



**JULIO FRANCISCO NHAMUCHENGA**

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE TRIGO COM DISTINTAS  
CAPACIDADES DE PERFILHAMENTO SOB DIFERENTES  
DENSIDADES DE SEMEADURA**

**LAVRAS – MG  
2025**

**JÚLIO FRANCISCO NHAMUCHENGA**

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE TRIGO COM DISTINTAS CAPACIDADES DE  
PERFILHAMENTO SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA**

Dissertação de mestrado apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação em  
Genética e Melhoramento de Planta, área de  
concentração em Genética e Melhoramento de  
Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes  
Orientador

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2025**

**Ficha Catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração  
de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a)  
próprio(a) autor(a).**

Nhamuchenga, Júlio Francisco.

Resposta de Cultivares de Trigo com Distintas Capacidades de  
Perfilhamento sob Diferentes Densidades de Semeadura / Júlio Francisco  
Nhamuchenga. - 2025.

49 p.

Orientador: José Airton Rodrigues Nunes

Coorientadora: Aurinelza Batista Teixeira

Condé

Dissertação (Mestrado Acadêmico) - Universidade Federal de Lavras,  
2025. Bibliografia.

1. Triticum aestivum L. 2. Seleção de cultivares. 3. Sistema de cultivo. 4.  
Eficiência de recomendação... I. Nunes, José Airton Rodrigues . II. Condé,  
Aurinelza Batista Teixeira . III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

**JÚLIO FRANCISCO NHAMUCHENGA**

**RESPOSTA DE CULTIVARES DE TRIGO COM DISTINTAS CAPACIDADES DE  
PERFILHAMENTO SOB DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA**

**RESPONSE OF WHEAT CULTIVARS WITH DIFFERENT TILLERING  
CAPACITIES UNDER VARYING SOWING DENSITIES**

Dissertação de mestrado apresentada à  
Universidade Federal de Lavras, como parte das  
exigências do Programa de Pós-Graduação em  
Genética e Melhoramento de Planta, área de  
concentração em Genética e Melhoramento de  
Plantas, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 01 de agosto de 2025.

Prof. José Airton Rodrigues Nunes  
Prof. Dr. Paulo Eduardo Ribeiro Marchiori  
Dr. Vanoli Fronza

UFLA  
UFLA  
Embrapa trigo

Prof. José Airton Rodrigues Nunes  
Orientador

Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé  
Coorientadora

**LAVRAS – MG  
2025**

*Este trabalho é dedicado aos meus filhos,  
Marcelo, Onésia e Gracyanne, que este trabalho lhes  
sirva de inspiração para que um dia possam seguir o  
mesmo caminho.*

## AGRADECIMENTOS

A Deus, que todos os dias da minha vida me dá forças para nunca desistir, dedico tudo o que tenho, o que sou e o que eu possa vir a ter ou ser.

Aos meus irmãos, Artur e Felizarda, parte do meu coração, sempre ao meu lado, torcendo por mim em cada passo da jornada. À minha esposa Madalena José Rendição, pela contribuição no rejuvenescimento da fé e na luta pela vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. José Airton Rodrigues Nunes, pela confiança depositada em meu trabalho, pela orientação atenta, pelas sugestões, críticas e pelo diálogo que ampliaram meu olhar, tanto no âmbito acadêmico quanto profissional.

À minha coorientadora, Dra. Aurinelza Batista Teixeira Condé, pela confiança, pelo tempo dispensado, pelas sugestões e pelo esclarecimento de dúvidas.

Aos membros da banca, pela aceitação do convite e pela valorosa contribuição para a conclusão desta etapa tão importante.

Aos meus tios José Mabureza e Amélia Sebastião, Artur Madjiga e Biatriz Adriano (*in memoriam*), por terem cuidado de mim como filho e pelos ensinamentos de vida. Agradeço por tudo o que fizeram por mim e reafirmos: “o que sou hoje devo a vocês”.

Aos meus primos, Clemente, João, Judite, Catarina Macamo, Aldo, Telma, Adelino, Nilza, Orlando, pelo amor e respeito de irmandade, agradeço.

Aos meus amigos, em especial Santa, Liria, Alberto e Noé, e ao grupo de Melhoramento de Trigo do Departamento de Biologia, que sempre me acompanharam e ajudaram nesta jornada. Aos colegas de turma, pelas amizades construídas, pelas leituras, pelas trocas de experiências, pelos sorrisos, aflições e medos compartilhados.

Agradeço à Universidade Federal de Lavras (UFLA), ao Departamento de Biologia (DBI) e ao Programa de Pós - Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas pela estrutura oferecida e pela oportunidade de realização do mestrado, que me trouxe crescimento acadêmico, profissional e pessoal. Agradeço também ao GCUB por oportunizar meu ingresso no Programa de Pós- Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas.

Agradeço à agência CAPES pela concessão da bolsa de estudos, que tornou possível a realização do mestrado. Agradeço à CAPES, ao CNPq e à FAPEMIG pelo financiamento da minha pesquisa.

A todos, que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização e a finalização deste trabalho, e, conseqüentemente, o encerramento dessa etapa tão sonhada: o meu muito obrigado; maitabasa; zikomo kwambiri; kanimambo!

*“Quando não souber o que fazer, ou o caminho a seguir, sorria.  
Isso fará seu espírito descansar e levará os raios da felicidade  
À sua alma”  
(Napoleon Hill)*

## RESUMO

O conhecimento acerca da interação entre genótipos de trigo (*Triticum aestivum* L.) e densidades de semeadura é essencial para refinar a recomendação de cultivares, especialmente, para a região em expansão do Brasil Central. Dentre as características quantitativas das cultivares que podem influenciar esta interação, destaca-se a capacidade de perfilhamento. Neste estudo, objetivou-se avaliar a resposta agrônômica de cultivares de trigo, com distintas capacidades de perfilhamento, sob diferentes densidades de semeadura, em regime de sequeiro na região sul de Minas Gerais. O experimento foi conduzido no município de Lavras, MG, no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária (Fazenda Muquém) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Avaliaram-se 12 cultivares de trigo com diferentes capacidades de perfilhamento (BRS 404, BRS 264, BR 18-Terena, MGS 3 Brilhante, ORS Absoluto, ORS Soberano, ORS Premium, ORS Feroz, TBIO Mestre, TBIO Aton, TBIO Duque e TBIO Calibre) sob quatro densidades de semeadura (250, 300, 350 e 400 sementes viáveis m<sup>-2</sup>), em esquema fatorial cruzado 12 x 4. O delineamento experimental foi o alfa-látice 8 x 6, com três repetições. As características mensuradas foram: número de colmos totais, dias para o espigamento, altura de plantas, número de colmos produtivos, comprimento da espiga, número de grãos por espiga, produtividade de grãos, massa de mil grãos e peso do hectolitro.

**Palavra-chave:** *Triticum aestivum* L.; seleção de cultivares; sistema de cultivo; eficiência de recomendação.

## ABSTRACT

Knowledge of the interaction between wheat genotypes (*Triticum aestivum* L.) and seeding rates is essential to refine cultivar recommendations, especially in Central Brazil. Among the quantitative traits that may influence this interaction, tillering capacity is noteworthy. This study aimed to evaluate the agronomic response of wheat cultivars with distinct tillering capacities under varying seeding rates in a rainfed cropping system in southern Minas Gerais. The experiment was conducted in Lavras, MG, at the Center for Scientific and Technological Development in Agriculture (Muquém Farm) of the Federal University of Lavras (UFLA). Twelve wheat cultivars (BRS 404, BRS 264, BR 18-Terena, MGS 3 Brilhante, ORS Absoluto, ORS Soberano, ORS Premium, ORS Feroz, TBIO Mestre, TBIO Aton, TBIO Duque, and TBIO Calibre) were evaluated under four seeding rates (250, 300, 350, and 400 viable seeds m<sup>-2</sup>) in a 12 × 4 factorial arrangement. The experimental design was an 8 × 6 alpha-lattice with three replicates. Measured traits included total tiller number, days to heading, plant height, number of productive tillers, spike length, number of grains per spike, grain yield, thousand-grain weight, and hectoliter weight (test weight).

**Keywords:** *Triticum aestivum* L.; cultivar selection; cropping system; recommendation efficiency.

## INDICADORES DE IMPACTOS

O estudo apresenta impactos significativos nas dimensões tecnológica, produtiva, social e ambiental. Os resultados obtidos contribuem diretamente para o aprimoramento das recomendações de cultivares em diferentes densidades de semeadura no estado de Minas Gerais. O estudo possibilita identificar cultivares de trigo mais adaptadas a diferentes densidades de semeadura, promovendo maior eficiência no uso de sementes e melhor rendimento por área. Isso pode resultar em redução de custos de produção, aumento da produtividade e maior sustentabilidade do sistema agrícola. A adoção de cultivares mais responsivas em baixas densidades também contribui para o uso racional dos insumos agrícolas. O conhecimento gerado pode ser utilizado em eventos como dias de campo, cursos e treinamentos promovidos por instituições públicas e cooperativas agrícolas, beneficiando diretamente agricultores familiares e técnicos que atuam na cadeia produtiva do trigo. A pesquisa envolveu a participação de docentes, estudantes de graduação, pós-graduação e técnicos, fortalecendo a integração entre ensino, pesquisa e extensão. A região mais impactada é o sul de Minas Gerais, mas os resultados podem ser estendidos para outras áreas do Cerrado com características edafoclimáticas semelhantes. Os resultados tendem a elevar a renda dos produtores e a fortalecer a cadeia do trigo no estado, com maior oferta do produto e possível redução no preço da farinha e de seus derivados ao consumidor final. O trabalho enquadra-se em três áreas temáticas da Política Nacional de Extensão: Educação, com ações de formação e capacitação de recursos humanos; Meio ambiente, com a inserção do trigo no sistema de produção, redução do uso de herbicidas para controle de plantas daninhas nas culturas de verão, manutenção da umidade do solo (favorecendo a germinação da cultura sucessora) e acúmulo de nutrientes pela decomposição da palhada; e Tecnologias e produção, por meio da transferência de conhecimento aplicado ao manejo agrônômico do trigo. Além disso, os resultados alinham-se aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, destacando-se: ODS 2 - Fome Zero e Agricultura Sustentável, ao contribuir com práticas agrícolas mais produtivas; ODS 12 - Consumo e Produção Responsável, ao otimizar o uso de sementes; e ODS 13 - Ação contra a Mudança Global do Clima, ao reduzir impactos ambientais associados a práticas agrícolas convencionais.

## **IMPACT INDICATORS**

The study presents significant impacts across the technological, productive, social, and environmental dimensions. The results directly contribute to improving cultivar recommendations at different seeding densities in the state of Minas Gerais. The study makes it possible to identify wheat cultivars better adapted to varying seeding densities, promoting greater seed-use efficiency and higher yield per area. This can result in reduced production costs, increased productivity, and greater sustainability of the agricultural system. The adoption of cultivars that are more responsive at low seeding densities also contributes to the rational use of agricultural inputs. The knowledge generated can be used in events such as field days, courses, and training sessions promoted by public institutions and agricultural cooperatives, directly benefiting family farmers and professionals working along the wheat value chain. The research involved faculty, undergraduate and graduate students, and technicians, strengthening the integration of teaching, research, and extension. The most affected region is southern Minas Gerais, but the results can be extended to other areas of the Cerrado with similar edaphoclimatic characteristics. The findings tend to increase farmers' income and strengthen the wheat value chain in the state, with a greater supply of the product and a possible reduction in the price of wheat flour and related products for end consumers. The work falls within three thematic areas of Brazil's National Extension Policy: Education, through actions for training and capacity building of human resources; Environment, through the inclusion of wheat in the production system, with reduced herbicide use for weed control in summer crops, maintenance of soil moisture (favoring the germination of the succeeding crop), and nutrient accumulation via wheat straw decomposition; and Technologies and Production, through the transfer of applied knowledge to wheat agronomic management. In addition, the results align with the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), notably: SDG 2 – Zero Hunger and Sustainable Agriculture, by supporting more productive agricultural practices; SDG 12 – Responsible Consumption and Production, by optimizing seed use; and SDG 13 – Climate Action, by reducing environmental impacts associated with conventional agricultural practices.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1.</b> Valores diários de precipitação pluviométrica, temperaturas mínima, média e máxima durante o período março a setembro de 2024 no município de Lavras-MG. ....	26
<b>Figura 2.</b> Médias fenotípicas de dias de espigamento (ESP) das cultivares.....	32
<b>Figura 3.</b> Médias fenotípicas de cultivares de trigo para os caracteres taxa de perfilhamento (TP) a), taxa de perfilhos produtivos (TPP) b). ....	33
<b>Figura 4.</b> Médias fenotípicas ajustadas com a análise de Scott-Knott (SK) de cultivares de trigo para caráter altura de planta (ALT, cm). ....	34
<b>Figura 5.</b> Médias fenotípicas de cultivares de trigo para os caracteres comprimento de espiga (CE, cm), número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil sementes (PMS, g).....	35
<b>Figura 6.</b> Médias fenotípicas ajustadas com a análise de Scott-Knott de cultivares de trigo para os caracteres produção de grãos (PROD, kg ha <sup>-1</sup> ) e peso do hectolitro (PH).....	36
<b>Figura 7.</b> Médias fenotípicas da taxa de perfilhamento (TP) e da taxa de perfilhos produtivos (TPP) das cultivares de trigo para densidade de semeadura.....	37
<b>Figura 8.</b> Médias de TP e TPP das cultivares de trigo em diferentes densidades de semeadura. ....	39

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Descrição das cultivares de trigo avaliadas segundo o ciclo, capacidade de perfilhamento (CPerf), obtentor, ano de lançamento e região de indicação de cultivo.....27
- Tabela 2.** Valores do teste F e estimativa da acurácia na média de cultivar, média geral e do coeficiente de variação experimental para as características de perfilhamento (TP), espigamento (ESP/dias), taxa de perfilhos produtivos (TPP), altura e plantas (ALT, cm), comprimento de espiga (CE, cm), número de grão por espiga (NGP), peso de mil sementes (PMS, g), produção por hectares (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e peso do hectolitro (PH, kg hL<sup>-1</sup>).....31

## **LISTA DE SIGLAS**

CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
UFLA	Universidade Federal de Lavras
Epamig	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais
GCUB	Grupo de Cooperação Internacional de Universidades Brasileiras
FAPEMIG	Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	17
<b>2.1 Aspectos agroeconômicos do trigo no Brasil Central</b> .....	17
<b>2.2 Melhoramento de trigo para o Brasil Central</b> .....	19
<b>2.3 Densidade de semeadura</b> .....	21
<b>2.4 Influência da densidade de semeadura no perfilhamento e produção do trigo</b> ...	22
<b>3.1 Descrição do Local</b> .....	26
<b>3.2 Descrição das cultivares e densidades de semeadura</b> .....	26
<b>3.3 Plano experimental e manejo</b> .....	27
<b>3.4 Características mensuradas</b> .....	28
<b>3.5 Análise estatística</b> .....	29
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	31
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	40
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	41

## 1 INTRODUÇÃO

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/ONU) estima que, se o ritmo atual de consumo se mantiver, em conjunto com o aumento da população mundial, será necessário um aumento de 60% na produção de alimentos até 2050 para suprir a demanda (FAO, 2024), de modo que os sistemas de produção de alimentos deverão ser mais eficientes e países como o Brasil terão papel fundamental para atender a essa demanda.

