1-2, p. 75-85, 2010.

MCINTOSH, R. A.; WELLINGS, C. R.; PARK, R. F. **Wheat rusts: an atlas of resistance genes**. CSIRO publishing, 1995.

MEZZOMO, H. C.; CASAGRANDE, C. R.; SILVA, C. M.; BORÉM, A.; NARDINO, M. Association between physiological and agronomic traits and selection of tropical wheat. **Journal of Crop Science and Biotechnology**, v. 24, n. 2, p. 167-177, 2021. DOI: 10.1007/s12892-020-00069-y.

MEZZOMO, H. C.; CASAGRANDE, C. R.; SOUZA, D. J. P. de; BORÉM, A.; SILVA, F. F.; NARDINO, M. Mixed model-based Jinks and Pooni method to predict segregating populations in wheat breeding. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 21, 2021. DOI: 10.1590/1984-70332021v21n4a52.

MORI, C. de. Aspectos Econômicos da Produção e Utilização. In: BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. cap. 1, p. 11 - 34.

NIELSEN, N. H.; BAKES, G.; STOUGAARD, J.; ANDERSEN, S. U.; JAHOOOR, A. Genetic diversity and population structure analysis of European hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties. **PloS one**, v. 9, n. 4, 2014.

PASINATO, A.; CUNHA, G. R. D.; FONTANA, D. C.; MONTEIRO, J. E. B. D. A.; NAKAI, A. M.; OLIVEIRA, A. F. D. Potential area and limitations for the expansion of rainfed wheat in the Cerrado biome of Central Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 53, n. 7, p. 779-790, 2018.

PELEGRIN, A. J. de. Dialelo completo e associação entre caracteres de rendimento em trigo (*Triticum aestivum* L.). 2017. 73 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, 2017.

PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. São Paulo: Nobel, 1985. 467 p.

PIMENTEL, A. J. B.; RIBEIRO, G.; SOUZA, M. A. de; MOURA, L. M.; ASSIS, J. C. de; MACHADO, J. C. Comparação de métodos de seleção de genitores e populações segregantes aplicados ao melhoramento de trigo. **Bragantia**, v.72, p.113-121, 2013a. DOI: 10.1590/S0006-87052013005000026.

PIMENTEL, A. J. B.; SOUZA, M. A. D.; CARNEIRO, P. C. S.; ROCHA, J. R. D. A. S. D. C.; MACHADO, J. C.; RIBEIRO, G. Análise dialéctica parcial em gerações avançadas para seleção de populações segregantes de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1555-1561, 2013b.

PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. (Ed.). **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. 488p.

POMERANZ, Y. From Wheat to Bread: A Biochemical Study: While man has made leavened bread since the early civilization of Egypt, he has only recently begun to analyze the detailed biochemistry of the components of wheat flour and their function. **American Scientist**, v. 61, n. 6, p. 683-691, 1973.

QUATRIN, M. P.; OLIVO, C. J.; SIMONETTI, G. D.; BRATZ, V. F.; GODOY, G. L. de; CASAGRANDE, L. G. Response of dual-purpose wheat to nitrogen fertilization and seed inoculation with *Azospirillum brasilense*. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 43, 2019.

RCBPTT - Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale. **Informações técnicas para trigo e triticale: safra 2020**. XIII Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale - Passo Fundo: Biotrigo Genética, 2020. 255 p.

REIS, E. M.; CASA, R. T. **Doenças dos cereais de inverno: diagnose, epidemiologia e controle**. 2. ed. Lages: Graphel, 2007, 176p.

RODRIGUES, O.; TEIXEIRA, M. C. C.; COSTENARO, E. R.; SANA, D. Ecofisiologia de trigo: bases para o elevado rendimento de grãos. In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). **Trigo no Brasil: Bases para a produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. cap. 5, p. 427-451.

SAEED, M.; KHALIL, I. H.; ANJUM, S. A. TANVEER, M. Combining ability and heritability for yield traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 53, n. 3, 2016. DOI: 10.21162/PAKJAS/16.2036.

SHEWRY, P. R. Wheat. **Journal of experimental botany**, v. 60, n. 6, p. 1537-1553, 2009.

SCHEEREN, P. L.; CAIERÃO, E. Cultivares. In: BORÉM A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. cap. 5, p. 91-119.

SCHEEREN, P. L.; CASTRO, R. L. de; CAIERÃO, E. Botânica, Morfologia e Descrição Fenotípica. In: BORÉM A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio a colheita**. Viçosa: UFV, 2015. cap. 2, p. 35-55.

SCHEEREN, P. L.; CARVALHO, F. I. F.; FEDERIZZI, L. C. Componentes da estatura de planta em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 16, n. 4, p. 527-538, 1981.

SILVA, D. B.; GUERRA, A. F.; REIN, T. A.; ANJOS, J. R. N.; ALVES, R. T.; RODRIGUES, G. C.; SILVA, I. A. C. **Trigo para o abastecimento familiar**: do plantio à mesa. Brasília: Embrapa SPI, 1996. 176 p.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v. 34, p. 923-932, 1942.

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. E. Understanding the combining ability for physiological traits in soybean. **PloS one**, v. 14, n. 12, p. e0226523, 2019.

TOMASINI, R. G. A.; AMBROSI, I. Aspectos econômicos da cultura de trigo. **Caderno de Ciência & Tecnologia**, v. 15, n. 2, p. 59-84, 1998.

USDA - United States Department of Agriculture. **Crops Production**. 2021. Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/farming/crop-production>>. Acesso em: 02 out. 2021.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. **Melhoramento e produção do milho**, v. 2, p. 137-214, 1987.

VESOHOSKI, F.; MARCHIORO, V. S.; FRANCO, F. D. A.; CANTELLE, A. Componentes de rendimento de grãos em trigo e seus efeitos diretos e indiretos na produtividade. **Revista Ceres**, v. 58, n. 3, p. 337-341, 2011.

VIANA, J. M. S. Heterosis and combining ability analyses from the partial diallel. **Bragantia**, v. 66, p. 641-647, 2007.

ZADOKS, J. C.; CHANG, T. T.; KONZAK, C. F. A decimal code for the growth stages of cereal. **Weed Research**. Oxford, v. 14, n. 6, p. 415-421, 1974.