

JÚLIO CÉSAR SANTOS PEREIRA

**ANTECIPE: SISTEMA DE PLANTIO INTERCALAR ANTECIPADO DO MILHO
(*Zea mays*) SEGUNDA SAFRA COM DOIS METODOS DE ADUBAÇÃO
(SULCO INCORPORADO E A LANÇO)**

Botucatu

2025

JÚLIO CÉSAR SANTOS PEREIRA

ANTECIPE: SISTEMA DE PLANTIO INTERCALAR ANTECIPADO DO MILHO (*Zea mays*) SEGUNDA SAFRA COM DOIS METODOS DE ADUBAÇÃO (SULCO INCORPORADO E A LANÇO)

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Engenharia agrícola.

Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva

Botucatu

2025

P436a Pereira, Júlio César Santos

Antecipe: Sistema de plantio intercalar antecipado do milho (zea mays) segunda safra com dois métodos de adubação (sulco incorporado e a lanço) / Júlio César Santos Pereira. -- Botucatu, 2025
69 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Paulo Roberto Arbex Silva

1. Milho segunda safra. 2. Antecipe. 3. Sistema intercalar
antecipado. I. Título.

Impacto potencial desta pesquisa

O Sistema Antecipe, desenvolvido pela Embrapa, é uma solução para áreas onde o milho segunda safra apresenta baixo desempenho, como em Botucatu-SP. Baseado no cultivo intercalar antecipado com soja, o sistema sincroniza o desenvolvimento das plantas com condições climáticas favoráveis, aumentando a eficiência no uso de nutrientes e água. Comparado ao sistema tradicional, destaca-se pela melhor utilização do solo, redução de perdas produtivas e menor exposição a períodos de seca. A integração com o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) potencializa seus benefícios, ao indicar as melhores épocas de plantio, reduzindo riscos climáticos. Este trabalho busca validar a viabilidade do Sistema Antecipe na região, promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis e eficientes, adequadas às condições locais.

Potential Impact of this research

The Antecipe System, developed by Embrapa, is a solution for areas where second-season corn (safrinha) has low performance, such as in Botucatu-SP. Based on intercropped early planting, the system synchronizes plant development with favorable climatic conditions, increasing nutrient and water use efficiency. Compared to traditional systems, it stands out for better soil utilization, reduced productivity losses, and lower exposure to drought periods. Integration with the Agricultural Climate Risk Zoning (ZARC) enhances its benefits by identifying optimal planting periods and reducing climatic risks. This study aims to validate the feasibility of the Antecipe System in the region, promoting more sustainable and efficient agricultural practices suited to local conditions.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: ANTECIPE: SISTEMA DE PLANTIO INTERCALAR ANTECIPADO DO MILHO (Zea mays) SEGUNDA SAFRA COM DOIS METODOS DE ADUBAÇÃO (SULCO INCORPORADO E A LANÇO)

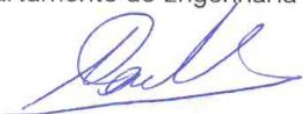
AUTOR: JÚLIO CÉSAR SANTOS PEREIRA

ORIENTADOR: PAULO ROBERTO ARBEX SILVA

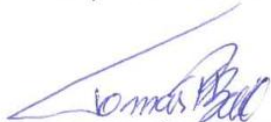
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. PAULO ROBERTO ARBEX SILVA (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



P/ Prof. Dr. ALDIR CARPES MARQUES FILHO (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Agrícola / Universidade Federal de Lavras (UFLA) - Lavras/MG



Dr. TOMÁS PELLEGRINI BAIO (Participação Presencial)
Jacto - Ag. Paulópolis - SP



Prof. Dr. ULISSES ROCHA ANTUNASSI (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA



Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia Rural e Socioeconomia / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

Botucatu, 06 de janeiro de 2026.