O trigo é uma das mais importantes culturas da base alimentar da humanidade (FAO, 2024). Na safra brasileira de 2024, a produção nacional foi de 8,4 milhões de toneladas de grãos em uma área de 3,06 milhões de hectares. Cerca de 86% da produção de trigo no Brasil ainda se concentra na região Sul do país, liderada pelos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, mas o Cerrado já responde por cerca de 10% da produção nacional (CONAB, 2025). Nesse contexto, destaca-se o estado de Minas Gerais, que ocupa o quarto lugar na produção nacional do cereal (CONAB, 2025). Na safra de 2024, no estado, foram cultivados 154 mil hectares, alcançando produção de 412 mil toneladas (CONAB, 2025). Assim, esse crescimento da triticultura no Cerrado remete à necessidade de acentuar as pesquisas nos âmbitos do melhoramento genético e tecnológico para maior sustentabilidade do agronegócio do trigo.

A expansão do cultivo do trigo no Brasil Central decorreu, principalmente, da localização geográfica, do clima, da topografia e da extensão de área (ALBRECHT *et al.*, 2007). Contudo, há desafios peculiares à triticultura no Cerrado em relação aos ambientes tradicionais de cultivo na região Sul do Brasil. Notadamente, no Cerrado há variações em fatores macro ambientais, como solo, clima e manejo. No que diz respeito ao manejo tecnológico, vários aspectos podem ser elencados, a exemplo da densidade de semeadura, na qual se considera a distribuição espacial das plantas a fim de maximizar a produtividade de grãos e a economicidade. A densidade de semeadura tem importância especial na cultura do trigo, pois exerce efeitos diretos na produção e em seus componentes, influenciando, assim, o número de espigas produzidas e o rendimento de grãos. Por esse motivo, nas investigações científicas, investiga-se constantemente a otimização do número de plantas por unidade de área (OZTURK *et al.*, 2006). Todavia, a densidade ideal de semeadura pode variar segundo alguns fatores, como a cultivar adotada, a época de semeadura, o regime de cultivo (irrigado ou sequeiro), o sistema de plantio (por exemplo, plantio direto) e o nível de palhada da cultura antecessora.

Uma característica peculiar do trigo relacionada ao adensamento do cultivo é a capacidade de perfilhamento, a qual implica na possibilidade de emissão de perfilhos a partir do colmo principal. Estudos acerca da expressão dessa característica tem revelado tratar-se de uma característica com arquitetura genética complexa (REN *et al.*, 2018), havendo variabilidade genética entre cultivares de trigo (PINHEIRO, 2019), inclusive sob condições de sequeiro em Minas Gerais (BANZE, 2024). A diversidade nos padrões de perfilhamento das cultivares de trigo indica que não há relação direta entre o número de perfilhos férteis e o rendimento de grãos (SPARKES *et al.*, 2006). Nesse contexto, compreender o efeito compensatório entre os componentes de rendimento em função do perfilhamento é crucial para recomendar técnicas de manejo diferenciadas, a fim de melhor explorar o rendimento de grãos dessas cultivares (VALÉRIO *et al.*, 2009).

A expressão fenotípica da capacidade de perfilhamento de uma linhagem de trigo pode também ser influenciada por vários fatores ambientais, como fatores climáticos e edáficos e, especialmente, de manejo, como adubação, regime de cultivo e densidade de semeadura (VALÉRIO *et al.*, 2008; SCHEEREN *et al.*, 2011). A expressão do potencial de perfilhamento é acentuada sob condições irrigadas (STANLEY *et al.*, 2020) e em baixas densidades de semeadura (COPETTI, 2020). Contudo, ainda no que diz respeito à densidade de semeadura, torna-se imprescindível investigar a existência de interação entre cultivares com diferentes capacidades de perfilhamento e densidades de semeadura, com foco na discriminação das cultivares quanto ao potencial genético relativo ao perfilhamento, bem como na aplicação prática para fins de recomendação, ou seja, na definição, de forma mais assertiva, da densidade de semeadura mais adequada para cada cultivar (OZTURK *et al.*, 2006).

A interação cultivar  $\times$  densidade proporciona comportamentos diferentes entre as cultivares (Battisti *et al.*, 2008). A capacidade de perfilhamento apresenta variações entre genótipos em resposta à densidade de semeadura. Em baixas densidades, predomina a competição intraplanta, favorecendo o perfilhamento individual como estratégia de ocupação do espaço. Em altas densidades, a intensificação da competição interplantas reduz o número de perfilhos produtivos, em razão da maior disputa por recursos ambientais (TAVARES *et al.*, 2014).

No que concerne à economicidade, a definição da densidade ideal de semeadura da cultivar a ser explorada pode impactar positivamente a maximização da produção em relação aos custos dos insumos, em especial das sementes, sem o risco de haver excesso ou falta de

plantas (COPETTI, 2020). Todavia, essa definição pode sofrer alteração de acordo com o ambiente, a exemplo do regime de cultivo em sequeiro ou irrigado e do nível de palhada da cultura antecessora.

Em lavouras tritícolas sem irrigação, o requerimento hídrico da cultura deve ser plenamente atendido pela precipitação pluvial. Contudo, no Cerrado, no período de inverno, as chuvas são esporádicas, irregulares e insuficientes, o que afeta a disponibilidade de água no solo (BORÉM e SCHEEREN, 2015). Com a progressiva redução do teor de água no solo, a força de adesão também se reduz, tornando mais difícil a absorção de água pelas plantas e condicionando-as a uma situação de déficit hídrico, o que acarreta estresse hídrico (BORTOLINI, 2016).

No que concerne ao efeito da cultura antecessora, tem-se cultivado predominantemente o trigo em sucessão ao milho ou à soja. No caso do milho, há maior quantidade de resíduos culturais no solo, resultando em elevado nível de palhada. Embora essa palhada seja benéfica para a conservação da umidade e a supressão de plantas daninhas, o excesso pode dificultar a plantabilidade do trigo, ocasionando falhas no estabelecimento dos cultivos, o que requer maquinário apropriado para evitar eventuais problemas de plantio. Ademais, a palhada de milho tem relação carbono/nitrogênio (C/N) muito alta, resultando na mobilização de nitrogênio no solo (WISNIEWSKI, 1997).

Portanto, são diversas as exigências tecnológicas das cultivares para maximizar a exploração de seu potencial genético de forma sustentável, sendo a densidade de semeadura uma delas e, por isso, precisam ser examinadas continuamente para determinar suas necessidades em condições específicas (BOKAN *et al.*, 2004; CAGLAR *et al.*, 2011). Ante o exposto, neste estudo objetivou-se avaliar a resposta agrônômica de cultivares de trigo com distintas capacidades de perfilhamento sob diferentes densidades de semeadura no regime de cultivo em sequeiro, na região Sul de Minas Gerais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Aspectos agroeconômicos do trigo no Brasil Central

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO/ONU) estima que, se o ritmo atual de consumo se mantiver, em conjunto com o aumento da população mundial, será necessário um aumento de 60% na produção de alimentos até 2050 para suprir a demanda (FAO, 2024), de modo que os sistemas de produção de alimentos deverão ser mais eficientes e países como o Brasil terão papel fundamental para atender a essa demanda.

O trigo é uma das mais importantes culturas da base alimentar da humanidade (FAO, 2024). Na safra brasileira de 2024, a produção nacional foi de 8,4 milhões de toneladas de grãos em uma área de 3,06 milhões de hectares. Cerca de 86% da produção de trigo no Brasil ainda se concentra na região Sul do país, liderada pelos estados do Paraná e do Rio Grande do Sul, mas o Cerrado já responde por cerca de 10% da produção nacional (CONAB, 2025). Nesse contexto, destaca-se o estado de Minas Gerais, que ocupa o quarto lugar na produção nacional do cereal (CONAB, 2025). Na safra de 2024, no estado, foram cultivados 154 mil hectares, alcançando produção de 412 mil toneladas (CONAB, 2025). Assim, esse crescimento da triticultura no Cerrado remete à necessidade de acentuar as pesquisas nos âmbitos do melhoramento genético e tecnológico para maior sustentabilidade do agronegócio do trigo.

A expansão do cultivo do trigo no Brasil Central decorreu, principalmente, da localização geográfica, do clima, da topografia e da extensão de área (ALBRECHT *et al.*, 2007). Contudo, há desafios peculiares à triticultura no Cerrado em relação aos ambientes tradicionais de cultivo na região Sul do Brasil. Notadamente, no Cerrado há variações em fatores macro ambientais, como solo, clima e manejo. No que diz respeito ao manejo tecnológico, vários aspectos podem ser elencados, a exemplo da densidade de semeadura, na qual se considera a distribuição espacial das plantas a fim de maximizar a produtividade de grãos e a economicidade. A densidade de semeadura tem importância especial na cultura do trigo, pois exerce efeitos diretos na produção e em seus componentes, influenciando, assim, o número de espigas produzidas e o rendimento de grãos. Por esse motivo, nas investigações científicas, investiga-se constantemente a otimização do número de plantas por unidade de área (OZTURK *et al.*, 2006). Todavia, a densidade ideal de semeadura pode variar segundo alguns fatores, como a cultivar adotada, a época de semeadura, o regime de cultivo (irrigado

ou sequeiro), o sistema de plantio (por exemplo, plantio direto) e o nível de palhada da cultura antecessora.

Uma característica peculiar do trigo relacionada ao adensamento do cultivo é a capacidade de perfilhamento, a qual implica na possibilidade de emissão de perfilhos a partir do colmo principal. Estudos acerca da expressão dessa característica tem revelado tratar-se de uma característica com arquitetura genética complexa (REN *et al.*, 2018), havendo variabilidade genética entre cultivares de trigo (PINHEIRO, 2019), inclusive sob condições de sequeiro em Minas Gerais (BANZE, 2024). A diversidade nos padrões de perfilhamento das cultivares de trigo indica que não há relação direta entre o número de perfilhos férteis e o rendimento de grãos (SPARKES *et al.*, 2006). Nesse contexto, compreender o efeito compensatório entre os componentes de rendimento em função do perfilhamento é crucial para recomendar técnicas de manejo diferenciadas, a fim de melhor explorar o rendimento de grãos dessas cultivares (VALÉRIO *et al.*, 2009).

A expressão fenotípica da capacidade de perfilhamento de uma linhagem de trigo pode também ser influenciada por vários fatores ambientais, como fatores climáticos e edáficos e, especialmente, de manejo, como adubação, regime de cultivo e densidade de semeadura (VALÉRIO *et al.*, 2008; SCHEEREN *et al.*, 2011). A expressão do potencial de perfilhamento é acentuada sob condições irrigadas (STANLEY *et al.*, 2020) e em baixas densidades de semeadura (COPETTI, 2020). Contudo, ainda no que diz respeito à densidade de semeadura, torna-se imprescindível investigar a existência de interação entre cultivares com diferentes capacidades de perfilhamento e densidades de semeadura, com foco na discriminação das cultivares quanto ao potencial genético relativo ao perfilhamento, bem como na aplicação prática para fins de recomendação, ou seja, na definição, de forma mais assertiva, da densidade de semeadura mais adequada para cada cultivar (OZTURK *et al.*, 2006).

A interação cultivar  $\times$  densidade proporciona comportamentos diferentes entre as cultivares (BATTISTI *et al.*, 2008). A capacidade de perfilhamento apresenta variações entre genótipos em resposta à densidade de semeadura. Em baixas densidades, predomina a competição intraplanta, favorecendo o perfilhamento individual como estratégia de ocupação do espaço. Em altas densidades, a intensificação da competição interplantas reduz o número de perfilhos produtivos, em razão da maior disputa por recursos ambientais (TAVARES *et al.*, 2014).

