

Ciências Agrárias e Sustentabilidade dos Sistemas Produtivos

Inovação, manejo, tecnologia e desafios do desenvolvimento rural contemporâneo



Igor Madruga de Oliveira
Rodrigo Oliveira Miranda
Leonardo Corrêa Costa

Conselho Editorial

Everton Henrique Mesquita De
Arruda
Andressa Santana Batista
Marcelo Carvalho da
Conceição
Patricia da Silva

Avaliadores

Maria Gabrielle Fernandes
Vieira de Sousa

Amanda Veríssimo

Publicação: Editora Publique-se

Número do volume: 01

Páginas: 01 à 650.

Número da edição/revisão: 01

Série: 01.

Cidade: Capão Bonito - SP.

ISBN: 978-65-979876-5-8

DOI: 10.5281/zenodo.19853749

IMPACTO DA VARIAÇÃO DA DENSIDADE DE SEMEADURA NA PRODUTIVIDADE E ARQUITETURA DE PLANTAS DE TRIGO (*TRITICUM AESTIVUM*) EM CLIMA SUBTROPICAL.



Joacir Morais.

Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA) (2007–2012). Possui mestrado em Agronomia/Fitotecnia (2017–2019) e doutorado em Ciências Agrárias (2020–2024), ambos pela Universidade Federal do Piauí (UFPI). Atua na área de Ciências Agrárias, com ênfase em produção vegetal, manejo de culturas e desenvolvimento de práticas agrícolas voltadas à sustentabilidade e à produtividade. Currículo Lattes: <https://lattes.cnpq.br/2658219960114244>. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8399-9929>. E-mail: marais.joacir@gmail.com

1. Introdução

A cultura do trigo (*Triticum aestivum*) ocupa posição estratégica nos sistemas agrícolas de inverno por articular demanda alimentar, organização agroindustrial e uso técnico de áreas produtivas em períodos nos quais outras culturas comerciais reduzem sua presença no campo. Em regiões de clima subtropical, entretanto, sua produtividade não pode ser interpretada como expressão direta do potencial genético da cultivar, pois decorre de uma rede de interações entre temperatura, radiação, regime hídrico, fertilidade do solo, sanidade, época de semeadura e arranjo espacial das plantas. Nesse quadro, a densidade de semeadura constitui uma variável de manejo capaz de alterar a própria configuração da comunidade vegetal, uma vez que define a população inicial, condiciona a intensidade da competição intraespecífica e interfere na forma como o dossel captura luz, distribui biomassa e sustenta os componentes de rendimento. Holzmeier et al. (2025), ao analisarem diferentes populações de trigo, indicam que o aumento do número de sementes por área não se converte necessariamente em acréscimo produtivo, pois a cultura responde por mecanismos de compensação entre afilhamento, formação de espigas, número de grãos e massa de grãos. Assim, a introdução do tema exige deslocar a densidade de semeadura de uma leitura meramente quantitativa para uma compreensão ecofisiológica, na qual a lavoura é examinada como estrutura dinâmica de ocupação do espaço e de conversão de recursos ambientais em produção.

A tensão agrônômica que atravessa esse debate reside no fato de que densidades reduzidas e elevadas apresentam vantagens e limitações simultâneas, sem que uma delas possa ser tomada como solução universal. Em menores densidades, a planta tende a dispor de maior espaço físico, menor sombreamento e maior disponibilidade relativa de água e nutrientes, o que

pode favorecer maior robustez estrutural, emissão de perfilhos e desenvolvimento individual; todavia, esse benefício depende da capacidade da cultivar em transformar perfilhos emitidos em colmos férteis, pois falhas de estande ou baixo perfilhamento podem reduzir o número final de espigas por área. Em densidades elevadas, por sua vez, o fechamento do dossel ocorre com maior rapidez e pode favorecer a interceptação inicial de radiação, mas a competição por luz, água e nutrientes tende a restringir o desempenho individual das plantas, reduzir o número de grãos por espiga, estimular o alongamento de colmos e ampliar a vulnerabilidade ao acamamento. Batista (2023), ao tratar a densidade como fator modulador do crescimento e da anatomia foliar em cultivares de trigo tropical, reforça que a população de plantas altera a morfologia e o funcionamento do dossel, não apenas a quantidade de indivíduos por área. Essa leitura permite compreender que a arquitetura da lavoura é produto de ajustes morfofisiológicos sucessivos, nos quais a planta regula perfilhamento, área foliar, colmos férteis e alocação de assimilados conforme a pressão competitiva imposta pelo arranjo populacional.

Os estudos sobre densidade e desempenho agrônômico do trigo convergem ao indicar que a resposta produtiva depende da interação entre população, ambiente e cultivar, ainda que os resultados variem conforme as condições edafoclimáticas e os objetivos do manejo. Holzmeier et al. (2025) observaram que o aumento da densidade reduziu afixos e grãos por espiga sem gerar incremento expressivo de produtividade, resultado que desloca a análise para a eficiência técnica e econômica do uso de sementes. Mazzuco et al. (2019), ao abordarem o comportamento morfofisiológico e produtivo de plantas de trigo em função da densidade e da retirada de perfilhos, contribuem para essa discussão ao situar o perfilhamento como componente de compensação, mas também como processo sujeito à competição e à sobrevivência diferencial dos colmos. Agostinho (2024), ao avaliar densidade e formas de sementeira no desempenho produtivo do trigo em sequeiro, acrescenta outra camada ao problema, pois em condições de maior dependência da disponibilidade hídrica a população excessiva pode intensificar a disputa por água e limitar o enchimento dos grãos. Alves (2019), ao relacionar produtividade e qualidade de cultivares de trigo com época de semeadura e manejo do solo em ambiente de altitude, reforça que o desempenho da cultura é inseparável da temporalidade do cultivo, uma vez que a época de implantação altera temperatura, radiação, duração do ciclo e oportunidade de perfilhamento. Moreira (2021), ao examinar déficit hídrico e parâmetros agrônômicos, também sustenta a necessidade de interpretar a densidade em articulação com a água disponível, pois a competição populacional se torna mais restritiva quando a lavoura atravessa períodos de limitação hídrica.