Aos meus pais Maria e João
e
aos meus irmãos Bruno e Luan
dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus queridos pais, Maria Aparecida e João Pereira, e ao meu irmão, Bruno Pereira, minha eterna gratidão. Vocês foram meu porto seguro em todos os momentos, oferecendo não apenas apoio, mas também as palavras certas nas conversas que marcaram meu caminho até aqui. Cada gesto de incentivo e cada conversa franca me fortaleceram para superar os desafios e alcançar este marco na minha jornada.

Ao Prof. Dr. Paulo Arbex, expresso minha imensa admiração e agradecimento. Sua orientação, paciência e dedicação não apenas guiaram este trabalho, mas também inspiraram em mim um exemplo de excelência e compromisso que levarei para minha vida profissional e pessoal.

Ao pesquisador Emerson Boghi, meu mais sincero obrigado. Sua confiança e suporte no desenvolvimento deste trabalho foram fundamentais. Saber que acreditou em mim fez toda a diferença e me motivou a sempre buscar o melhor.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

"Torna-te quem tu és."
— Friedrich Nietzsche

RESUMO

O cultivo do milho segunda safra em regiões com janela de plantio reduzida exige estratégias que otimizem o uso dos recursos climáticos e operacionais. Este trabalho avaliou o desempenho do sistema Antecipe, que realiza o plantio intercalar do milho durante o ciclo final da soja, comparado ao plantio convencional realizado após a colheita da leguminosa. Além disso, foram testados dois modos de adubação de base: no sulco e a lanço, a fim de analisar a resposta do milho, dado que interfere no rendimento operacional do processo de semeadura. O experimento foi conduzido por dois anos agrícolas na região de Botucatu-SP, utilizando delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos (Antecipe e Pós-soja × adubação no sulco e a lanço), e quatro repetições. Foram analisadas variáveis agronômicas do milho e da soja subsequente, além de dados meteorológicos para avaliação das condições climáticas. Os resultados demonstraram que o sistema Antecipe proporcionou maior produtividade do milho, devido ao melhor aproveitamento hídrico e térmico, estando mais elevado e maior número de grãos por espiga. A adubação no sulco apresentou efeito positivo na soja cultivada na sequência, promovendo maior altura das plantas e melhor inserção da primeira vagem. A interação entre os fatores foi pontual, indicando que os efeitos do sistema de cultivo e da adubação ocorrem, em sua maioria, de forma independente. Conclui-se que o sistema Antecipe é uma alternativa viável para antecipar o cultivo do milho segunda safra, com ganhos operacionais e agronômicos, e impactos positivos na cultura subsequente de soja.

Palavras-chave: Zea mays; sistema Antecipe; adubação de base; milho segunda safra; safrinha.

ABSTRACT

The cultivation of second-season corn in regions with a narrow planting window requires strategies that optimize the use of climatic and operational resources. This study evaluated the performance of the Antecipe system, which consists of intercropping corn during the final growth stage of soybean, compared to the conventional system where corn is sown after soybean harvest. Additionally, two base fertilization methods were tested: in-furrow and broadcast. The experiment was conducted over two agricultural years in the region of Botucatu-SP, using a randomized block design with four treatments (Antecipe and Post-soybean × in-furrow and broadcast fertilization) and four replications. Agronomic variables of corn and the subsequent soybean crop were analyzed, along with meteorological data to assess climate conditions. Results showed that the Antecipe system led to higher corn productivity due to better water and temperature use, higher plant stand, and a greater number of kernels per ear. In-furrow fertilization positively influenced the subsequent soybean crop, promoting taller plants and higher first pod insertion. The interaction between cultivation system and fertilization was limited, indicating that their effects occurred mostly independently. It is concluded that the Antecipe system is a viable and efficient alternative for early second-season corn cultivation, providing agronomic and operational advantages and positive impacts on the following soybean crop.