No que concerne à economicidade, a definição da densidade ideal de semeadura da cultivar a ser explorada pode impactar positivamente a maximização da produção em relação aos custos dos insumos, em especial das sementes, sem o risco de haver excesso ou falta de plantas (COPETTI, 2020). Todavia, essa definição pode sofrer alteração de acordo com o ambiente, a exemplo do regime de cultivo em sequeiro ou irrigado e do nível de palhada da cultura antecessora.

Em lavouras tritícolas sem irrigação, o requerimento hídrico da cultura deve ser plenamente atendido pela precipitação pluvial. Contudo, no Cerrado, no período de inverno, as chuvas são esporádicas, irregulares e insuficientes, o que afeta a disponibilidade de água no solo (BORÉM e SCHEEREN, 2015). Com a progressiva redução do teor de água no solo, a força de adesão também se reduz, tornando mais difícil a absorção de água pelas plantas e condicionando-as a uma situação de déficit hídrico, o que acarreta estresse hídrico (BORTOLINI, 2016).

No que concerne ao efeito da cultura antecessora, tem-se cultivado predominantemente o trigo em sucessão ao milho ou à soja. No caso do milho, há maior quantidade de resíduos culturais no solo, resultando em elevado nível de palhada. Embora essa palhada seja benéfica para a conservação da umidade e a supressão de plantas daninhas, o excesso pode dificultar a plantabilidade do trigo, ocasionando falhas no estabelecimento dos cultivos, o que requer maquinário apropriado para evitar eventuais problemas de plantio. Ademais, a palhada de milho tem relação carbono/nitrogênio (C/N) muito alta, resultando na mobilização de nitrogênio no solo (WISNIEWSKI, 1997).

Portanto, são diversas as exigências tecnológicas das cultivares para maximizar a exploração de seu potencial genético de forma sustentável, sendo a densidade de semeadura uma delas e, por isso, precisam ser examinadas continuamente para determinar suas necessidades em condições específicas (BOKAN *et al.*, 2004; CAGLAR *et al.*, 2011). Ante o exposto, neste estudo objetivou-se avaliar a resposta agrônômica de cultivares de trigo com distintas capacidades de perfilhamento sob diferentes densidades de semeadura no regime de cultivo em sequeiro, na região Sul de Minas Gerais.

## **2.2 Melhoramento de trigo para o Brasil Central**

As empresas, como a Epamig, Embrapa Cerrados e Embrapa Trigo, universidades públicas e empresas privadas vêm desenvolvendo programas de melhoramento genético de trigo para a região do Cerrado do Brasil Central, com o objetivo de selecionar ou obter

cultivares com elevada produtividade de grãos, bom desempenho agrônômico, resistência ao acamamento, características ideais para cada classe industrial de trigo e maior tolerância e/ou resistência a estresses ambientais e às principais doenças da região (ALBRECHT *et al.*, 2006; CONAB, 2017).

O trigo é uma espécie autógama alotetraploide ( $2n = 6x = 42$ ). Para essa cultura, têm sido aplicados métodos de melhoramento próprios de espécies autógamas, cujo tipo de cultivar explorada é uma linhagem. A estratégia de melhoramento para obtenção de híbridos em trigo ainda não tem sido aplicada em escala comercial (MELONEK *et al.*, 2021), assim como a técnica de duplo-haploidização, esta última devido à baixa eficiência dos métodos de obtenção de haploides (SILVA *et al.*, 2008; SAATKAMP, 2013).

Os programas de melhoramento de trigo de instituições públicas e privadas utilizam o método da hibridação artificial. A partir dos cruzamentos biparentais, conduzem-se as populações segregantes durante as gerações de avanço de endogamia, com aplicação de métodos de seleção (por exemplo, *bulk* dentro de progênies). A escolha do método depende, entre outros fatores, da arquitetura genética da característica alvo do melhoramento. O método da seleção recorrente tem sido aplicado a características complexas, como produtividade de grãos, resistência à brusone e tolerância à seca (CARGNIN, 2007).

O avanço da triticultura no Brasil Central resulta do esforço das instituições de pesquisa, do setor produtivo, da indústria e do poder público na geração de tecnologias e na transferência de conhecimento, assegurando crescimento de 110% da área e de 131,5% da produção de trigo tropical nos últimos seis anos, com perspectiva de expansão adicional nos próximos anos (EMBRAPA, 2024).

Apesar do sucesso, ainda há grandes desafios para a pesquisa no Cerrado do Brasil Central. A falta de água nos períodos de seca, a ocorrência de doenças como a brusone e o aprimoramento dos sistemas de manejo permanecem como fatores limitantes à expansão da triticultura tropical — desafios que a pesquisa vem buscando mitigar por meio do melhoramento genético e do manejo —, além de questões mercadológicas e tributárias, como instrumentos de comercialização e armazenagem (CHAGAS *et al.*, 2021; EMBRAPA, 2023, 2024).

Para o cultivo de trigo no Cerrado do Brasil Central, têm sido lançadas novas cultivares mais adequadas ou adaptadas tanto ao sequeiro quanto à irrigação. Estão registradas no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, com indicação de cultivo em 2024 e

2025, aproximadamente 53, 32, 24 e 16 cultivares para os estados de Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás e Distrito Federal, e Bahia, respectivamente (RCBPTT, 2024).

### 2.3 Densidade de semeadura

A densidade de semeadura limita a captação de recursos ambientais pelas plantas, como luz solar, água e nutrientes. É uma prática cultural crucial que afeta a produtividade de grãos e características agronômicas, pois as plantas de trigo ajustam as relações entre seus componentes produtivos conforme a competição entre plantas, dependendo do potencial genético de cada cultivar (FIOREZE, 2011). A densidade de semeadura adequada, em função de cultivares e ambiente, é uma boa prática para reduzir a competição entre plantas e aumentar a produtividade de grãos (TAVARES *et al.*, 2014).

A quantidade de semente a ser utilizada no plantio de trigo depende de vários fatores, principalmente da porcentagem de germinação, do vigor das sementes e da reação da cultivar ao acamamento. Quantidades insuficientes de sementes proporcionam menor número de espigas  $m^{-2}$  e favorecem o aparecimento de plantas daninhas, enquanto o excesso de sementes favorece o acamamento das plantas na lavoura, reduzindo a capacidade individual de produção de cada planta, resultando em espigas pequenas e com menor número de grãos, além de aumentar o custo de produção. Nesses casos, a produtividade e a qualidade da produção são seriamente afetadas (SILVA, 1996).

A semente, por ser o único insumo que contém todas as potencialidades genéticas da planta, impõe limites à sua produção; cabe aos demais insumos e tratos de manejo da cultura contribuir para a máxima expressão do seu potencial produtivo (CÁNOVAS e TRINDADE, 2003). Torna-se, portanto, fundamental ajustar a densidade de semeadura no manejo de cada cultivar, pois ela influencia a produtividade do trigo, assim como o custo de implantação da cultura, principalmente ao estabelecer a cultura em novas regiões (MONTENEGRO *et al.*, 2021).

No estado de Minas Gerais, o espaçamento normalmente utilizado é de 17 a 20 cm entre linhas. Para o trigo de sequeiro, a densidade indicada é de 350 a 450 sementes viáveis  $m^{-2}$ ; para o trigo irrigado, de 270 a 350 sementes viáveis  $m^{-2}$  (JORIS *et al.*, 2022). Recomenda-se que a profundidade de semeadura fique entre 2 e 5 cm, com preferência pela semeadura em linhas, pois esse sistema distribui as sementes de forma uniforme e é mais eficiente na utilização de fertilizantes (RCBPTT, 2024). Assim, a quantidade de semente indicada no sistema irrigado é mais baixa em relação ao sistema de sequeiro porque a

irrigação garante fornecimento constante e adequado de água para o crescimento e desenvolvimento das plantas e a sobrevivência dos perfilhos. No sequeiro, a água, por ser um fator limitante e dependente da precipitação pluviométrica, pode restringir o perfilhamento e/ou a formação de perfilhos produtivos. Portanto, o potencial de perfilhamento do trigo é maior no sistema irrigado em relação ao sequeiro, pois, no sistema irrigado, as plantas apresentam perfilhamento mais vigoroso e com maior proporção de perfilhos férteis, o que pode aumentar o número de espigas por área e, potencialmente, a produtividade.

#### **2.4 Influência da densidade de semeadura no perfilhamento e produção do trigo**

A planta de trigo é constituída por um colmo principal e seus perfilhos. De acordo com CASTRO e KLUGE (1999), uma característica bastante conhecida em cereais de inverno é a capacidade de perfilhamento.

O número de perfilhos que se desenvolve depende da densidade de semeadura; do nível de adubação; do ataque de pragas; da fertilidade; da umidade; da estrutura e do nível de compactação do solo; das condições ambientais no início da safra; das variações bruscas de temperatura e umidade; e de fatores genéticos associados a cultivar (VALÉRIO *et al.*, 2008; SCHEEREN *et al.*, 2011). Esses fatores genéticos incluem a ação de um gene inibidor do número de perfilhos, denominado TN1 (Tiller Number 1), responsável por causar deficiência no crescimento do broto do perfilho e reduzir o número de perfilhos (DONG *et al.*, 2023).

Em plantas, o balanço hormonal influencia diretamente o potencial produtivo, moldando sua expressão fenotípica em função da disponibilidade de recursos no ambiente de cultivo. No trigo, o equilíbrio entre auxinas e citocininas é crucial para a emissão de perfilhos, impactando a produção de grãos (FIOREZE e RODRIGUES, 2014; VALÉRIO *et al.*, 2009). Posteriormente, o aumento da atividade endógena de giberelinas resulta no alongamento dos entrenós do colmo (TAIZ e ZEIGER, 2007). O equilíbrio interno entre hormônios que promovem e inibem o crescimento pode ser influenciado por condições externas, como adubação e densidade de semeadura, assim como pela aplicação de reguladores de crescimento para controlar o desenvolvimento da cultura.

O perfilhamento é um componente crítico da arquitetura vegetal porque o número máximo de perfilhos governa o número máximo de espigas (isto é, o número de perfilhos produtivos), representando um elemento primário do rendimento de grãos na cultura do trigo (SHAHEEN *et al.*, 2024).

A diversidade nos padrões de perfilhamento das cultivares de trigo determina que não exista relação direta entre o número de perfilhos férteis e o rendimento de grãos (SPARKES *et al.*, 2006). Nesse contexto, compreender o efeito compensatório entre os componentes de rendimento em função do perfilhamento é crucial para recomendar técnicas de manejo diferenciadas, a fim de melhor explorar o rendimento de grãos dessas cultivares (VALÉRIO *et al.*, 2009b). Segundo WOBETO e MUNDSTOCK (1994), o equilíbrio de crescimento entre o colmo principal e os perfilhos é crucial para a sobrevivência destes; por isso, os perfilhos devem crescer de forma semelhante ao colmo principal, contribuindo para a produção final de grãos. Na prática, o controle do desenvolvimento dos perfilhos é determinado após sua emergência, e a caracterização do perfilhamento durante essa fase torna-se ferramenta fundamental para entender o comportamento produtivo desses perfilhos e sua contribuição ao rendimento final.

A densidade de semeadura é uma das técnicas de manejo que mais podem influenciar o comportamento do perfilhamento do trigo e seus componentes de produção. Essa capacidade de compensar componentes por meio de alterações em outros é essencial para obter melhor desempenho. A densidade de semeadura pode afetar a produção final do trigo por seus efeitos na emissão e na sobrevivência de perfilhos e na capacidade de a planta ajustar sua arquitetura para manter a eficiência no uso da radiação solar, principalmente pela folha-bandeira (CRUZ *et al.*, 2003; HERBERICH *et al.*, 2020; PINHEIRO *et al.*, 2021). A relação entre densidade de semeadura e capacidade de perfilhamento nas cultivares de trigo ainda é inconsistente, para determinadas condições edafoclimáticas e de manejo, pois existe um estande ideal de plantas por hectare a ser recomendado, o qual influencia diretamente a produtividade das cultivares em cada situação.

Os componentes de produção da cultura do trigo são altamente dependentes da contribuição do número de perfilhos produtivos por unidade de área para a expressão da produção final de grãos. Quando a cultura é conduzida em condições favoráveis de densidade, há produção mais uniforme na população de perfilhos; caso contrário, observam-se diferentes padrões de perfilhamento, com queda na produtividade (COPETTI, 2020). Na produção de cultivares de trigo, é importante adotar manejos e arranjos culturais adequados para cada cultivar, de modo a obter estande ideal e crescimento uniforme.

O trigo possui grande potencial de perfilhamento e, quando bem manejados, os perfilhos têm potencial para produzir grãos. Portanto, a participação dos perfilhos é crucial para garantir rendimentos adequados na cultura (OZTURK *et al.*, 2006). Além disso, os

processos fisiológicos relacionados à definição do potencial produtivo dos perfilhos passam a ser ponto-chave na obtenção de maiores produtividades (FIOREZE e RODRIGUES, 2012), pois são influenciados por fotossíntese, floração e pegamento/conjunto de grãos. LECARPENTIER *et al.* (2019) relataram que TaD27, uma enzima presente em ortólogos de trigo e arroz, regula o número de perfilhos no trigo hexaplóide. Em plantas mutantes *tad27-RNAi*, associadas à diminuição da expressão dessa enzima (ALMEIDA *et al.*, 2004).

Segundo estudo de ZHANG *et al.* (2022), a proteína TaPIL reduz o número de perfilhos de trigo; além disso, a superexpressão de TaPIL1-SUPERMAN aumenta o perfilhamento, enquanto a superexpressão de TaPIL reduz o número total de perfilhos.