Desse modo, a introdução do capítulo deve assumir como eixo analítico que a densidade de semeadura interfere na produtividade do trigo porque reorganiza a arquitetura da planta e do dossel, e não porque simplesmente aumenta ou reduz o número de plantas estabelecidas. A produtividade final resulta de uma compensação instável entre população, perfilhamento, espigas por área, grãos por espiga, massa de grãos, resistência estrutural e eficiência no uso de recursos, o que torna inadequada qualquer recomendação desvinculada do genótipo, do ambiente subtropical e do sistema de manejo adotado. Gustman et al. (2022), ao trabalharem com caracterização fisiológica, morfológica e índice de área foliar em linhagens de trigo, ajudam a sustentar essa abordagem ao mostrar que a leitura produtiva precisa considerar atributos de crescimento e estrutura foliar, pois a capacidade de interceptar radiação e manter área funcional condiciona a formação de biomassa e grãos. Grolli (2025), ao investigar trigo sobre coberturas outonais e pousio em clima subtropical, amplia a compreensão do ambiente de cultivo ao indicar que o rendimento também responde às condições precedentes do sistema, especialmente cobertura do solo e qualidade do ambiente radicular. A questão central, portanto, não é definir uma densidade abstratamente superior, mas compreender em que condições determinada população permite à lavoura atingir equilíbrio entre ocupação espacial, estabilidade morfológica, sanidade, eficiência fisiológica e rendimento, eixo que justifica a análise conjunta da produtividade e da arquitetura de plantas de trigo em clima subtropical.

2. Densidade de semeadura, crescimento vegetativo e arquitetura de plantas de trigo

2.1 População de plantas, competição intraespecífica e ocupação do espaço

A população inicial de plantas constitui o primeiro nível de organização produtiva da lavoura de trigo, pois a densidade de semeadura define não apenas quantos indivíduos ocuparão determinada área, mas também como esses indivíduos disputarão recursos e organizarão sua arquitetura ao longo do ciclo. Em *Triticum aestivum*, a ocupação do espaço agrícola precisa ser compreendida como processo dinâmico, no qual emergência, vigor inicial, distribuição de plantas, expansão foliar e formação de perfilhos determinam a capacidade do estande de interceptar radiação e explorar o solo. Rosa, Fontana e Resende (2019), ao tratarem do desenvolvimento inicial do trigo em diferentes condições de densidade do solo, permitem reforçar que a fase inicial não pode ser dissociada do ambiente físico em que a planta se estabelece, pois a emergência e a expansão radicular condicionam a resposta posterior da cultura à população adotada. Nesse sentido, densidades menores tendem a reduzir a competição imediata entre plantas, favorecendo maior exploração individual do espaço, enquanto

densidades mais elevadas aceleram a cobertura do solo, mas impõem desde cedo uma pressão competitiva que redefine o crescimento vegetativo e a organização do dossel.

A principal tensão desse manejo está no equilíbrio entre desempenho individual da planta e desempenho coletivo da lavoura. Em baixas densidades, cada planta encontra maior disponibilidade relativa de luz, água e nutrientes, podendo emitir mais perfilhos, expandir melhor sua área foliar e desenvolver colmos mais robustos; entretanto, esse ganho individual não garante produtividade elevada quando o número de plantas ou de colmos férteis por área permanece insuficiente. Em contrapartida, densidades altas produzem ocupação mais rápida do espaço, maior fechamento do dossel e interceptação luminosa precoce, mas também intensificam a competição intraespecífica, o que pode reduzir vigor, perfilhamento efetivo e equilíbrio entre crescimento vegetativo e reprodutivo. Demicheli (2022), ao analisar trigo forrageiro sob diferentes manejos de adubação e densidades de semeadura, contribui para essa leitura ao demonstrar que a densidade interfere simultaneamente em atributos agrônômicos e fisiológicos, tornando inadequada a interpretação da população de plantas como simples variável quantitativa. O problema agrônômico, portanto, não está em aumentar ou diminuir plantas de forma isolada, mas em ajustar a população ao potencial de perfilhamento, à fertilidade, à umidade disponível e à capacidade da cultivar em converter espaço ocupado em biomassa produtiva.

A literatura voltada ao crescimento e à fisiologia do trigo permite sustentar que a competição intraespecífica altera a forma como a planta distribui assimilados entre folhas, colmos, perfilhos e estruturas reprodutivas. Brito et al. (2023), ao discutirem impactos de bactérias promotoras de crescimento vegetal na anatomia, fisiologia e produtividade do trigo, reforçam que o desempenho da cultura depende de processos radiculares, nutricionais e fisiológicos que condicionam a absorção de recursos e a formação de biomassa. Essa perspectiva ajuda a compreender por que a densidade elevada pode ser produtiva apenas quando o ambiente sustenta a demanda coletiva do estande, pois maior número de plantas amplia a extração de água e nutrientes e pode reduzir a disponibilidade individual em fases críticas. Tonet et al. (2023), ao abordarem a cultura do trigo submetida a diferentes formas e doses de nitrogênio associadas ao regulador de crescimento, permitem articular a densidade ao manejo nutricional e à estabilidade morfológica, uma vez que populações densas, quando combinadas a elevada disponibilidade de nitrogênio, podem intensificar alongamento vegetativo e aumentar a necessidade de controle da arquitetura. Eckstein et al. (2022), em estudo sobre regulador de crescimento e adubação nitrogenada, também contribuem para essa discussão ao indicar que o

desempenho agrônomo do trigo depende da interação entre nutrição, crescimento e conformação estrutural da planta, e não de um fator isolado de manejo.

A ocupação do espaço pela lavoura, assim, deve ser interpretada como resultado de uma negociação fisiológica entre densidade, ambiente e plasticidade morfológica do trigo. Quando a população é baixa, a produtividade depende da capacidade de compensação por perfilhamento e da manutenção de colmos férteis; quando a população é alta, depende da capacidade do ambiente em sustentar a competição sem reduzir excessivamente o tamanho das plantas, a funcionalidade das folhas e a transição para os componentes reprodutivos. Batista (2023), ao tratar a densidade como fator modulador da produção, do crescimento e da anatomia foliar em cultivares de trigo tropical, oferece suporte direto à compreensão de que o arranjo populacional modifica a própria constituição funcional da planta, interferindo em sua relação com luz, espaço e recursos. Desse modo, a densidade de semeadura não deve ser formulada como recomendação abstrata, mas como decisão técnica situada, na qual a população inicial precisa ser compatibilizada com o potencial de perfilhamento, as condições edafoclimáticas, o manejo nutricional e o objetivo produtivo, pois a eficiência do estande depende menos do número absoluto de plantas e mais da capacidade da lavoura em transformar ocupação espacial em arquitetura produtiva estável.