Keywords: Zea mays; Antecipe system; base fertilization; second-season corn; safrinha.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ZARC	Zoneamento Agrícola de Risco Climático
UNESP	Universidade Estadual Paulista
FCA	Faculdade de ciências agronômicas
TDA	Tração dianteira auxiliar
PMS	Peso de mil sementes
Ha	Hectare

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Cultura do Milho (Zea mays).....	23
2.1.1	<i>Plantio de Milho Segunda Safra</i>	<i>23</i>
2.1.2	<i>Influência da Época de Plantio do Milho Segunda Safra.....</i>	<i>24</i>
2.1.3	<i>Desafios e Vantagens do Cultivo de Milho em Segunda Safra</i>	<i>25</i>
2.2	Adubação no Milho.....	26
2.2.1	<i>Sistemas de Adubação no Milho Segunda Safra</i>	<i>26</i>
2.2.2	<i>Adubação a Lanço e no Sulco na Cultura do Milho.....</i>	<i>27</i>
2.3	Sistema Antecipe	28
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1	Área experimental.....	31
3.2	Conjunto de plantio: Sistema Antecipe x sistema convencional.....	31
3.2.1	<i>Conjunto sistema antecipe.....</i>	<i>32</i>
3.2.2	<i>Conjunto trator-semeadora convencional.....</i>	<i>32</i>
3.3	Delineamento experimental	33
3.4	Coleta de dados meteorológicos	34
3.4.1	<i>Temperatura</i>	<i>34</i>
3.4.2	<i>Precipitação</i>	<i>35</i>
3.5	Condução do Experimento	36
3.5.1	<i>Cultivo da Soja nas Safras 2022/23 e 2023/24.....</i>	<i>36</i>
3.5.2	<i>Cultivo do Milho Segunda Safra 2023</i>	<i>37</i>
3.5.3	<i>Cultivo do Milho Segunda Safra 2024</i>	<i>37</i>
3.6	Coleta de dados agrônômicos das plantas.....	38
3.6.1	<i>Milho</i>	<i>38</i>
3.6.2	<i>Soja.....</i>	<i>39</i>
3.7	Estimativa de Produtividade para a Cultura do Milho	40
4	RESULTADOS	41
4.1	Clima	41
4.1.1	<i>Temperatura</i>	<i>41</i>
4.1.2	<i>Precipitação</i>	<i>43</i>
4.1.3	<i>Graus dia do milho 2023 e 2024.....</i>	<i>44</i>
4.1.4	<i>Precipitação: sistema Antecipado e o sistema de plantio pós soja.</i>	<i>47</i>
4.2	Características agrônômicas das culturas	48
4.2.1	<i>Milho 2023</i>	<i>48</i>
4.2.2	<i>Soja 2023/2024.....</i>	<i>51</i>
4.2.3	<i>Milho 2024</i>	<i>53</i>

4.3	Produtividade	56
4.3.1	<i>Milho 2023</i>	<i>56</i>
4.3.2	<i>Soja.....</i>	<i>56</i>
4.3.3	<i>Milho 2024.....</i>	<i>60</i>
5	CONCLUSÕES.....	61
	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

Na agricultura tropical é possível realizar várias safras no ano, porém o ajuste de manejo das culturas agrícolas precisa ser finamente planejado para aproveitar o momento ideal de semeadura e implantação das lavouras. No Brasil, muitos produtores cultivam soja no período de verão e o milho em segunda safra, aproveitando as últimas chuvas do período de verão e início de outono. Desta forma, a implantação do cultivo de milho em segunda safra é realizada com materiais adaptáveis e resistentes às variações do clima, além de máquinas e técnicas específicas.

O sistema Antecipe, desenvolvido pela Embrapa, é um exemplo de tecnologia que apresenta bons resultados. O antecipe eleva a produtividade do milho segunda safra quando comparada com os métodos tradicionais. O antecipe se trata de um sistema de semeadura intercalar do milho nas entrelinhas da soja, antes da colheita da cultura de primeira safra.