A densidade de semeadura é um fator importante que pode influenciar o rendimento de grãos, bem como outros caracteres agronômicos (VALÉRIO *et al.*, 2009b). A variação da produtividade em função da densidade está relacionada ao potencial da cultivar em produzir perfilhos produtivos, uma vez que a densidade influencia de forma direta o número de espigas produzidas por unidade de área (OZTURK *et al.*, 2006). Nesse contexto, a escolha adequada da densidade para cada cultivar no momento da semeadura é essencial para o estabelecimento, o desenvolvimento, a sobrevivência dos perfilhos e o rendimento das cultivares.

A composição do perfilhamento está diretamente associada ao rendimento de grãos, influenciando de forma significativa a estrutura e a qualidade da população de plantas. Além disso, a construção de uma estrutura populacional baseada em perfilhos produtivos aumenta o potencial de rendimento (CAI *et al.*, 2014).

FIORZE e RODRIGUES (2014) afirmam que os perfilhos emitidos tardiamente em relação ao colmo principal influenciam negativamente a produção de grãos, pois podem levar ao aumento do abortamento de perfilhos. A condição ideal para adequado desenvolvimento dos perfilhos e para que se tornem produtivos é haver crescimento uniforme entre o colmo principal e os perfilhos (VALÉRIO *et al.*, 2009a).

O potencial produtivo do trigo é uma característica regida por mecanismos complexos e de natureza quantitativa. Esses caracteres são expressos por associação de muitos genes de pequeno efeito e, portanto, há dificuldade na seleção direta de genótipos potencialmente mais produtivos quanto à produção de grãos (VALÉRIO *et al.*, 2008).

O caráter perfilhamento tem sido avaliado sob muitos aspectos, e a genética quantitativa tem dado grande contribuição, principalmente nas avaliações no estágio de maturação, em que alguns estudos corroboram a hipótese de intensa interação de efeitos

gênicos envolvidos na expressão do caráter (VALÉRIO *et al.*, 2009b; PINHEIRO *et al.*, 2021).

As relações entre o colmo principal e os perfilhos influenciam o número de perfilhos férteis em cereais (ALMEIDA e MUNDSTOCK, 2001), variando conforme as características genéticas do material, as condições de cultivo e suas interações durante a emergência e o estabelecimento dos perfilhos.

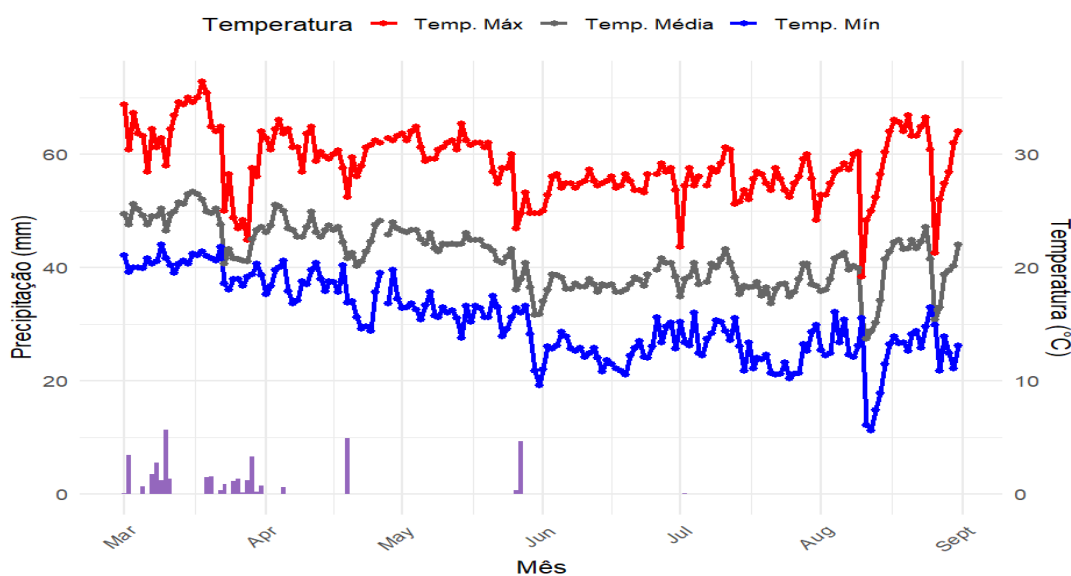
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Descrição do Local

O experimento foi conduzido no período de abril a agosto de 2024 no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária (CDCTA) – Fazenda Muquém, pertencente à Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado no município de Lavras, estado de Minas Gerais. A área experimental localiza-se a uma altitude de 918 m, com coordenadas geográficas de 21°12'08" S e 44°58'48" W.

O clima da região é caracterizado como tropical de altitude (Cwa), segundo a classificação climática de Köppen, apresentando estação seca no inverno e verão chuvoso. A temperatura média anual é de aproximadamente 19,4 °C, enquanto a precipitação média anual atinge cerca de 1.461,8 mm. A Figura 1 apresenta os dados de precipitação pluviométrica e de temperatura diária para o período de condução do experimento. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo, caracterizado por elevada acidez, textura argilosa e boa profundidade.

**Figura 1.** Valores diários de precipitação pluviométrica, temperaturas mínima, média e máxima durante o período março a setembro de 2024 no município de Lavras-MG (INMET, 2025).



Fonte: elaboração própria

#### 3.2 Descrição das cultivares e densidades de semeadura

Foram avaliadas 12 cultivares de trigo de diferentes programas de melhoramento do Brasil, como Biotrigo Genética/GDM, Embrapa, Epamig e OR Genética de Sementes (Tabela

1) sob quatro densidades de semeadura (250, 300, 350 e 400 sementes viáveis por metro quadrado) no esquema fatorial cruzado 12x4. Das 12 cultivares avaliadas, 11 (exceção da cultivar TBIO Calibre) foram previamente caracterizadas por Banze (2024) quanto à capacidade de perfilhamento em condições de sequeiro (Tabela 1).

**Tabela 1.** Descrição das cultivares de trigo avaliadas segundo o ciclo, capacidade de perfilhamento (CPerf) BANZE (2024), obtentor, ano de lançamento e região de indicação de cultivo.

Cultivar	Ciclo <sup>1</sup>	CPerf <sup>2</sup>	Obtentor	Ano	Região de indicação
TBIO Aton	M	A	Biotrigo Genética/GDM	2018	PR, MG, RS, SC, SP, BA, DF, GO, MS e MT
TBIO Duque	P	B	Biotrigo Genética/GDM	2018	PR, MG, RS, SC, SP, BA, DF, GO, MS e MT
TBIO Calibre	SP	M	Biotrigo Genética/GDM	2021	PR, MG, RS, SC, SP, BA, DF, GO, MS, MT e DF
TBIO Mestre	M	A	Biotrigo Genética/GDM	2012	MT, GO, DF, MG, BA RS, SC, PR, SP e MS
BRS 404	P/M	M	Embrapa	2015	MS, MG, MT, DF e GO
BR 18-Terena	P	M	Embrapa	1986	PR, MS e SP
BRS 264	P	B	Embrapa	2006	GO, MG, MT, BA e DF
MGS 3 Brilhante	M	B	Epamig	2005	DF, GO e MG
ORS Soberano	M	B	OR Genética de Sementes	2011	MT, GO, DF, MG, BA RS, SC, PR, SP e MS
ORS Premium	P/M	B	OR Genética de Sementes	2011	MT, GO, DF, MG, BA RS, SC, PR, SP e MS
ORS Feroz	P	M	OR Genética de Sementes	2020	MT, GO, RS, SC, PR, SP, MS, DF, MG e BA
ORS Absoluto	P	M	OR Genética de Sementes	2011	MT, GO, DF, MG, BA RS, SC, PR, SP, MS

<sup>1</sup>SP: superprecoce; P: precoce; M: médio; T: tardio. <sup>2</sup>B: baixa; M: média; A: alta.

Fonte: elaboração própria.

### 3.3 Plano experimental e manejo

O preparo da área experimental consistiu na dessecação em pré-semeadura das plantas daninhas com herbicida à base de glifosato, seguida de roçagem. Em seguida, realizou-se a semeadura com adubação de plantio simultânea (300 kg ha<sup>-1</sup> do formulado NPK 8–28–16), utilizando semeadora Semina de cinco linhas.

O experimento seguiu o delineamento alfa-látice 8 × 6, com três repetições, com parcelas constituídas por cinco linhas de 5,0 m e espaçamento de 20 cm entre linhas. A semeadura foi realizada em 10 de abril de 2024.

O experimento foi conduzido em regime de sequeiro com irrigação suplementar. A adubação de cobertura foi realizada aos 15 dias após a emergência, com aplicação de 100 kg ha<sup>-1</sup> de ureia. O controle de plantas daninhas foi feito com herbicidas à base de clodinafop-propargil e ácido 2,4-diclorofenoxiacético, complementado por controle mecânico. Não foram necessárias aplicações fitossanitárias adicionais, pois a incidência de pragas e doenças não foi severa. A colheita foi realizada manualmente quando os grãos atingiram o estágio de grãos secos.

### 3.4 Características mensuradas

Após a germinação, foi demarcado 1,0 m na linha central de cada parcela para proceder à contagem e avaliação do perfilhamento. Em seguida, realizou-se o desbaste dentro do metro linear demarcado nas densidades de 250, 300, 350 e 400 sementes viáveis m<sup>-2</sup> de forma a manter uma densidade de 50, 60, 70 e 80 plântulas m<sup>-1</sup>, respectivamente. Foram mensuradas as seguintes características:

- a) Taxa de perfilhamento (TP): calculada pela seguinte expressão:  $TP = \frac{(NC-NP)}{NP}$ , em que NC é o número total de colmos aos 25 dias após o desbaste e NP é o número inicial de plantas ou colmos principais logo após o desbaste;
- b) Taxa de perfilhos produtivos (TPP): calculada pela expressão:  $TPP = \frac{(NCP-NP)}{NP}$ ; em que NCP é o número total de colmos produtivos por ocasião da colheita;
- c) Espigamento (dias): número de dias a partir da semeadura até 50% das plantas da parcela com espiga emitida e com liberação completa da bainha;
- d) Altura de plantas (ALT, cm): medida da superfície do solo até a parte superior da espiga (sem considerar as aristas) com auxílio de uma régua. Foi realizada de forma aleatória em dois pontos da parcela por ocasião da colheita;
- e) Comprimento de espigas (CE, cm): valor médio do comprimento da espiga obtido a partir das medidas de oito espigas colhidas aleatoriamente em cada parcela com auxílio de uma régua graduada;
- f) Número de grãos por espiga (NGE): número médio de grãos obtido a partir da contagem dos grãos em oito espigas colhidas aleatoriamente em cada parcela;
- g) Massa de mil grãos (PMS, g): obtida por meio da pesagem de 1000 grãos de cada parcela com auxílio de balança eletrônica. A contagem dos grãos foi feita usando o contador eletrônico de sementes ESC 2011 Comp da empresa Sanik®;

- h) Peso do hectolitro (PH) ( $\text{kg.hL}^{-1}$ ): determinado a partir de amostra de grãos de cada parcela com auxílio do medidor de umidade e densidade Gehaka® G650;
- i) Produtividade de grãos (PROD) por parcela (kg): medida da massa total dos grãos de cada parcela, corrigido para umidade de 13%.

### 3.5 Análise estatística

Após coleta, tabulação e organização dos dados fenotípicos, foram verificados por meio de gráficos diagnósticos, a presença de *outliers*, bem como pressuposto de normalidade e homogeneidade dos resíduos (KOZAK e PIEPHO, 2018).

Os dados de cada experimento foram analisados de acordo com o seguinte modelo estatístico:

$$y_{ijkl} = \mu + r_j + b_{k(j)} + c_i + d_l + cd_{il} + e_{ijkl} \quad (1)$$

em que:  $y_{ijkl}$  é o valor observado obtido do  $i$ -ésimo cultivar avaliado na  $l$ -ésima densidade de semeadura no  $k$ -ésimo bloco, dentro da  $j$ -ésima repetição;  $\mu$  constante inerente a todas as observações;  $r_j$  é o efeito fixo da  $j$ -ésima repetição;  $b_{k(j)}$  é o efeito aleatório do  $k$ -ésimo bloco dentro da  $j$ -ésima repetição, sendo  $b_{k(j)} \sim N(0, \sigma_b^2)$  e  $\sigma_b^2$  a variância de blocos;  $c_i$  é o efeito fixo da  $i$ -ésima cultivar;  $d_l$  é o efeito fixo da  $l$ -ésima densidade de semeadura;  $cd_{il}$  é o efeito fixo da interação da  $i$ -ésima cultivar com a  $l$ -ésima densidade de semeadura;  $e_{ijkl}$  é o erro experimental aleatório associado à observação  $y_{ijkl}$ , sendo  $e_{ijkl} \sim N(0, \sigma_e^2)$  e  $\sigma_e^2$  a variância do erro experimental.

As análises foram realizadas via abordagem de modelos mistos considerando a recuperação da informação interblocos usando o pacote lme4 (Bates *et al.*, 2015) no programa R (R Core Team, 2023). As estimações dos componentes das variâncias foram realizadas pelo método de máxima verossimilhança residual.

Foram estimadas a acurácia seletiva (AS) e o coeficiente de variação experimental ( $CV_e$ ) (RESENDE e DUARTE, 2007), como métricas relacionadas com a qualidade experimental e confiabilidade na seleção de cultivares, usando os seguintes estimadores:

$$AS = \sqrt{1 - \frac{1}{F_g}}; \quad (2) \quad CV_e = \frac{\sqrt{\hat{\sigma}_e^2}}{\bar{y}} \quad (3)$$

Em que:  $F_g$  é o valor da estatística F-Snedecor para o efeito de cultivares;  $\bar{y}$  é a média geral.