2.2 Perfilhamento, desenvolvimento de colmos e estrutura do dossel

O perfilhamento constitui uma das respostas morfofisiológicas mais sensíveis do trigo à densidade de semeadura, pois expressa a capacidade da planta em ajustar sua arquitetura ao espaço disponível e à intensidade da competição estabelecida no dossel. Diferentemente de culturas cuja produtividade depende de uma relação mais direta entre população inicial e número final de estruturas produtivas, o trigo apresenta plasticidade compensatória, uma vez que pode ampliar ou restringir a emissão de perfilhos conforme a disponibilidade de luz, nutrientes, água e tempo térmico para crescimento vegetativo. Esse mecanismo, contudo, não deve ser interpretado como garantia de estabilidade produtiva, pois a emissão de perfilhos não implica sua conversão automática em colmos férteis. Mazzuco et al. (2019), ao analisarem o comportamento morfofisiológico e produtivo de plantas de trigo em função da densidade e da retirada dos perfilhos, permitem compreender que o perfilhamento atua como componente de reorganização da planta, mas também como ponto de vulnerabilidade produtiva quando a competição limita a sobrevivência dos colmos laterais. Assim, a densidade de semeadura interfere na arquitetura da cultura ao regular a relação entre colmo principal, perfilhos, área

foliar e formação de espigas, definindo a maneira como a lavoura ocupará vertical e horizontalmente o ambiente.

A tensão agronômica desse processo reside no fato de que baixas e altas densidades deslocam o equilíbrio entre desenvolvimento individual e eficiência coletiva do dossel. Em densidades reduzidas, a planta encontra maior disponibilidade relativa de radiação e recursos do solo, o que pode favorecer a emissão de perfilhos, a expansão foliar e a formação de colmos mais robustos; ainda assim, parte desses perfilhos pode permanecer improdutiva ou ser eliminada ao longo do ciclo, especialmente quando há limitação hídrica, redução de radiação ou encurtamento do período vegetativo. Em densidades elevadas, a lavoura tende a fechar o dossel mais rapidamente, mas o adensamento intensifica o sombreamento das folhas inferiores e altera a qualidade da luz percebida pelas plantas, reduzindo a emissão e a sobrevivência dos perfilhos. Holzmeier et al. (2025), ao observarem redução no número de afilhos com o aumento da densidade, reforçam que o adensamento não produz apenas maior número de plantas, mas modifica a hierarquia interna do estande, favorecendo colmos principais em detrimento de perfilhos laterais. Nessa dinâmica, o dossel passa a funcionar como espaço de seleção competitiva, no qual os colmos com menor acesso à luz e menor capacidade de demanda por assimilados tendem a ser suprimidos antes da formação efetiva das espigas.

A estrutura do dossel deve ser analisada como resultado integrado entre perfilhamento, arquitetura foliar, interceptação luminosa e eficiência fotossintética, uma vez que a produtividade depende da capacidade da lavoura em manter folhas funcionais em posições favoráveis à captura de radiação durante as fases críticas do desenvolvimento. Gustman et al. (2022), ao caracterizarem atributos fisiológicos, morfológicos e índice de área foliar em linhagens de trigo, sustentam a leitura de que a área foliar não possui valor produtivo isolado, pois sua contribuição depende da distribuição das folhas no dossel, da duração de sua atividade fotossintética e do grau de sombreamento interno. A densidade elevada pode aumentar a interceptação inicial de luz, mas, quando ultrapassa a capacidade de suporte do ambiente, intensifica a competição dentro do próprio dossel, reduz a eficiência das folhas inferiores e compromete o equilíbrio entre produção de biomassa e formação de grãos. Trindade (2025), ao discutir o desempenho agronômico do trigo sob aplicação de elicitores, contribui indiretamente para essa compreensão ao evidenciar que respostas fisiológicas da cultura precisam ser interpretadas em associação com o estado funcional da planta, e não apenas por variáveis finais de rendimento. O perfilhamento, portanto, situa-se entre a plasticidade adaptativa e a competição interna, pois pode ampliar o potencial produtivo da lavoura ou representar crescimento vegetativo não convertido em produção.

A análise do perfilhamento em função da densidade permite compreender que a arquitetura produtiva do trigo não resulta da soma linear de plantas, colmos e folhas, mas da coordenação entre ocupação espacial, sobrevivência de perfilhos e manutenção de um dossel fisiologicamente eficiente. Em clima subtropical, essa relação assume maior instabilidade porque oscilações de temperatura, variações na radiação, umidade elevada e períodos de restrição hídrica interferem tanto na emissão quanto na persistência dos perfilhos. Alves (2019), ao relacionar época de semeadura, manejo do solo e desempenho de cultivares de trigo em ambiente de altitude, reforça que a temporalidade do cultivo condiciona o tempo disponível para perfilhamento e a formação de uma estrutura vegetativa capaz de sustentar o rendimento. Moreira (2021), ao tratar do déficit hídrico e de seus efeitos em parâmetros agrônômicos do trigo, acrescenta que a disponibilidade de água redefine a competição entre colmos e pode limitar a manutenção de perfilhos em densidades mais altas. Desse modo, a densidade de semeadura deve ser interpretada como instrumento de regulação do dossel, pois sua função técnica não é apenas estabelecer plantas, mas produzir uma arquitetura em que o número de perfilhos férteis, a distribuição foliar, a interceptação de luz e a estabilidade dos colmos formem um arranjo produtivo compatível com o ambiente e com a cultivar utilizada.

2.3 Altura de plantas, resistência ao acamamento e arquitetura produtiva

A altura de plantas, a resistência ao acamamento e a arquitetura produtiva constituem dimensões inseparáveis da resposta do trigo à densidade de semeadura, pois o aumento da população modifica a distribuição da luz no dossel, altera o padrão de crescimento dos entrenós e redefine a relação entre sustentação mecânica e formação de estruturas reprodutivas. Em densidades elevadas, a competição luminosa tende a induzir maior alongamento vegetativo, produzindo plantas aparentemente mais vigorosas em altura, mas nem sempre mais eficientes do ponto de vista produtivo, já que o crescimento vertical pode ocorrer acompanhado de menor diâmetro de colmo, menor robustez estrutural e maior suscetibilidade ao tombamento. Nesse sentido, a altura não pode ser tomada como indicador isolado de desempenho agrônômico, pois uma lavoura alta pode expressar tanto bom desenvolvimento quanto resposta competitiva ao sombreamento. Tonet et al. (2023), ao discutirem o trigo submetido a regulador de crescimento e diferentes manejos nitrogenados, ajudam a compreender que o controle da arquitetura vegetal se torna particularmente sensível quando há estímulo ao crescimento vegetativo, sobretudo em sistemas nos quais densidade populacional e nitrogênio ampliam a pressão sobre a estabilidade dos colmos.