Na cultura do milho, a forma de fertilização é um ponto sensível. A forma como os fertilizantes são disponibilizados, na adubação de base, é determinante para o melhor aproveitamento das raízes. Os métodos de aplicação de fertilizantes podem afetar diretamente a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas, interferindo na produtividade final da lavoura. Características do solo, como textura e teor de água podem afetar o tempo de disposição dos nutrientes para as plantas. Desta forma, o sistema Antecipe tem proporcionado aumentos expressivos na produtividade do milho. Em áreas experimentais foram observados aumento de 0,5 a 4 sacas por hectare para cada dia de antecipação do plantio, comparado ao cultivo fora do período recomendado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC).

Um dos diferenciais do Sistema Antecipe é a semeadora-adubadora, uma máquina especialmente projetada para essa técnica, em que é possível realizar o plantio e a adubação simultaneamente, nas entrelinhas de uma lavoura de soja em estágio avançado de desenvolvimento, com o menor nível de dano mecânico e perdas. Trata-se de um sistema inovador e recente, que está em fase de validação à campo em experimentação on-farm no Brasil.

Os sistemas de semeadura antecipada do milho oferecem riscos e carecem de alto nível de capacidade técnica para implantação. Assim, o objetivo deste foi avaliar

o desempenho do milho de segunda safra, utilizando-se o sistema de semeadura antecipada Antecipe com diferentes métodos de deposição de fertilizantes: em sulco e a lanço.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Cultura do Milho (*Zea mays*)

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas agrícolas mais relevantes em escala global. A espécie tem uso tanto na alimentação humana quanto animal, e no contexto brasileiro essa importância se amplia de forma bastante particular.

No Brasil, o milho movimenta volumes expressivos de produção e carrega um peso econômico que atravessa diferentes setores do agronegócio. A cultura tem uma característica interessante: se adapta bem a condições climáticas variadas e funciona em sistemas de produção distintos. Isso permite que ela seja explorada em praticamente qualquer região do país ao longo do ano todo. Mas a função do milho vai além da produção em si. Ele também atua como componente estratégico na rotação de culturas, contribuindo para a manutenção da qualidade do solo e ajudando a reduzir a pressão de doenças e pragas (Magalhães *et al.*, 2002; Pinto *et al.*, 2022).

O cultivo do milho no país é dividido em diferentes safras. A primeira safra é aquela tradicional, semeada no período de primavera-verão. Já a segunda safra, conhecida popularmente como "safrinha" vem ganhando cada vez mais espaço nos últimos anos por conta do impacto econômico que representa. Esse sistema opera muitas vezes em regime de sequeiro e acaba sendo uma maneira eficiente de otimizar o uso da área e dos recursos disponíveis.

2.1.1 *Plantio de Milho Segunda Safra*

O plantio do milho na segunda safra, a safrinha, se consolidou como prática essencial no agronegócio brasileiro. A técnica começou no Paraná nos anos 1980 e logo se expandiu para Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, como mostram Tsunechiro, Martins e Miura (2013). O que caracteriza esse sistema é a semeadura extemporânea entre janeiro e abril, logo depois da colheita da cultura anterior - geralmente a soja. Hoje a safrinha representa 78% da produção total de milho no Brasil.

A escolha da cultivar adequada influencia diretamente o sucesso da safrinha. O problema é que as condições nessa época são bem mais adversas: menos água disponível e risco maior de pragas e doenças. Por isso as cultivares precisam ter características específicas de resistência. Segundo Pimentel e colaboradores (2020),

a escolha correta da cultivar determina a produtividade final, já que cada variedade tem seu próprio nível de adaptação ao clima, tolerância à seca e resistência a problemas fitossanitários.

O manejo integrado de pragas e doenças é outro ponto crucial. Rotação de culturas, controle biológico, uso racional de agroquímicos e monitoramento constante das lavouras, tudo isso ajuda a reduzir os impactos negativos na produção. Como observaram Furlani Júnior *et al.* (2018), o controle integrado é essencial para manter a produtividade mesmo quando a pressão de pragas e doenças está alta.