As significâncias dos efeitos fixos dos modelos inframencionados foram verificadas pelo teste F usando o pacote car (Fox e Weisberg, 2019). Adicionalmente foi empregado o teste de Scott-Knott para o agrupamento das médias das cultivares usando código em ambiente R customizado do pacote ExpDes (Ferreira *et al.*, 2021). Para descrever os padrões de resposta das cultivares em função das densidades de semeadura foi empregue a técnica estatística da regressão polinomial. Os gráficos foram gerados usando o pacote ggplot2 (Wickham, 2016).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores do coeficiente de variação experimental (CVe, %) variaram de 2% (PH) a 88% (TPP) para as características avaliadas (Tabela 2). Os resultados obtidos para as características ESP, ALT, CE, NGE, PMS, PROD e PH estão de acordo com o reportado por Nardino *et al.* (2023), indicando elevada precisão experimental. Estes autores realizaram um levantamento de CVe em experimentos de trigo e obtiveram intervalos de confiança para diferentes características. As características PH, PMS, ESP, e ALT foram mais estáveis, apresentando CVe < 10%. Já as características relacionadas à produção de grãos (CE e PROD) e ao perfilhamento (TP e TPP) apresentaram CVe mais elevados, sendo, portanto, mais instáveis, o que indica maior influência por fatores ambientais. Resultados semelhantes foram obtidos por BANZE (2024) para perfilhamento em trigo.

**Tabela 2.** Valores do teste F e estimativa da acurácia na média de cultivar, média geral e do coeficiente de variação experimental para as características de perfilhamento (TP), espigamento (ESP/dias), taxa de perfilhos produtivos (TPP), altura e plantas (ALT, cm), comprimento de espiga (CE, cm), número de grão por espiga (NGP), peso de mil sementes (PMS, g), produção por hectares (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e peso do hectolitro (PH, kg hL<sup>-1</sup>).

FONTES DE VARIACÃO	CARACTERÍSTICAS										
	GL	ESP	TP	TPP	ALT	CE	NGE	PMS	PROD	PH	
Cultivar (C)	11	25,81*	1,33 <sup>ns</sup>	3,59*	33,4*	2,12*	7,68*	63,93*	7,16*	12,45*	
Densidade (D)	3	5,16*	13,24*	19,85*	0,78 <sup>ns</sup>	0,41 <sup>ns</sup>	0,36 <sup>ns</sup>	1,10 <sup>ns</sup>	0,80 <sup>ns</sup>	0,54 <sup>ns</sup>	
C x D	33	1,05 <sup>ns</sup>	1,5 <sup>ns</sup>	1,30 <sup>ns</sup>	1,58 <sup>ns</sup>	0,71 <sup>ns</sup>	1,11 <sup>ns</sup>	1,69 <sup>ns</sup>	0,63 <sup>ns</sup>	0,67 <sup>ns</sup>	
$\hat{r}_{gg}$		0,98	0,50	0,85	0,98	0,73	0,93	0,99	0,93	0,96	
Média		64	1,2	0,3	75	8	35	38,8	2931	78	
CVe (%)		4	36	88	5	16	13	4	20	2	

\*; <sup>ns</sup> Significância e não significância pelo teste F-Snedecor a 5% de probabilidade, respectivamente.

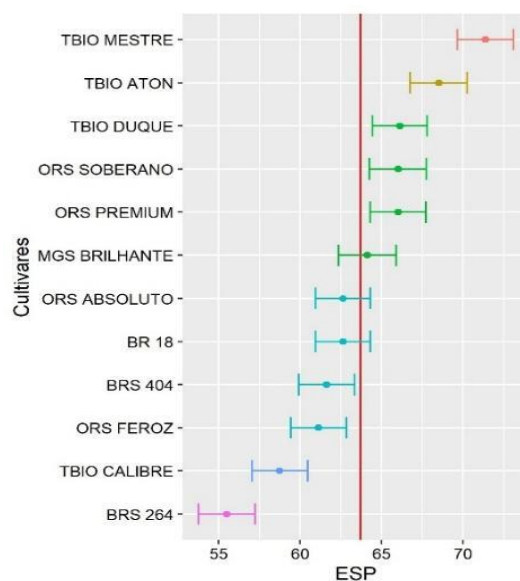
Fonte: elaboração própria.

Observaram-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as cultivares para a maioria das características mensuradas (Tabela 2). Expressiva variação entre genótipos de trigo tem sido reportada sob condições de cerrado em Minas Gerais (TEIXEIRA *et al.*, 2023; CARDOZO, 2024). Os valores da acurácia seletiva (AS) variaram de 0,50 a 0,99 para as características avaliadas (Tabela 2). A precisão foi de moderada a muito alta, de acordo com os critérios de classificação propostos por Resende e Duarte (2007), que estabelece as seguintes faixas de precisão: moderada ( $> 0,50$ ), alta ( $> 0,70$ ) e muito alta ( $> 0,90$ ). As

características ESP, TPP, ALT, CE, NGE, PMS, PROD e PH foram classificadas como alta a muito alta. Esses resultados evidenciam a qualidade experimental e, especialmente, a elevada confiabilidade na detecção de diferenças genéticas entre as cultivares avaliadas, na medida que a acurácia seletiva expressa a correlação entre o valor genotípico estimado e o valor genotípico verdadeiro, sendo um parâmetro direto da confiabilidade experimental (PIEPHO *et al.*, 2008; RESENDE *et al.*, 2012).

As cultivares de trigo avaliadas apresentam ampla variação para ESP, com valores variando de 56 a 71 dias. A cultivar TBIO Mestre (71 dias) foi a mais tardia, seguida pelas cultivares TBIO Aton, TBIO Duque, ORS Soberano, ORS Premium e MGS Brilhante (Figura 2). Por outro lado, a cultivar BRS 264 destacou-se pela precocidade (56 dias).

**Figura 2.** Médias fenotípicas de dias de espigamento (ESP) das cultivares.



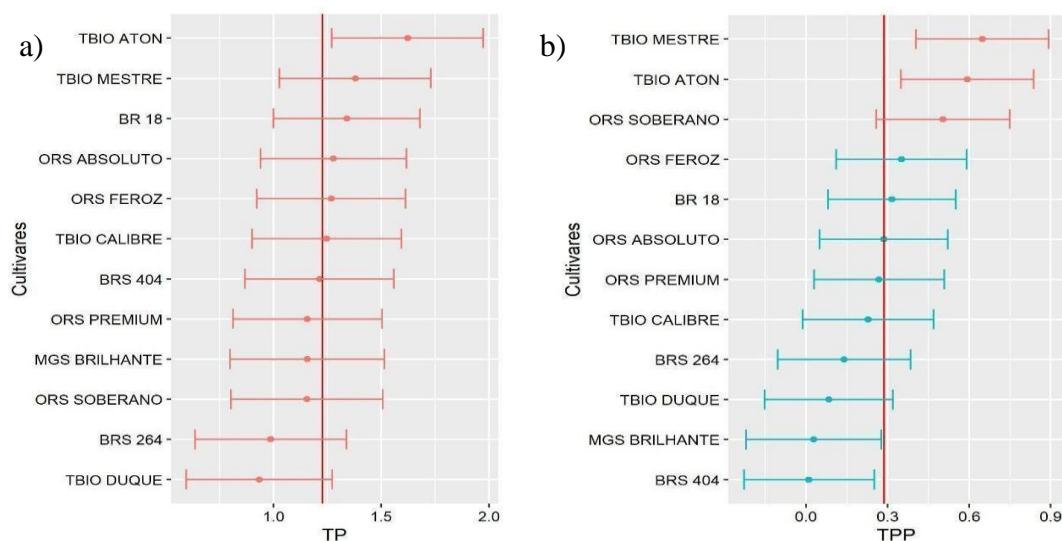
Fonte: elaboração própria.

Uma característica peculiar do trigo é a capacidade de perfilhamento, a qual tem natureza quantitativa, sendo governada por genes e QTLs de efeitos maior e menor (REN *et al.*, 2018). No que concerne à capacidade de perfilhamento, as cultivares diferiram quanto à taxa de formação de perfilhos produtivos, entretanto, não foi evidenciada diferença significativa para a taxa de formação de perfilhos (Tabela 2). Esse resultado foi discordante do observado por BANZE (2024), que previamente havia caracterizado 11 das 12 cultivares avaliadas neste estudo, sob condições de sequeiro, como tendo distintas capacidades de

perfilhamento. Nesse caso, a variação atribuída a fatores não controlados pode ter contribuído para reduzir a acurácia da seleção quanto à TP (Tabela 2).

A taxa média de perfilhos emitidos neste estudo foi de apenas 1,2 (Tabela 2). Os valores médios dessa taxa variaram de 1,6 (TBIO Aton) a 0,9 (TBIO Duque) (Figura 3a). Todavia, um aspecto importante relativo aos perfilhos é a sua conversão em perfilhos produtivos. No que se refere à conversão desses perfilhos em produtivos, destacaram-se as cultivares TBIO Mestre, TBIO Aton e ORS Soberano, com TPP de aproximadamente 0,6 (Figura 3b). BANZE (2024) relataram resultados semelhantes sob condições de sequeiro.

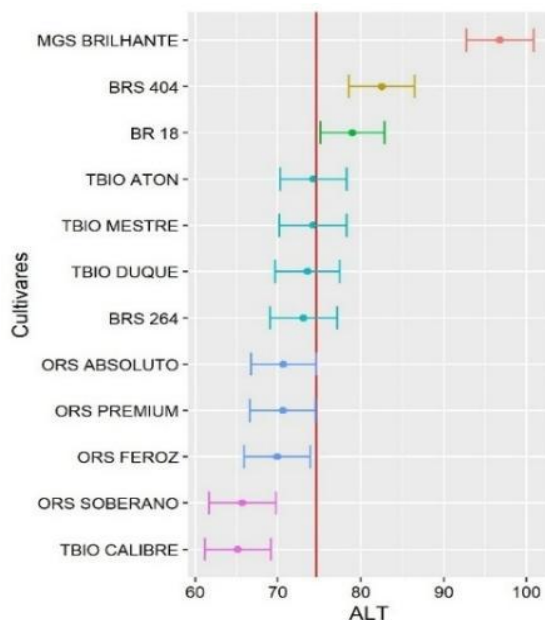
**Figura 3.** Médias fenotípicas de cultivares de trigo para os caracteres taxa de perfilhamento (TP) a), taxa de perfilhos produtivos (TPP) b).



Fonte: elaboração própria.

Para a característica ALT, observou-se expressiva variação entre as cultivares, com estaturas variando entre 65 e 97 cm (Figura 4). As cultivares MGS Brilhante (97 cm), BRS 404 (83 cm) e BR 18 (79 cm) foram as mais altas, enquanto TBIO Calibre (65 cm) e a ORS Soberano (66 cm) apresentaram as menores estaturas. Estaturas elevadas não são, em geral, desejáveis, pois podem aumentar a suscetibilidade ao acamamento, no entanto, as cultivares mais altas não apresentaram acamamento.

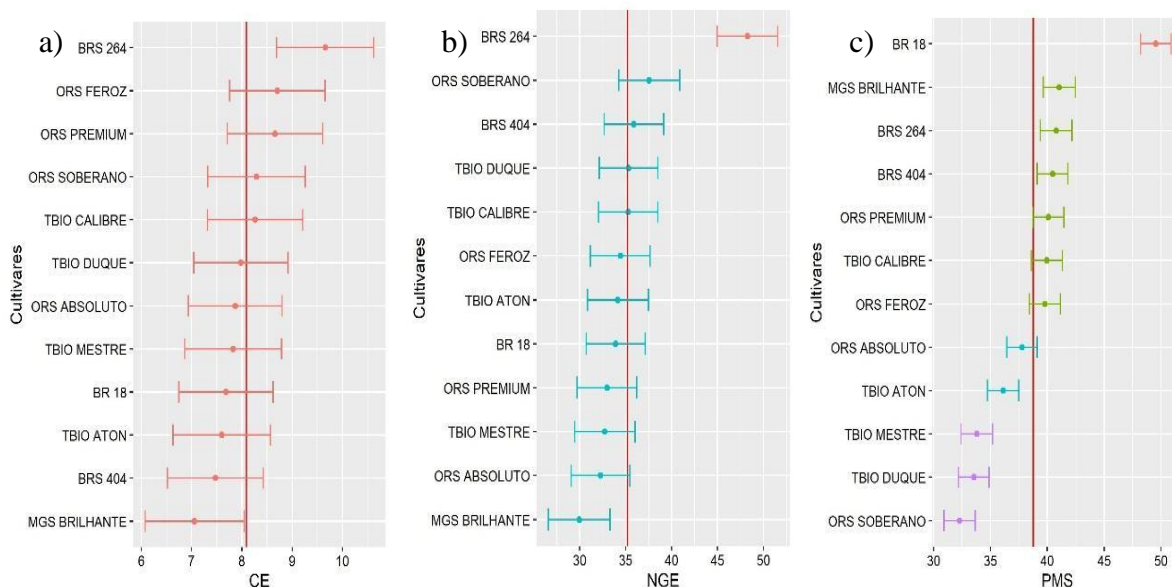
**Figura 4.** Médias fenotípicas ajustadas com a análise de Scott-Knott (SK) de cultivares de trigo para caráter altura de planta (ALT, cm).



Fonte: elaboração própria.