A tensão crítica desse subtópico está na diferença entre crescimento e sustentação. O aumento da densidade pode favorecer fechamento rápido do dossel e maior interceptação inicial de radiação, mas também intensifica a competição entre plantas, deslocando assimilados para alongamento de colmos e reduzindo a capacidade estrutural de suporte das espigas. Quando esse processo ocorre em ambientes com alta disponibilidade de nitrogênio, chuvas frequentes, ventos ou excesso de umidade, o risco de acamamento aumenta, e a lavoura passa a perder eficiência não apenas pela queda física das plantas, mas pela alteração da posição das folhas, pela redução da fotossíntese efetiva, pela dificuldade de translocação de assimilados e pelo comprometimento da colheita. Eckstein et al. (2022), ao analisarem desempenho agrônômico do trigo em função de regulador de crescimento e adubação nitrogenada, contribuem para essa leitura ao indicar que a produtividade depende da articulação entre nutrição, crescimento e estabilidade morfológica, e não apenas do estímulo vegetativo. Desse modo, o manejo populacional precisa evitar que o adensamento produza um dossel visualmente fechado, porém mecanicamente frágil e fisiologicamente menos eficiente.

A literatura relacionada à morfologia e ao manejo do trigo reforça que a arquitetura produtiva deve ser examinada por um conjunto de atributos, envolvendo altura, diâmetro dos colmos, número de colmos férteis, área foliar funcional, posição das espigas e capacidade de manter a planta ereta até a maturação. Freiesleben (2024), ao tratar da colheita do trigo sob diferentes alturas de corte e seus efeitos na cultura subsequente, permite lembrar que a estrutura física remanescente da planta tem implicações práticas no sistema produtivo, o que amplia a compreensão da arquitetura para além do ciclo isolado do trigo. Schneider (2021), ao discutir a viabilidade de sistemas intercalares e sucessivos com trigo, soja e milho, também reforça que a conformação da lavoura interfere na operacionalidade e na integração entre culturas, especialmente quando a biomassa e a altura das plantas afetam colheita, palhada e sucessão agrícola. Já Deifeld e Santos (2025), embora voltados à simulação de produtividade em cultivares subtropicais de *Lolium multiflorum*, dialogam com o argumento ao evidenciar que modelos de produtividade em ambientes subtropicais precisam considerar crescimento, estrutura vegetal e resposta ao ambiente, pois a produção não se reduz ao acúmulo de biomassa, mas à forma como essa biomassa se organiza funcionalmente.

A densidade de semeadura, portanto, deve ser compreendida como fator que regula simultaneamente forma, resistência e funcionalidade da lavoura de trigo. Uma população elevada pode ampliar a ocupação do espaço, mas, quando excede a capacidade de suporte do ambiente e da cultivar, tende a produzir plantas mais competitivas por luz e menos estáveis do ponto de vista mecânico; uma população reduzida pode favorecer colmos mais robustos, mas

corre o risco de não formar número suficiente de estruturas produtivas por área. Engel (2025), ao analisar interações ecológicas envolvendo trigo, regimes térmicos, genótipos e transmissão viral, contribui indiretamente para esse raciocínio ao demonstrar que a arquitetura da planta e o ambiente térmico participam de relações mais amplas de vulnerabilidade e desempenho da cultura, incluindo sanidade e estabilidade do sistema. Assim, a arquitetura produtiva adequada não corresponde à maior altura nem ao maior adensamento, mas ao arranjo em que colmos férteis, folhas funcionais, espigas sustentadas e resistência ao acamamento operam de modo compatível com o clima subtropical, com o manejo nutricional e com a finalidade produtiva do cultivo.

3. Densidade de semeadura, componentes de rendimento e produtividade em clima subtropical

3.1 Número de espigas por área e compensação dos componentes produtivos

O número de espigas por área ocupa posição central na análise da produtividade do trigo porque expressa, de modo direto, o efeito da densidade de semeadura sobre a conversão da população inicial em estruturas efetivamente reprodutivas. Embora o aumento da quantidade de sementes possa elevar o número de plantas estabelecidas e, em determinados limites, ampliar a quantidade de espigas por metro quadrado, essa relação não ocorre de forma linear nem ilimitada, pois a cultura responde por mecanismos de autorregulação morfofisiológica. Holzmeier et al. (2025) indicam que o adensamento pode reduzir afilhos e grãos por espiga sem promover ganho expressivo no rendimento, o que desloca a interpretação da produtividade para o equilíbrio entre componentes, e não para o simples acréscimo populacional. O número de espigas, portanto, deve ser compreendido como resultado da interação entre emergência, sobrevivência de plantas, perfilhamento fértil, disponibilidade de recursos e competição no interior do dossel, uma vez que a presença de maior número de indivíduos não garante que todos contribuam proporcionalmente para a produção final de grãos.

A tensão agronômica desse componente reside na diferença entre elevar o número de plantas e sustentar espigas produtivas. Em densidades moderadas, o aumento populacional pode favorecer maior número de colmos reprodutivos por área, principalmente quando o ambiente fornece água, nutrientes e radiação suficientes para manter o crescimento vegetativo e a diferenciação reprodutiva. Entretanto, em densidades excessivas, a competição por luz, nitrogênio, água e espaço radicular tende a restringir a emissão e a sobrevivência dos perfilhos, de modo que o estande passa a compensar a maior população com redução no desempenho individual das plantas. Mazzuco et al. (2019), ao analisarem a relação entre densidade,

perfilhamento e comportamento produtivo do trigo, contribuem para essa leitura ao situar os perfilhos como estruturas de compensação, mas também como unidades vulneráveis à supressão quando a competição se intensifica. Assim, a produtividade não depende apenas de quantas espigas são formadas, mas da capacidade de essas espigas apresentarem número adequado de grãos e receberem assimilados suficientes durante o enchimento, o que torna a compensação entre componentes produtivos um processo instável e dependente do ambiente.