Foram mensurados alguns caracteres componentes da produção de grãos de trigo, como CE, NGE, PMS e PROD. Relativo às características CE e NGE, pode-se destacar a cultivar BRS 2614 com médias de 9,7 cm e 48 grãos, respectivamente. Por outro lado, a cultivar MGS Brilhante apresentou espigas mais curtas (7,1 cm) e com menor número de grãos (30) (Figuras 5a e 5b). Para PMS, a cultivar BR 18 apresentou a maior média (50 g), destacando-se pelos grãos maiores, enquanto as cultivares TBIO Mestre, TBIO Duque e ORS Soberano apresentaram menores valores de PMS (33 g) (Figura 5c). O PMS é uma característica altamente herdável e estável (TEIXEIRA *et al.*, 2023).

**Figura 5.** Médias fenotípicas de cultivares de trigo para os caracteres comprimento de espiga (CE, cm), número de grãos por espiga (NGE) e peso de mil sementes (PMS, g).

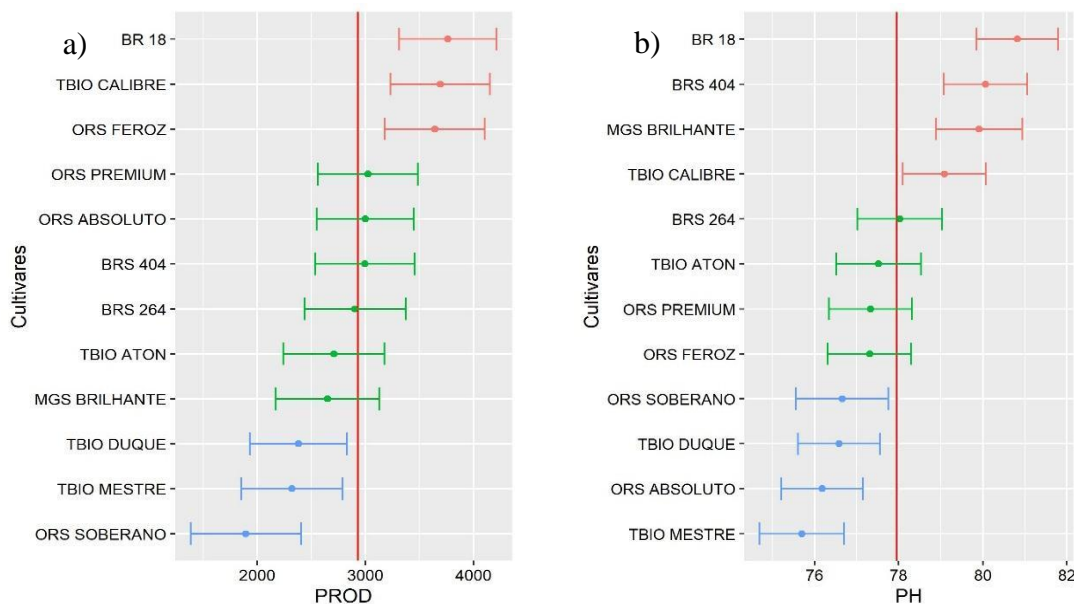


Fonte: elaboração própria.

No que concerne à PROD, as cultivares mais produtivas foram a BR 18, TBIO Calibre e ORS Feroz, com produtividade média acima de  $3600 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 6a). Em trabalhos realizados por BANZE (2024) e CARDOZO (2024), não foram encontradas diferenças significativas entre as cultivares para essa característica sob condições de sequeiro em Minas Gerais.

A característica PH relaciona-se à classificação dos grãos para produção de farinha ou farelo de trigo pelos moinhos. As cultivares BR 18, BRS 404, MGS Brilhante, TBIO Calibre e BRS 264 apresentaram valores de PH maiores ou iguais a  $78 \text{ kg hL}^{-1}$ , sendo, portanto, mais adequadas para produção de farinha de trigo, de acordo com a Instrução Normativa de Classificação do Trigo (BRASIL, 2010) (Figura 6b). Resultados semelhantes foram relatados por CONDÉ *et al.* (2010), ORMOND *et al.* (2013) e TEIXEIRA *et al.* (2023). Assim, considerando simultaneamente a elevada produtividade e a qualidade, destacam-se as cultivares BR 18 e TBIO Calibre. Vale ressaltar que nem sempre grãos maiores implicam maiores densidades. SORDI *et al.* (2007) destacam que cada cultivar possui grãos de tamanhos e formas distintas, refletindo em pesos e volumes específicos diferentes.

**Figura 6.** Médias fenotípicas ajustadas com a análise de Scott-Knott de cultivares de trigo para os caracteres produção de grãos (PROD, kg ha<sup>-1</sup>) e peso do hectolitro (PH).



Fonte: elaboração própria.

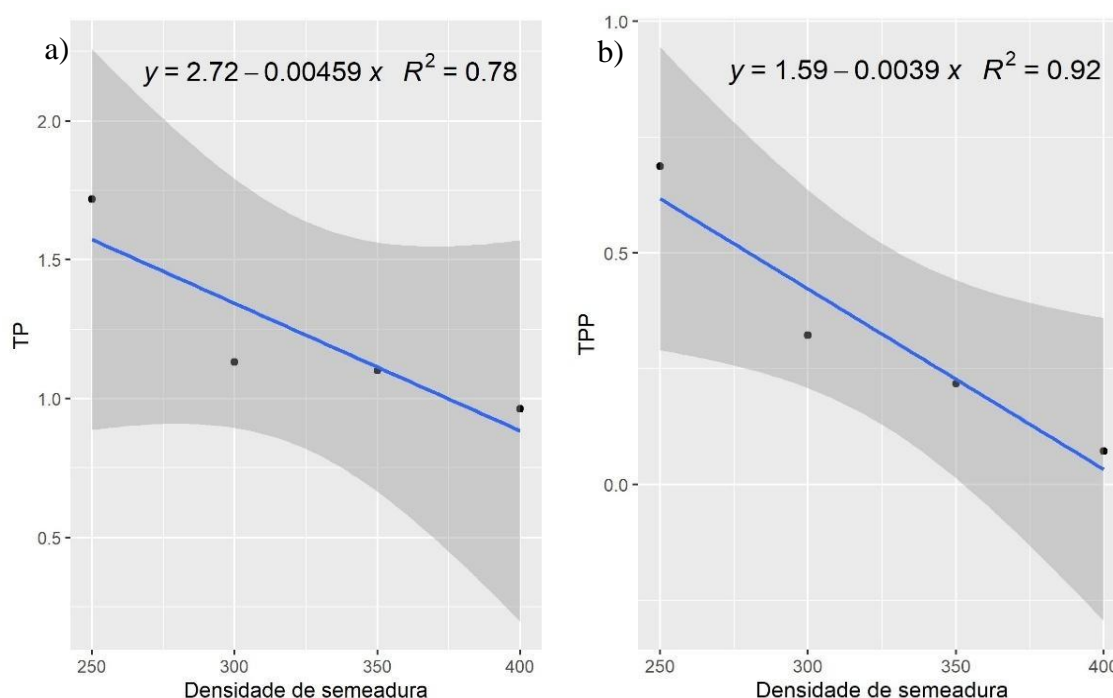
Em relação à densidade de semeadura, observou-se efeito significativo somente sobre as características ESP, TP e TPP (Tabela 2). As plantas sob baixa densidade apresentaram-se mais tardias (65 dias). Esse resultado corrobora o relatado por VALÉRIO *et al.* (2008). Sugere-se que o aumento da competição interplantas por recursos, sob elevada densidade de semeadura, estimula o encurtamento do ciclo.

Com o aumento da densidade de semeadura, verificou-se redução linear na TP (Figura 7a). A cada incremento de 100 sementes viáveis m<sup>-2</sup>, estima-se redução de aproximadamente 0,5 na taxa de perfilhamento. Sob baixa densidade de semeadura há maior disponibilidade de espaço e recursos, o que favorece a emissão de perfilhos (ALVARENGA *et al.*, 2009; FIOREZE, 2011). Por outro lado, sob elevada densidade, a maior competição por recursos prioriza o crescimento e o desenvolvimento do colmo principal e limita a emissão de perfilhos (PINHEIRO, 2019; PINHEIRO *et al.*, 2021). Plantas isoladas tendem a expressar maior capacidade de perfilhamento como mecanismo de ocupação do espaço disponível, enquanto, em maiores densidades, esse comportamento é suprimido (SANGOI *et al.*, 2012). Esses resultados reforçam a importância de considerar a interação entre a arquitetura da planta e o arranjo espacial no momento de recomendar a densidade ideal de semeadura.

No que se refere à TPP, observou-se efeito linear significativo da densidade de semeadura, com redução da expressão dessa característica à medida que a densidade aumenta

(Figura 7b). A cada acréscimo de 100 sementes viáveis  $m^{-2}$ , estima-se redução de cerca de 0,4 na taxa de formação de perfilhos produtivos. Assim, grande parte dos perfilhos emitidos não é convertida em perfilhos produtivos, o que está diretamente relacionado à intensificação da competição por recursos sob altas densidades. Baixa diferenciação em perfilhos férteis sob elevada densidade de semeadura também foi observada por GIBBERT *et al.* (2023). Em condições de maior competição entre plantas, ocorre crescimento acelerado do colmo principal e dos primeiros perfilhos, o que pode comprometer o desenvolvimento e a contribuição dos perfilhos emitidos tardiamente para a produtividade. Esse comportamento foi relatado por VALÉRIO *et al.* (2008) e por FIOREZE e RODRIGUES (2012), que destacaram que, em ambientes com maior densidade, a competição por recursos reduz a eficiência dos perfilhos secundários, afetando negativamente os componentes de produção.

**Figura 7.** Médias fenotípicas da taxa de perfilhamento (TP) e da taxa de perfilhos produtivos (TPP) das cultivares de trigo para densidade de semeadura.



Fonte: elaboração própria.

O efeito da densidade de semeadura não foi evidenciado para ALT, CE, NGE, PMS, PROD e PH (Tabela 2). Resultados semelhantes foram relatados por ZAGONEL *et al.* (2002), que também não verificaram efeito da densidade de semeadura sobre a altura das plantas em trigo. TAVARES *et al.* (2014) observaram que o aumento da densidade de semeadura no trigo

pode provocar redução linear na produtividade. GUO e SCHNURBUSCH (2015) relataram que o excesso de perfilhos pode comprometer a produção de grãos, uma vez que parte desses perfilhos compete por assimilados com o colmo principal, mas não atinge a maturidade fisiológica, sendo abortada precocemente e, conseqüentemente, não contribuindo efetivamente para a produção de grãos. Resultados semelhantes são relatados por DRUM (2018), que descreve que a emissão de perfilhos tardia, desuniforme e infértil intensifica a competição intraplanta, indicando que os perfilhos tardios podem ser considerados drenos.

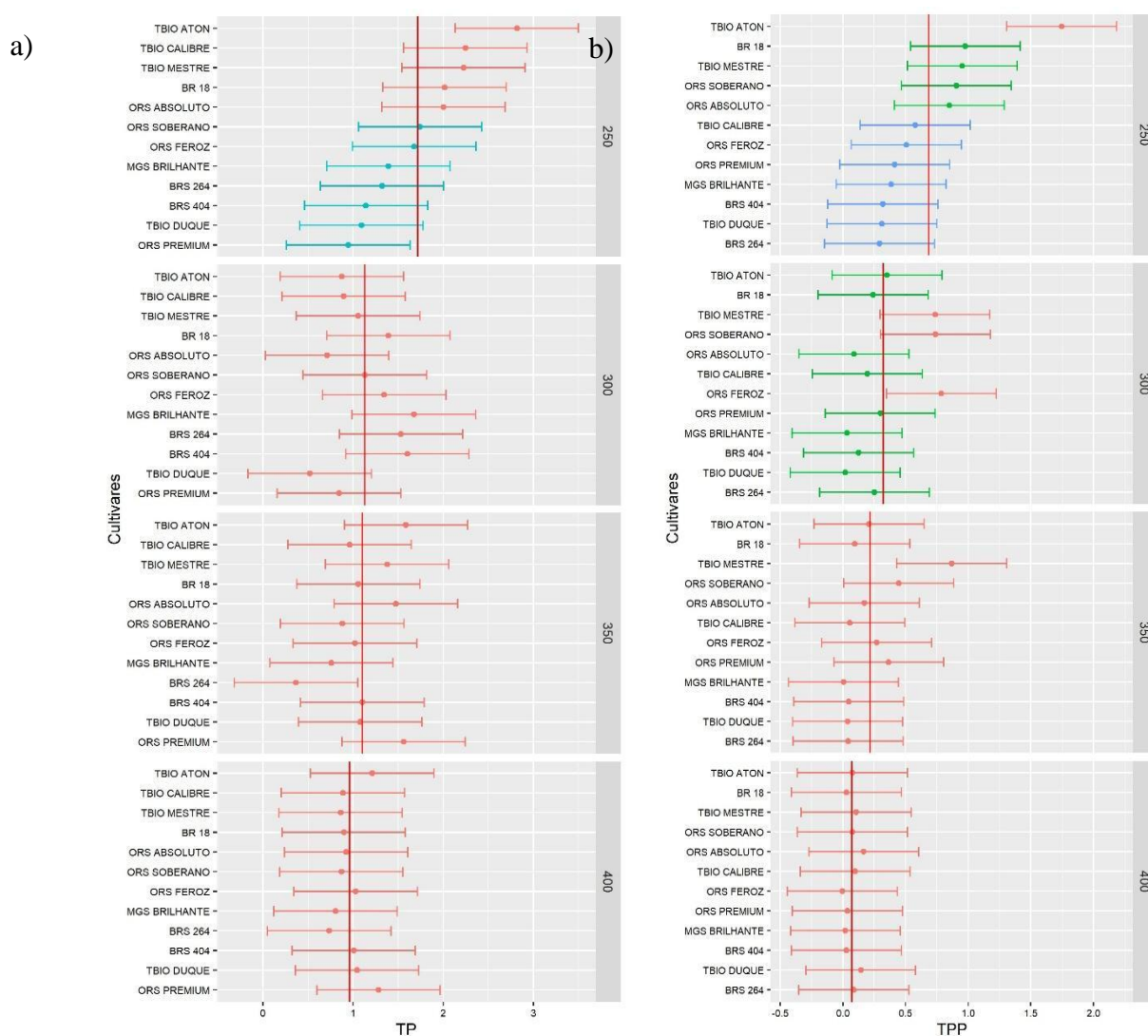
A ausência de diferenças quanto à produção de grãos em diferentes densidades de semeadura pode também ser compreendida por meio da avaliação direta ou indireta de características fisiológicas da planta de trigo. O índice NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), calculado a partir de dados de reflectância no vermelho e no infravermelho próximo, está associado a maior quantidade de clorofila e biomassa. Dessa forma, valores elevados de NDVI refletem maior vigor vegetativo e, conseqüentemente, maior potencial produtivo das plantas (ROUSE e HAAS, 1974). O NDVI tem papel importante na estimativa da capacidade produtiva ainda nos estágios iniciais do ciclo da cultura, sendo ferramenta valiosa para orientar agricultores na adoção de práticas de manejo, como a fertilização de cobertura ou a aplicação de defensivos; também pode servir como indicador do vigor das plantas, auxiliando na identificação de cultivares com maior resiliência à seca e ao estresse térmico. Além disso, pode contribuir para a tomada de decisão sobre estratégias de irrigação ao longo do ciclo da cultura (PENNACCHI *et al.*, 2022).

A partir da avaliação do NDVI em experimentos semelhantes (dados não publicados), não foi detectado efeito significativo da densidade de semeadura, indicando que o índice de cobertura do dossel vegetal foi semelhante entre os níveis de densidade. Esse comportamento pode ser atribuído à compensação entre o número de plantas e a área foliar individual. Resultados semelhantes foram relatados por RISSINI *et al.* (2015).

A interação cultivar  $\times$  densidade (C  $\times$  D) não foi significativa para nenhuma das características mensuradas (Tabela 2). A ausência de interação mostra que, em média, o desempenho agrônômico das cultivares foi relativamente coincidente quando submetidas a diferentes densidades de semeadura. Esses resultados são consistentes com os relatados por TAVARES *et al.* (2014). Já FIOREZE (2011) relatou maiores valores de produtividade sob baixas densidades de semeadura para algumas cultivares, devido à alteração no acúmulo de matéria seca pelas plantas até a antese. Ao avaliar o efeito de cultivares em cada densidade de semeadura, a título exploratório, observou-se que a discriminação das cultivares, relativa à

taxa de perfilhamento e à taxa de perfilhos produtivos, foi mais evidente sob baixas densidades de semeadura (Figuras 8a e 8b), conforme o esperado. Porém, devido aos elevados coeficientes de variação dessas duas características (Tabela 2), não foi possível avaliar adequadamente as diferenças entre as cultivares para compará-las às taxas de perfilhamento obtidas por BANZE (2024).

**Figura 8.** Médias de TP e TPP das cultivares de trigo em diferentes densidades de semeadura.



Fonte: elaboração própria.

## **5 CONCLUSÕES**

As cultivares de trigo avaliadas apresentam diferenças quanto à capacidade de perfilhamento, especialmente no que diz respeito à taxa de perfilhos produtivos. A densidade de semeadura não altera as características componentes da produção e da qualidade dos grãos, mas afeta aquelas relacionadas ao perfilhamento. À medida que se eleva a densidade de semeadura, verifica-se redução linear na taxa de perfilhamento e na taxa de perfilhos produtivos. A resposta das cultivares, com distintas capacidades de perfilhamento, foi relativamente semelhante sob diferentes densidades de semeadura.

## REFERÊNCIAS

ALBRECHT, J. C.; JÚNIOR, W. Q. R.; SILVA, M. S. **Pesquisa, Desenvolvimento E Inovação Para O Cerrado**. [s.l.] Embrapa Cerrados, 2007.

ALBRECHT, J. C.; SILVA, M. S.; ANDRADE, J. M. V. de; SCHEEREN, P. L.; TRINDADE, M. da G.; SOBRINHO, J. S.; SOUSA, C. N. A. de; BRAZ, A. J. B. P.; JÚNIOR, W. Q. R.; SOUSA, M. A. de; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. Trigo BRS 264: Cultivar precoce com alto rendimento de grãos indicada para o Cerrado do Brasil Central. 2006.

ALMEIDA, M. L. D.; MUNDSTOCK, C. M. A qualidade da luz afeta o afilamento em plantas de trigo, quando cultivadas sob competição. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 401–408, jun. 2001.

ALMEIDA, M. L. D.; SANGOI, L.; MEROTTO JR., A.; ALVES, A. C.; NAVA, I. C.; KNOPP, A. C. Tiller Emission and Dry Mass Accumulation of Wheat Cultivars under Stress. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 3rd, p. 266–270, jun. 2004.

ALVARENGA, C. B. de; SOBRINHO, J. S.; SANTOS, E. M. dos. COMPORTAMENTO DE CULTIVARES DE TRIGO EM DIFERENTES DENSIDADES DE SEMEADURA SOB IRRIGAÇÃO INDICADAS PA. C. Tiller Emission and Dry Mass Accumulation of Wheat Cultivars under Stress. **Scientia Agricola**, v. 61, n. 3, p. 266–270, jun. 2004. RA A REGIÃO DO BRASIL CENTRAL. **Biosci. J., Uberlândia**, v. 25, n. 5, p. 98–107, 2009.

BANZE, D. A. Potencial de perfilhamento de cultivares de trigo sob condições de sequeiro em Minas Gerais. 22 nov. 2024. Disponível em:

<<http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/59711>>. Acesso em: 18 jun. 2025.

BATES, D.; MÄCHLER, M.; BOLKER, B.; WALKER, S. **Fitting Linear Mixed-Effects Models Using Lme4**. **Journal of Statistical Software**, v. 67, n. 1, 2015. Disponível em: <<http://www.jstatsoft.org/v67/i01/>>. Acesso em: 17 jul. 2025.

BATTISTI, G. K.; MARTINS, J. A. K.; VALENTINI, A. P. F.; ZAMBONATO, F.; GAVIRAGHI, F.; WAGNER, J. F.; DAMBRÓS, R.; VEZZOSI, L. F.; SCHWERTNER, D. V.; SILVA, J. A. G. da. **Arranjo populacional e seus efeitos por modificações na densidade de semeadura em trigos (*Triticum aestivum*) do padrão multicolmo**. [s.d.] disponível em: <[https://www2.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA\\_00724.pdf](https://www2.ufpel.edu.br/cic/2008/cd/pages/pdf/CA/CA_00724.pdf)>. Acesso em: 17 jul. 2025.

BOKAN, N. & MALESEVIC, M. **The planting density effect on wheat yield structure**. **In Acta Agriculturae Serbica**: Vol. IX, 18. 2004. 65-79. [s.d.] Disponível em: <<https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0354-9542/2004/0354-95420418065B.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

BORÉM, A.; SCHEEREN, P. L. **Trigo: do plantio à colheita**. [s.l.] Editora UFV, 2015.

BORTOLINI, D. **Estimativa da retenção e disponibilidade de água nos solos do Estado de Santa Catarina**. 2016. Disponível em: <<http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.27639.62885>>. Acesso em: 13 jul. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Regulamento técnico de identidade e de qualidade do trigo**. Brasília, Instrução Normativa SARC/ MA nº 7, INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 38, DE 30 DE NOVEMBRO DE 2010. Diário Oficial da União, 2001. Disponível em: <<https://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=visualizarAtoPortalMapa&chave=358389789>>. Acesso em: 5 jun. 2025.

CAGLAR, O.; BULUT, S.; KARAOGLU, M. M.; OZTURK, A. **Quality Response of Facultative Wheat to Winter Sowing, Freezing Sowing and Spring Sowing at Different Seeding Rates**. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 1 jan. 2011. Disponível em: <[https://www.academia.edu/78907489/Quality\\_Response\\_of\\_Facultative\\_Wheat\\_to\\_Winter\\_Sowing\\_Freezing\\_Sowing\\_and\\_Spring\\_Sowing\\_at\\_Different\\_Seeding\\_Rates](https://www.academia.edu/78907489/Quality_Response_of_Facultative_Wheat_to_Winter_Sowing_Freezing_Sowing_and_Spring_Sowing_at_Different_Seeding_Rates)>. Acesso em: 3 fev. 2025.

CAI, T.; XU, H.; PENG, D.; YIN, Y.; YANG, W.; NI, Y.; CHEN, X.; XU, C.; YANG, D.; CUI, Z.; WANG, Z. **Exogenous Hormonal Application Improves Grain Yield of Wheat by Optimizing Tiller Productivity**. *Field Crops Research*, v. 155, p. 172–183, jan. 2014.

CÁNOVAS, A. D.; TRINDADE, M. da G. **Densidade de Semeadura de Trigo – Uma Questão de Economia**. *Comunicado 54 técnico*, p. 4, 2003.

CARDOZO, R. A. R. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de trigo nas mesorregiões do campo das vertentes e sul/sudoeste de minas gerais**. 2024.

CARGNIN, A. **Seleção recorrente no melhoramento genético de plantas autógamas**. n. 1ª edição, p. 22, 2007.

CASTRO, P. R. de C.; KLUGE, R. A. **Ecofisiologia de cultivos anuais: trigo, milho, soja, arroz e mandioca**. São Paulo: Nobel, 1999. 128 p.

CHAGAS, J. H.; ALBRECHT, J. C.; PIRES, J. L. F.; SOBRINHO, J. S.; FRONZA, V. **Densidade de sementeira e nitrogênio no trigo BRS 404 em sistema sequeiro em Planaltina - DF**. *Brazilian Journal of Animal and Environmental Research*, v. 5, n. 1, p. 1439–1444, 30 mar. 2022.

CHAGAS, J. H.; FRONZA, V.; SOBRINHO, J. S.; SUSSEL, A. A. B.; ALBRECHT, J. C. **Tecnologia de produção de trigo sequeiro no Cerrado do Brasil Central**. 2021.

COELHO, M. A. O.; CONDE, A. B. T.; DE SOUZA, M. A.; FRONZA, V.; YAMANAKA, C. H. **Expansão e cultivo da cultura do trigo em Minas Gerais**. *Informe agropecuário, Belo Horizonte*, v.32. n.,260. Jan./fev. 2011. [s.d.]

CONAB. **A cultura do trigo, Companhia Nacional de Abastecimento**. [s.l.] Conab, 2017.

CONAB. **Companhia Nacional de Abastecimento. Trigo-Análise-Mensal-Julho-2023**. [s.d.]

CONAB. **Conab - Trigo. Companhia Nacional de Abastecimento. Série Histórica das Safras.** Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras/itemlist/category/913-trigo>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

CONAB. **Portal de Informações Agropecuárias.** Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

CONDÉ, A. B. T.; COELHO, M. A. D. O.; FRONZA, V.; SOUZA, L. V. D. **Divergência genética em trigo de sequeiro por meio de caracteres morfoagronômicos.** *Revista Ceres*, v. 57, n. 6, p. 762–767, dez. 2010.

COPETTI. **Estratégias para boa densidade de semeadura - Revista Cultivar.** Disponível em: <<https://revistacultivar.com.br/artigos/estrategias-para-boa-densidade-de-semeadura>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

CRUZ, P. J.; CARVALHO, F. I. F.; SILVA, S. A.; KUREK, A. J.; BARBIERI, R. L.; CARGNIN, A. **Influência do acamamento sobre o rendimento de grãos e outros caracteres em trigo.** *Revista Brasileira de Agrociências*, Pelotas, v. 9, n. 1, 2003. [s.d.]

DESTAQUE DO MÊS – AGRO EM DADOS / SETEMBRO 2024 (TRIGO) - **SEAPA - Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária e Abastecimento.** Disponível em: <<https://goias.gov.br/agricultura/destaque-do-mes-agro-em-dados-setembro-2024-trigo/>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

DONG, C.; ZHANG, L.; ZHANG, Q.; YANG, Y.; LI, D.; XIE, Z.; CUI, G.; CHEN, Y.; WU, L.; LI, Z.; LIU, G.; ZHANG, X.; LIU, C.; CHU, J.; ZHAO, G.; XIA, C.; JIA, J.; SUN, J.; KONG, X.; LIU, X. **Tiller Number1 Encodes an Ankyrin Repeat Protein That Controls Tillering in Bread Wheat.** *Nature Communications*, v. 14, n. 1, p. 836, 14 fev. 2023.

DRUN, R. P. **Potencial de translocação de solutos entre perfilhos de plantas de trigo.** p. 38, 2018.

EMBRAPA. **EMBRAPA, Goiás: Fórum do Trigo Tropical acontece em dezembro.** Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/85512998/go-forum-do-trigo-tropical-acontece-em-dezembro>>. Acesso em: 17 jan. 2025.

FAO: **Se o atual ritmo de consumo continuar, em 2050 mundo precisará de 60% mais alimentos e 40% mais água | As Nações Unidas no Brasil.** Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/68525-fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisar%C3%A1-de-60-mais-alimentos-e-40>, <https://brasil.un.org/pt-br/68525-fao-se-o-atual-ritmo-de-consumo-continuar-em-2050-mundo-precisar%C3%A1-de-60-mais-alimentos-e-40>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

FERREIRA, E. B.; CAVALCANTI, P. P.; NOGUEIRA, D. A. **ExpDes: Experimental Designs Package:** CRAN: Contributed Packages. The R Foundation, 19 dez. 2021. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes>>. Acesso em: 17 jul. 2025.