A literatura sobre densidade e desempenho produtivo do trigo sustenta que a compensação entre número de espigas, número de grãos por espiga e massa de grãos constitui uma chave interpretativa para evitar recomendações generalizantes. Agostinho (2024), ao avaliar densidade e formas de sementeira na produção de trigo em sequeiro, reforça que a população de plantas precisa ser ajustada às condições edafoclimáticas, pois ambientes com maior limitação hídrica reduzem a capacidade do estande em sustentar altas densidades sem perdas nos demais componentes. Batista (2023), ao tratar a densidade como fator modulador da produção, do crescimento e da anatomia foliar em cultivares de trigo tropical, amplia essa discussão ao mostrar que a resposta produtiva envolve modificações estruturais da planta e do dossel, não apenas variações numéricas no estande. Brito et al. (2023), ao relacionarem anatomia, fisiologia e produtividade em trigo, permitem ainda compreender que a formação de espigas produtivas depende de processos fisiológicos vinculados à absorção, ao crescimento radicular, à nutrição e à eficiência fotossintética, de modo que a densidade só favorece o rendimento quando a lavoura preserva capacidade funcional para sustentar seus componentes reprodutivos.

A análise do número de espigas por área, desse modo, revela que a densidade de semeadura opera como instrumento de regulação da arquitetura produtiva da lavoura, mas seus efeitos precisam ser avaliados pela interação entre quantidade e qualidade dos componentes de rendimento. Um estande mais denso pode produzir mais espigas por metro quadrado, mas esse ganho perde consistência quando vem acompanhado de menor perfilhamento fértil, menor número de grãos por espiga ou redução da massa de grãos. Demicheli (2022), ao discutir trigo sob diferentes densidades e manejos de adubação, reforça que a população de plantas modifica simultaneamente atributos agronômicos e fisiológicos, exigindo leitura integrada entre crescimento e produção. Grolli (2025), ao estudar trigo em clima subtropical sobre coberturas outonais e pousio, contribui para situar essa resposta no sistema de cultivo, pois a condição prévia do solo e do ambiente radicular interfere na capacidade da lavoura em sustentar componentes produtivos. Assim, a produtividade final do trigo resulta menos do aumento isolado de espigas e mais da compatibilidade entre população, perfilhamento, recursos

disponíveis e estabilidade fisiológica do dossel durante as fases críticas de definição e enchimento dos grãos.

3.2 Massa de grãos, enchimento e eficiência no uso de recursos

A massa de grãos e o processo de enchimento constituem dimensões centrais para compreender por que a densidade de semeadura não pode ser avaliada apenas pelo número de plantas ou de espigas por área. No trigo, a fase reprodutiva depende da disponibilidade de fotoassimilados, água e nutrientes capazes de sustentar a diferenciação floral, a formação dos grãos e sua deposição de matéria seca até a maturação fisiológica. Quando a densidade é elevada além da capacidade de suporte do ambiente, a lavoura pode apresentar maior número inicial de colmos e espigas, mas a disponibilidade individual de recursos tende a diminuir, reduzindo o número de grãos por espiga e a massa de mil grãos. Holzmeier et al. (2025) sustentam essa interpretação ao indicar que o aumento da densidade reduziu componentes como afilhamento e grãos por espiga, sem promover ganho expressivo de produtividade, o que mostra que o rendimento final depende do equilíbrio entre formação de estruturas reprodutivas e capacidade de enchimento, não do adensamento isolado.

A tensão agrônômica desse processo está na relação entre interceptação de radiação e competição interna no dossel. Uma população muito baixa pode desperdiçar parte da radiação disponível, retardar o fechamento do dossel e limitar o número de estruturas produtivas por área; por outro lado, uma população muito elevada pode interceptar luz rapidamente, mas gerar sombreamento excessivo, competição por nitrogênio e água, redução da atividade fotossintética das folhas inferiores e menor oferta de assimilados às espigas durante o enchimento. Batista (2023), ao tratar a densidade como moduladora da produção, do crescimento e da anatomia foliar em cultivares de trigo, contribui para compreender que o adensamento altera a funcionalidade da planta, pois modifica a relação entre área foliar, captação de luz e distribuição de assimilados. Assim, a eficiência produtiva não reside em formar um dossel apenas denso, mas em construir uma arquitetura capaz de captar radiação sem comprometer a produção líquida de assimilados destinada aos grãos.

Em clima subtropical, essa relação torna-se mais instável porque a fase final do ciclo pode coincidir com elevação térmica, variações hídricas e redução do tempo efetivo de enchimento. Moreira (2021), ao discutir o déficit hídrico na cultura do trigo e seus reflexos em parâmetros agrônômicos, oferece suporte à análise de que a disponibilidade de água atua diretamente sobre a capacidade de manutenção da fotossíntese, da translocação de assimilados e da deposição de matéria seca nos grãos. Agostinho (2024), ao avaliar densidade e formas de

sementeira em trigo de sequeiro, reforça que a resposta produtiva depende da compatibilidade entre população e ambiente, uma vez que sistemas sem irrigação tornam a competição por água mais restritiva quando a densidade populacional excede a oferta hídrica do solo. Nesse contexto, densidades elevadas podem intensificar perdas justamente no momento em que a lavoura exige maior estabilidade fisiológica para sustentar o enchimento.

A massa de mil grãos, portanto, deve ser interpretada como indicador da eficiência do sistema em transformar biomassa acumulada em produção colhida. Brito et al. (2023), ao relacionarem bactérias promotoras de crescimento vegetal à anatomia, fisiologia e produtividade do trigo, permitem compreender que o enchimento dos grãos depende de processos integrados de absorção, crescimento radicular, nutrição e funcionamento fotossintético, e não apenas da presença de espigas formadas. Demicheli (2022), ao analisar trigo sob diferentes densidades e manejos de adubação, também contribui para essa leitura ao mostrar que a densidade interfere em características agronômicas e fisiológicas, indicando que o desempenho reprodutivo está associado ao modo como a planta organiza sua produção de biomassa. Desse modo, a redução da massa de grãos em populações excessivas pode expressar uma limitação sistêmica, na qual a lavoura forma estruturas reprodutivas em número elevado, mas não sustenta adequadamente sua demanda metabólica.

A eficiência no uso de recursos, nesse sentido, emerge como critério mais consistente do que o aumento isolado da densidade. Uma lavoura eficiente é aquela que combina população suficiente para interceptar radiação, colmos capazes de sustentar espigas, folhas funcionais durante o enchimento e disponibilidade de água e nutrientes compatível com a demanda reprodutiva. Eckstein et al. (2022), ao discutirem o desempenho do trigo sob regulador de crescimento e adubação nitrogenada, reforçam que crescimento vegetativo e produtividade precisam ser manejados de forma integrada, pois o estímulo ao desenvolvimento da planta só se converte em rendimento quando há estabilidade morfológica e fisiológica. Grolli (2025), ao analisar trigo em clima subtropical sobre coberturas outonais e pousio, amplia esse argumento ao situar o rendimento como resposta também dependente das condições do sistema de cultivo e do ambiente radicular. Assim, a densidade ideal não corresponde à maior população, mas ao arranjo em que a lavoura consegue equilibrar crescimento vegetativo, estabilidade do dossel, disponibilidade de recursos e enchimento efetivo dos grãos.

3.3 Definição da densidade adequada em sistemas subtropicais de produção

A definição da densidade adequada de semeadura em sistemas subtropicais de produção de trigo exige compreender a população de plantas como uma decisão agronômica situada,

dependente do genótipo, do ambiente e do objetivo produtivo. A densidade não pode ser fixada como número absoluto de sementes ou plantas por área, pois sua eficiência varia conforme o potencial de perfilhamento da cultivar, a fertilidade do solo, a disponibilidade hídrica, a época de semeadura, a pressão de doenças, o risco de acamamento e o nível tecnológico empregado na lavoura. Em cultivares com elevada capacidade de compensação, populações menores podem sustentar rendimento satisfatório por meio da emissão e manutenção de perfilhos férteis; em materiais com menor perfilhamento, densidades mais elevadas podem ser requeridas para garantir número adequado de espigas por área. Holzmeier et al. (2025) contribuem para essa compreensão ao indicar que o aumento da densidade nem sempre amplia a produtividade, pois a redução de afilhos e de grãos por espiga pode neutralizar o ganho esperado pelo maior número de plantas, deslocando a recomendação técnica para a busca de equilíbrio entre população, arquitetura e rendimento.

Em clima subtropical, a densidade de semeadura torna-se ainda mais dependente da interação entre ciclo da cultura e condições ambientais, porque variações de temperatura, radiação e umidade interferem diretamente no perfilhamento, na expansão foliar, na formação de espigas e no enchimento de grãos. Semeaduras precoces, quando associadas a boa fertilidade e disponibilidade hídrica, tendem a ampliar o tempo de crescimento vegetativo e favorecer a compensação por perfilhos, o que pode permitir populações mais moderadas. Semeaduras tardias, por outro lado, reduzem o período disponível para perfilhamento e podem exigir maior densidade para evitar falhas no número final de colmos produtivos. Alves (2019), ao relacionar épocas de semeadura, manejo do solo e desempenho de cultivares de trigo em ambiente de altitude, sustenta que a resposta produtiva da cultura depende da temporalidade do cultivo, pois o momento de implantação redefine as condições de crescimento e o potencial de expressão dos componentes de rendimento. Assim, a densidade adequada não deriva apenas da cultivar, mas do encontro entre genótipo, calendário agrícola e regime ambiental.

A disponibilidade hídrica constitui outro eixo de definição da população recomendada, pois densidades elevadas ampliam a demanda coletiva por água justamente em fases nas quais a cultura pode estar mais vulnerável à restrição hídrica. Moreira (2021), ao analisar o déficit hídrico no trigo e seus impactos em parâmetros agronômicos, permite compreender que a competição populacional se torna mais restritiva quando a água disponível limita a fotossíntese, a translocação de assimilados e o enchimento dos grãos. Agostinho (2024), ao avaliar densidade e formas de sementeira em trigo de sequeiro, reforça essa leitura ao demonstrar que a recomendação populacional precisa considerar a capacidade do ambiente em sustentar o estande ao longo do ciclo, e não apenas a emergência inicial. Em condições de sequeiro ou de

irregularidade hídrica, densidades excessivas podem intensificar a competição intraespecífica, reduzir o desempenho individual das plantas e comprometer massa de grãos; já densidades muito baixas podem limitar a ocupação do espaço e reduzir o número de espigas por área, caso o ambiente também restrinja o perfilhamento compensatório.

A fertilidade do solo e o manejo nutricional, especialmente do nitrogênio, também interferem na definição da densidade, pois regulam crescimento vegetativo, emissão de perfilhos, área foliar e estabilidade dos colmos. Demicheli (2022), ao estudar trigo sob diferentes manejos de adubação e densidades, mostra que a população de plantas altera atributos agronômicos e fisiológicos, exigindo leitura integrada entre nutrição e arranjo espacial. Tonet et al. (2023) e Eckstein et al. (2022), ao abordarem regulador de crescimento, doses de nitrogênio e desempenho agrônomo do trigo, contribuem para situar a densidade no interior de um manejo que precisa controlar não apenas a produção de biomassa, mas também o risco de alongamento excessivo e acamamento. Densidades elevadas em ambientes com alta disponibilidade de nitrogênio podem produzir dosséis mais fechados e plantas mais alongadas, elevando a vulnerabilidade mecânica da lavoura; densidades moderadas, quando associadas a nutrição equilibrada, tendem a favorecer melhor distribuição dos recursos entre crescimento vegetativo e estruturas reprodutivas.

A definição da densidade adequada também deve considerar o sistema de produção no qual o trigo está inserido, pois o desempenho da cultura depende das condições deixadas por coberturas anteriores, do manejo do solo, da sucessão de culturas e da sanidade do ambiente. Grolli (2025), ao analisar o rendimento de trigo cultivado sobre coberturas outonais e pousio em clima subtropical, indica que a condição prévia do solo interfere na resposta produtiva, especialmente pela influência sobre ambiente radicular, disponibilidade de nutrientes e conservação de umidade. Schneider (2021), ao discutir sistemas intercalares e sucessivos envolvendo trigo, soja e milho, amplia essa leitura ao mostrar que o arranjo de uma cultura deve ser pensado em relação à operacionalidade e à continuidade do sistema agrícola. Mesmo estudos em outras culturas, quando mobilizados com cautela, ajudam a reforçar a lógica sistêmica da densidade: Tonello (2026), ao tratar da soja em sucessão de culturas, e Leonardi et al. (2023), ao discutir o estabelecimento da canola em clima subtropical, apontam que população, ambiente de implantação e cultura precedente interferem no estabelecimento e no rendimento. Para o trigo, isso significa que a densidade recomendada não pode ser dissociada do histórico da área nem das condições físicas e biológicas que antecedem a semeadura.