FIGLIORINI, S. L. Comportamento produtivo do trigo em função da densidade de semeadura e da aplicação de reguladores vegetais. p. 86, 2011.

FIGLIANO, S. L.; RODRIGUES, J. D. **Componentes produtivos do trigo afetados pela densidade de sementeira e aplicação de regulador vegetal**. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 35, n. 1, p. 39, 26 fev. 2014.

FIGLIANO, S. L.; RODRIGUES, J. D. **Perfilamento do trigo em função da aplicação de regulador vegetal**. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 7, n. suppl., p. 750–755, 20 dez. 2012.

FOX, J.; WEISBERG, S. **R Companion 3E**. Disponível em: <<https://www.john-fox.ca/Companion/>>. Acesso em: 17 jul. 2025.

GIBBERT, R. A.; PALTANIN, R. V.; WUTZKE, G.; BAVATTI, L. A.; NOZAKI, M. de H. **Efeito de diferentes densidades de sementeira na cultura do trigo (*TRITICUM AESTIVUM*)**. v. 27, n. 128, 22 nov. 2023. Disponível em: <<https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10185422>>. Acesso em: 17 jul. 2025.

GUO, Z.; SCHNURBUSCH, T. **Variation of Floret Fertility in Hexaploid Wheat Revealed by Tiller Removal**. *Journal of Experimental Botany*, v. 66, n. 19, p. 5945–5958, set. 2015.

HERBERICH, M. M.; GAYLER, S.; ANAND, M.; TIELBÖRGER, K. **Biomass–density relationships of plant communities deviate from the self-thinning rule due to age structure and abiotic stress**. *Oikos*, v. 129, n. 9, p. 1393–1403, set. 2020.

INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**. Disponível em: <<https://portal.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 22 jul. 2025.

JORIS, H. A. W.; PENCKOWSKI, L. H.; KUHNEM, P.; ROSA, A. C. **Informações Técnicas para Trigo e Triticale - Safra 2022: 14º Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale**. CASTRO, PR: Fundação Abc Para Assist E Divulg Tecnica Agropecuaria, 2022. 274 p.

KOZAK, M.; PIEPHO, H. P. **What’s Normal Anyway? Residual Plots Are More Telling than Significance Tests When Checking ANOVA Assumptions**. *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 204, n. 1, p. 86–98, 2018.

LECARPENTIER, C.; BARILLOT, R.; BLANC, E.; ABICHOU, M.; GOLDRINGER, I.; BARBILLON, P.; ENJALBERT, J.; ANDRIEU, B. **WALTer: A Three-Dimensional Wheat Model to Study Competition for Light through the Prediction of Tillering Dynamics**. *Annals of Botany*, v. 123, n. 6, p. 961–975, 24 jun. 2019.

MELONEK, J.; DUARTE, J.; MARTIN, J.; BEUF, L.; MURIGNEUX, A.; VARENNE, P.; COMADRAN, J.; SPECCEL, S.; LEVADOUX, S.; BERNATH-LEVIN, K.; TORNEY, F.; PICHON, J.-P.; PEREZ, P.; SMALL, I. **The Genetic Basis of Cytoplasmic Male Sterility and Fertility Restoration in Wheat**. *Nature Communications*, v. 12, n. 1, p. 1036, 15 fev. 2021.

MONTENEGRO, A. A. T.; CAIERÃO, E.; DE MIRANDA, F. R. **Avaliação de Cultivares de Trigo sob Diferentes Densidades de Sementeira na Região da Serra da Ibiapaba, Ceará**. 2021.

NARDINO, M.; SILVA, F. F. E.; OLIVOTO, T.; BARROS, W. S.; CARVALHO, C. G. D.; SIGNORINI, V. S.; MEZZOMO, H. C.; CASAGRANDE, C. R. **Meta-analysis of the experimental coefficient of variation in wheat using the Bayesian and Frequentist approaches.** *Scientia Agricola*, v. 80, 2023. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-90162023000100501&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162023000100501&tlng=en)>. Acesso em: 19 jul. 2025.

ORMOND, A. T. S.; NUNES, J. A. S.; CANEPPELE, C. **Análise das características físicas de sementes de trigo.** *Enciclopédia Biosfera*, 2013.

OZTURK, A.; CAGLAR, O.; BULUT, S. **Growth and yield response of facultative wheat to winter sowing, freezing sowing and spring sowing at different seeding rates.** *Journal of Agronomy and Crop Science*, v. 192, n. 1, p. 10–16, fev. 2006.

PENNACCHI, J. P.; VIRLET, N.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; PARRY, M. A. J.; FEUERHELM, D.; HAWKESFORD, M.; CARMO-SILVA, E. **A Predictive Model of Wheat Grain Yield Based on Canopy Reflectance Indices and Theoretical Definition of Yield Potential.** *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, v. 34, n. 4, p. 537–550, 9 nov. 2022.

**Performance of potential parents for a rainfed tropical wheat breeding program.** *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, v. 23, n. 3, 2023. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-70332023000300205&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-70332023000300205&tlng=en)>. Acesso em: 22 jul. 2025.

PIEPHO, H. P.; MÖHRING, J.; MELCHINGER, A. E.; BÜCHSE, A. **BLUP for Phenotypic Selection in Plant Breeding and Variety Testing.** *Euphytica*, v. 161, n. 1–2, p. 209–228, maio 2008.

PINHEIRO, M. G. **Perfilamento de cultivares de trigo em função da densidade de semeadura e sua relação com o rendimento.** p. 80, 2019.

PINHEIRO, M. G.; SOUZA, C. A. de; FIOREZE, S. L.; SANGOI, L.; JUNIOR, J. F. C. C.; BISATO, M. M. **Cultivar, densidade de semeadura ou momento da emissão: o que influencia mais a mortalidade e desempenho de perfilhos de trigo?** *Revista de Ciências Agroveterinárias*, v. 20, n. 1, p. 019–031, 29 mar. 2021.

R CORE TEAM. **R: The R Project for Statistical Computing.** Disponível em:

<<https://www.r-project.org/>>. Acesso em: 22 jul. 2025.

RCBPTT. **Informações técnicas para trigo e triticale : safras 2024 & 2025. 16a Reunião da Comissão Brasileira de Pesquisa de Trigo e Triticale.** Guarapuava, PR: Juliano Luiz De Almeida, 2024.

REN, T.; HU, Y.; TANG, Y.; LI, C.; YAN, B.; REN, Z.; TAN, F.; TANG, Z.; FU, S.; LI, Z. **Utilization of a Wheat55K SNP Array for Mapping of Major QTL for Temporal Expression of the Tiller Number.** *Frontiers in Plant Science*, v. 9, 15 mar. 2018.

Disponível em: <<http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fpls.2018.00333/full>>. Acesso em: 16 jul. 2025.

RESENDE, M. D. V. de; DUARTE, J. B. **Precisão e controle de qualidade em experimentos de avaliação de cultivares.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, p. 182–194, 16 out. 2007.

RESENDE, M. D. V. de; SILVA, F. F. e; LOPES, P. S.; AZEVEDO, C. F. **Seleção genômica ampla (GWS) via modelos mistos (REM/BLUP), inferência bayesiana (MCMC), regressão aleatória multivariada e estatística espacial.** [s.l.] Sif, 2012.

RISSINI, A. L. L.; KAWAKAMI, J.; GENÚ, A. M. **Índice de vegetação por diferença normalizada e produtividade de cultivares de trigo submetidas a doses de nitrogênio.** *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 39, n. 6, p. 1703–1713, dez. 2015.

ROUSE, W.; HAAS, R. H. **Monitoring vegetation systems in the great plains with erts.** p. 309, 1974.

SAATKAMP, K. **Obtenção de plantas duplo haplóides de trigo.** 2013.

SANGOI, L.; SCHMITT, A.; SILVA, P. R. F. D.; VARGAS, V. P.; ZOLDAN, S. R.; VIERA, J.; SOUZA, C. A. D.; PICOLI JUNIOR, G. J.; BIANCHET, P. **Perfilamento como característica mitigadora dos prejuízos ocasionados ao milho pela desfolha do colmo principal.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 47, n. 11, p. 1605–1612, nov. 2012.

SCHEEREN, P. L.; CAIERÃO, E.; SILVA, E.; BONOW, S.; **Melhoramento de trigo. Trigo no Brasil. 427. 2011.** In: PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. R. da (Ed.). *Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável.* Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. [s.d.]

SHAHEEN, A.; LI, Z.; YANG, Y.; XIE, J.; ZHU, L.; LI, C.; NIE, F.; WANG, M.; WANG, Y.; RASHEED, A.; LI, H.; ZHOU, Y.; SONG, C.-P. **Genetic Regulation of Wheat Plant Architecture and Future Prospects for Its Improvement.** *New Crops*, v. 2, p. 100048, set. 2024.

SILVA, D. B. **Espaçamento e densidade de semadura para trigo irrigado no cerrado, guia técnico do produtor rural.** Embrapa cerrados, n 03. 1996. [s.d.]. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/545307/1/gtec03.pdf>>. Acesso em: 3 fev. 2025.

SILVA, J.; CARVALHO, F.; HARTWIG, I.; BERTAN, I.; COSTA DE OLIVEIRA, A.; SCHMIDT, D.; VALÉRIO, I.; FINATTO, T.; FONSECA, D.; SILVEIRA, G. **Efeito materno e fontes de pólen na obtenção de haplóides e de duplo-haplóides em trigos “stay-green”.** *Revista Brasileira de Agrociência*, v. 14, p. 49–5749, 1 jan. 2008.

SORDI, C.; NÓBREGA, L. H. P.; SMANHOTTO, A. **Resposta de cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.) a teores de alumínio no solo.** *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 29, n. 5, p. 683–688, 18 dez. 2007.

SPARKES, D. L.; HOLME, S. J.; GAJU, O. **Does Light Quality Initiate Tiller Death in Wheat?** *European Journal of Agronomy*, v. 24, n. 3, p. 212–217, abr. 2006.

STANLEY, J. D.; MEHRING, G. H.; WIERSMA, J. J.; RANSOM, J. K. **A Standardized Method for Determining Tillering Capacity of Wheat Cultivars.** *American Journal of Plant Sciences*, v. 11, n. 05, p. 604–625, 2020.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal.** [s.l.] Universitat Jaume I, 2007. 646 p.

TAVARES, L. C. V.; FOLONI, J. S. S.; BASSOI, M. C.; PRETE, C. E. C. **Genótipos de trigo em diferentes densidades de semeadura.** *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 2, p. 166–174, jun. 2014.

TEIXEIRA, C. H.; FERNANDES, M. O.; CHAVES, A. D. D. R.; ALMEIDA, B. K. D. S.; SAVIOLI, G. B.; MARTINS, F. A. D.; PADUA, J.; CONDÉ, A. B. T.; NUNES, J. A. R.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS. Manual de normalização e estrutura de trabalhos acadêmicos. **Coleção Produção Acadêmica UFLA**, v. 1, n. 6, p. 1–151, 21 fev. 2025.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F. D.; OLIVEIRA, A. C. D.; BENIN, G.; SOUZA, V. Q. D.; MACHADO, A. D. A.; BERTAN, I.; BUSATO, C. C.; SILVEIRA, G. D.; FONSECA, D. A. R. **Seeding Density in Wheat Genotypes as a Function of Tillering Potential.** *Scientia Agricola*, v. 66, n. 1, p. 28–39, fev. 2009b.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F. D.; OLIVEIRA, A. C. D.; MACHADO, A. D. A.; BENIN, G.; SCHEEREN, P. L.; SOUZA, V. Q. D.; HARTWIG, I. **Desenvolvimento de afilhos e componentes do rendimento em genótipos de trigo sob diferentes densidades de semeadura.** *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 3, p. 319–326, mar. 2008.

VALÉRIO, I. P.; CARVALHO, F. I. F. de; OLIVEIRA, A. C. de; BENIN, G.; MAIA, L. C.; SILVA, J. A. G.; SCHMIDT, D. M.; SILVEIRA, G. da. **Fatores relacionados à produção e desenvolvimento de afilhos em trigo.** *Semina: Ciências Agrárias*, v. 30, n. 4Sup1, p. 1207–1218, 29 dez. 2009a.

WICKHAM, H. **ggplot2.** Cham: Springer International Publishing, 2016.

WISNIEWSKI, C. **DECOMPOSIÇÃO DA PALHADA E LIBERAÇÃO DE NITROGÊNIO E FÓSFORO NUMA ROTAÇÃO AVEIA-SOJA SOB PLANTIO DIRETO.** 1997.

WOBETO, C.; MUNDSTOCK, C. M. **Padrão de afilhamento, sobrevivência de afilhos e suas relações com o rendimento de grãos em trigo.** p. 1, 1994.

ZAGONEL, J.; VENANCIO, W. S.; KUNZ, R. P.; TANAMATI, H. **Doses de nitrogênio e densidades de plantas com e sem um regulador de crescimento afetando o trigo, cultivar OR-1.** *Ciência Rural*, v. 32, n. 1, p. 25–29, fev. 2002.

ZHANG, L.; HE, G.; LI, Y.; YANG, Z.; LIU, T.; XIE, X.; KONG, X.; SUN, J. **PIL Transcription Factors Directly Interact with SPLs and Repress Tillering/Branching in Plants.** *New Phytologist*, v. 233, n. 3, p. 1414–1425, 2022.