A densidade adequada, portanto, deve ser formulada como faixa técnica ajustável, e não como prescrição fixa. A decisão precisa compatibilizar capacidade de perfilhamento, população

inicial, fertilidade, água disponível, época de semeadura, sanidade, risco de acamamento e finalidade produtiva, de modo que a lavoura forme número suficiente de espigas sem comprometer massa de grãos, estabilidade do dossel e eficiência no uso de recursos. Batista (2023), ao compreender a densidade como fator modulador da produção, do crescimento e da anatomia foliar em cultivares de trigo, reforça que o arranjo populacional transforma a própria funcionalidade da planta, enquanto Gustman et al. (2022) mostram que atributos fisiológicos e morfológicos, como índice de área foliar, precisam integrar a avaliação produtiva. A recomendação mais consistente, nesse quadro, é aquela que reconhece a plasticidade do trigo sem superestimar sua capacidade de compensação, evitando tanto a subpopulação que limita espigas por área quanto o adensamento que intensifica competição e instabilidade estrutural. Em sistemas subtropicais, a densidade de semeadura deve operar como instrumento de ajuste entre genótipo e ambiente, permitindo que a lavoura converta ocupação espacial em arquitetura produtiva e rendimento sustentado.

4. Considerações finais

A variação da densidade de semeadura interfere de modo direto na produtividade e na arquitetura das plantas de trigo em clima subtropical, pois redefine desde o estabelecimento inicial da lavoura até a expressão dos componentes finais de rendimento. Ao modificar a população de plantas por área, a densidade altera a intensidade da competição intraespecífica, a disponibilidade relativa de luz, água e nutrientes, a emissão e a sobrevivência de perfilhos, a formação do dossel, o número de espigas por metro quadrado, a massa dos grãos e a estabilidade estrutural dos colmos. Densidades muito baixas podem favorecer plantas individualmente mais robustas, com maior espaço para crescimento e maior potencial de perfilhamento, mas também podem limitar o rendimento quando a compensação por afillhos não é suficiente para formar número adequado de espigas por área. Densidades excessivamente elevadas, por sua vez, podem acelerar o fechamento do dossel e ampliar a ocupação inicial do espaço, mas tendem a intensificar a competição, reduzir o vigor individual, limitar a sobrevivência de perfilhos, diminuir o número de grãos por espiga e aumentar a suscetibilidade ao acamamento, especialmente quando a lavoura se desenvolve sob umidade elevada, ventos, chuvas frequentes ou manejo nitrogenado mais intenso.

A produtividade do trigo, nesse contexto, não responde de maneira linear ao aumento da densidade de semeadura, porque a cultura possui mecanismos de compensação que ajustam seus componentes produtivos conforme a população estabelecida e as condições do ambiente. O acréscimo no número de plantas pode elevar o número de espigas por área até determinado

limite, mas esse ganho tende a perder efeito quando a competição reduz o perfilhamento fértil, o tamanho das espigas, o número de grãos e a massa de mil grãos. Desse modo, a densidade mais elevada não representa, por si só, maior eficiência produtiva, assim como a densidade reduzida não assegura melhor desempenho se o estande final permanecer insuficiente. A produtividade resulta do equilíbrio entre população, arquitetura da planta, interceptação luminosa, funcionamento do dossel, enchimento dos grãos e resistência estrutural, o que exige analisar a lavoura como um sistema integrado, e não como simples soma de plantas por unidade de área.

Em condições subtropicais, essa relação assume maior complexidade, pois a resposta da cultura é fortemente condicionada pela variação térmica, pela radiação disponível, pela distribuição das chuvas, pela ocorrência de déficit ou excesso hídrico, pela pressão de doenças e pelo momento de semeadura. Ambientes com maior tempo de crescimento vegetativo e boa disponibilidade de recursos podem permitir maior compensação por perfilhamento e sustentar populações moderadas com bom rendimento. Já semeaduras tardias, solos com menor fertilidade, períodos de restrição hídrica ou cultivares com baixo potencial de afilhamento podem demandar ajustes na quantidade de sementes para garantir estande produtivo adequado. Ainda assim, o aumento da densidade precisa ser adotado com cautela, pois a intensificação da competição pode comprometer justamente os componentes que sustentam a produtividade final. Por isso, a densidade de semeadura deve ser compreendida como prática de manejo dependente do genótipo, do ambiente e da finalidade produtiva.

O manejo da densidade de semeadura, portanto, deve estar articulado à escolha da cultivar, à qualidade fisiológica das sementes, ao espaçamento entre linhas, à época de implantação, à adubação, ao manejo fitossanitário, às condições físicas e químicas do solo e ao risco de acamamento. A definição de uma faixa adequada de população não pode ser generalizada sem considerar a capacidade de perfilhamento da cultivar, a fertilidade do ambiente, o nível tecnológico da lavoura e o histórico produtivo da área. O adensamento só se justifica quando contribui para formar maior número de estruturas reprodutivas sem reduzir de modo expressivo a massa de grãos, a estabilidade dos colmos e a eficiência de uso dos recursos. Da mesma forma, populações menores só são tecnicamente viáveis quando a cultivar e o ambiente permitem compensação morfológica suficiente para manter o número de espigas e o enchimento dos grãos. Assim, o ponto agronomicamente mais consistente não está na busca pela maior população, mas na construção de uma arquitetura produtiva capaz de equilibrar ocupação espacial, desempenho fisiológico, estabilidade mecânica e rendimento.

Diante disso, o estudo da densidade de semeadura em trigo cultivado em clima subtropical deve avançar para avaliações mais integradas, que considerem diferentes cultivares, faixas populacionais, sistemas de manejo, condições hídricas, níveis de fertilidade, épocas de semeadura e respostas morfofisiológicas da planta. Ensaios futuros podem contribuir para recomendações mais precisas ao relacionar produtividade com perfilhamento fértil, índice de área foliar, acamamento, massa de mil grãos, sanidade do dossel e eficiência econômica do uso de sementes. A definição técnica da densidade deve conciliar produtividade e estabilidade da lavoura, evitando tanto a subocupação do espaço quanto o excesso de competição. Em síntese, a densidade de semeadura representa uma ferramenta de regulação da arquitetura e do rendimento do trigo, cuja eficiência depende da capacidade de ajustar a população de plantas às condições reais do sistema produtivo subtropical.

Referências

AGOSTINHO, Sérgio Ernesto. Avaliação do efeito da densidade, e formas de sementeira no desempenho produtivo na produção de trigo (*Triticum aestivum* L) em sequeiro nas condições edafoclimáticas do planalto de Lichinga. 2024.

ALVES, Michely da Silva. Produtividade e qualidade de cultivares de trigo em resposta a épocas de semeadura e manejo do solo em região de clima tropical de altitude. 2019.

BANDEIRA, Andressa Tolfo; ROSA, Hamilton Telles; PORAZZI, Luis Fernando Baraldi. Correlação entre componentes de produtividade e rendimento de cultivares em diferentes safras. **Research, Society and Development**, v. 13, n. 12, p. e222131247898-e222131247898, 2024.

BATISTA, Claudio Vieira. Densidade de semeadura como fator modulador da produção, crescimento e anatomia foliar de cultivares de trigo tropical. 2023.

BESSEN, MARCOS RENAN et al. Produtividade do milho em resposta à inoculação com *Azospirillum brasilense* e adubação nitrogenada em clima subtropical. **International Journal of Maize & Sorghum**, v. 18, n. 2, p. 257-268, 2019.

BRITO, Tauane Santos et al. Bactérias promotoras de crescimento vegetal associadas ao trigo: impactos na anatomia, fisiologia e produtividade. 2023.

CASTANHO, Felipe; CECCATTO, Smaylla El Kadri; DOS SANTOS, Esmael Lopes. Produtividade e componentes de rendimento de híbridos de milho em função da distribuição espacial na linha de semeadura. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: 1809-8215. 2020. p. 94-100.

CAVALCANTE, Alef Breno Araujo. Influência da densidade de plantio no rendimento de soja. 2023.

CORRÊA, Rafael De Graaf. Direções de semeadura, densidade de plantas e variações na dosagem de sementes na produtividade do milho. 2018.

DEIFELD, Felipe Luiz Chiamulera; SANTOS, Patricia Menezes. **Parametrização de modelo para simulação de produtividade de cultivares subtropicais de *Lolium multiflorum* Lam.** 2025. Tese de Doutorado. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz.

DEMICHELI, Pedro Mendes. Características Agronômicas, Fisiológicas e Bromatológicas do Trigo Forrageiro em diferentes manejos de Adubação e densidades de semeadura. 2022.

DEMICHELI, Pedro Mendes. Características Agronômicas, Fisiológicas e Bromatológicas do Trigo Forrageiro em diferentes manejos de Adubação e densidades de semeadura. 2022.

ECKSTEIN, Antonio Mateus et al. Desempenho agrônômico do trigo submetido a doses de regulador de crescimento e adubação nitrogenada. 2022.

ENGEL, Eduardo. **Bases ecológicas da interação afídeo-parasitoide-trigo-BYDV: séries temporais, regimes térmicos e genótipos de planta na transmissão viral.** 2025. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FREIESLEBEN, Fernanda. **Colheita do trigo sob diferentes alturas de corte e seu efeito na cultura da soja.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso. Agronomia.

GROLI, Claudia Emanuele. **Rendimento de grãos de trigo cultivado sobre coberturas outonais e pousio em clima subtropical.** 2025. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GUSTMAN, Ana Claudia Rosa et al. **Caracterização fisiológica, morfológica e determinação do índice de área foliar em linhagens de trigo.** 2022. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

GUTZ, Tainá et al. Resposta do arroz irrigado ao fornecimento de fósforo e densidade de semeadura em sistema pré-germinado. **Agrária-Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 14, n. 3, p. 1-7, 2019.

HOLZMEIER, Eduardo et al. EFEITO DA DENSIDADE DE SEMEADURA NA PRODUTIVIDADE DA CULTURA DO TRIGO. **Revista Inovação: Gestão e Tecnologia no Agronegócio**, v. 4, p. 202-228, 2025.

JUNIOR, Edison Ulisses Ramos; RAMOS, Eduardo Megier; BULHÕES, Cerezo Cavalcante. Densidade de plantas nos componentes produtivos e produtividade de cultivares de soja. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 17, n. 2, p. 51-56, 2019.

LEONARDI, Mateus et al. Estabelecimento inicial e produtividade da canola sobressemeada a soja e seus entraves em clima subtropical. 2023.

LUNKES, Rafael Henrique Rohr et al. Resposta de três cultivares de soja sob diferentes densidades populacionais. **Agricultura Em Foco-Tópicos em Manejo, Fertilidade do Solo e Impactos Ambientais**, v. 3, 2020.

MAZZUCO, Volni et al. Comportamento morfofisiológico e produtivo de plantas de trigo em função da densidade de semeadura e retirada dos perfilhos. 2019.

MINOSSO, Rafael Raul; SOSTISSO, Gabriel Luiz; DRANSKI, João Alexandre Lopes. Componentes de rendimento e produtividade da soja cultivada com hidrogel. **Revista Científica Rural**, v. 23, n. 1, p. 69-82, 2021.

MOREIRA, Mauricio. Déficit hídrico na cultura do trigo e o impacto na resposta espectral e em parâmetros agrônômicos. 2021.

ROSA, Helton Aparecido; FONTANA, Wellington Cassio; RESENDE, Jhone Dias. Desenvolvimento inicial do trigo em diferentes densidades de solo. **Revista Técnico-Científica**, n. 17, 2019.

SANTOS, Guilherme Xavier Lúcio; FINOTO, Everton Luis; CORDEIRO JUNIOR, Paulo Sérgio. Efeito da densidade de plantas nas características agrônômicas de dois genótipos de soja no noroeste paulista. **Nucleus**, p. 115-124, 2018.

SCHNEIDER, Rodrigo Junior et al. **Viabilidade do sistema de cultivo intercalar trigo-soja e milho em sucessão**. 2021. Dissertação de Mestrado. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, Cassio Ricardo Kersting et al. Efeito da época e densidade de semeadura na produtividade de soja com diferentes grupos de maturidade relativa. 2021.

TEODORO, Hellen de Cássia Salvador et al. PRODUTIVIDADE DE CULTIVARES DE SOJA SEMEADAS EM DIFERENTES POPULAÇÕES. **17º JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA E 14º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO DO IFSULDEMINAS**, v. 16, n. 1, 2024.

TONELLO, Carolina Zuanazzi. Densidade de semeadura de soja em sistema de sucessão de culturas. 2026.

TONET, Cristiano et al. Influência do regulador de crescimento na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) submetido a diferentes formas e doses de aplicação de nitrogênio. 2023.

TRINDADE, Ana Sofia Veríssimo. **Efeito da aplicação de elicitores no desempenho agrônômico do Trigo**. 2025. Dissertação de Mestrado. Universidade de Évora.

WIEST, Roberto. Crescimento populacional de *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758)(Hemiptera: Aphididae) em trigo: uma aproximação por simulação. 2019.