O manejo do solo também precisa estar adequado para criar as condições ideais de crescimento. Plantio direto, terraceamento, adubação verde, correção da fertilidade, monitoramento da umidade, cada prática contribui para maximizar o rendimento, como apontam Baldoni e colaboradores (2019). O nitrogênio é um dos principais nutrientes limitantes para o milho safrinha, e correta aplicação está diretamente ligada ao desenvolvimento da planta e à produtividade final (Oliveira *et al.*, 2019).

Apesar dos desafios, a safrinha virou alternativa econômica importante para os produtores brasileiros. Contribui bastante para a oferta total de milho no país e ajuda a estabilizar os preços no mercado interno. O desenvolvimento de cultivares mais adaptadas, junto com práticas de manejo eficientes, continua sendo a chave para o sucesso desse sistema.

2.1.2 Influência da Época de Plantio do Milho Segunda Safra

A época de plantio é um dos fatores mais críticos para milho segunda safra. Ela influencia diretamente a germinação, o desenvolvimento vegetativo e o ciclo reprodutivo - tudo isso impacta o rendimento final. O problema é que semear em períodos inadequados pode causar estresse hídrico e térmico, prejudicando principalmente a floração e o enchimento de grãos, como já apontou Fancelli (2011). É importante escolher a época certa para maximizar a interceptação da radiação solar, importante para o bom desempenho da cultura (Wermuth *et al.*, 2022; Tollenaar; Lee, 2002).

A interação entre genótipo e ambiente determina o potencial produtivo das plantas de milho. Essa interação é especialmente sensível à época de plantio, que precisa coincidir com períodos de condições favoráveis (Argenta *et al.*, 2001). Por isso identificar sistemas de manejo adequados para cada época de semeadura é

fundamental para otimizar recursos e aumentar a rentabilidade, como mostram Mundstock e Silva (2005).

O clima, principalmente a deficiência hídrica, afeta bastante a produtividade da segunda safra. A semeadura precoce pode reduzir alguns riscos climáticos, mas precisa ser planejada para evitar períodos críticos de estiagem ou temperaturas baixas (Silva, 2005; Muchow, 1989). Cada híbrido responde de forma diferente às variações ambientais. Essa variabilidade na resposta à época de plantio está ligada à interação genótipo-ambiente (Pinto *et al.*, 2022; Becker; Leon, 1988).

A radiação solar disponível varia com a posição geográfica e a época de semeadura, influenciando diretamente o rendimento. A quantidade de radiação interceptada pela cultura é fundamental para a formação de biomassa e, conseqüentemente, para a produtividade final (Andrade, 1995; Gardner *et al.*, 1985; Stone *et al.*, 1999).

Com o avanço das pesquisas e o lançamento de cultivares mais adaptadas, a produtividade do milho safrinha tem aumentado bastante. A escolha da época de semeadura continua sendo um dos fatores mais importantes, com os híbridos de maior estabilidade apresentando melhor adaptação para esse período (Severo, 2021; Quiessi, 1999).

2.1.3 Desafios e Vantagens do Cultivo de Milho em Segunda Safra

A escolha adequada da época de plantio é essencial para o sucesso do milho safrinha. Mas os produtores enfrentam desafios bem específicos nesse período. O milho safrinha ganhou destaque no agronegócio brasileiro, só que seu cultivo exige atenção especial. As condições adversas típicas da época, como a irregularidade das chuvas e variação de temperatura, por exemplo podem impactar a produtividade e aumentar os custos de manejo (Silva, 2005; Muchow, 1989).

Um dos principais desafios é a maior de pragas e doenças durante nesse periodo de cultivo. Isso exige controle fitossanitário rigoroso e constante, o que eleva os custos de produção. Por isso o manejo integrado de pragas se tornou essencial para a viabilidade econômica da cultura (Furlani Júnior *et al.*, 2018). A adaptação dos híbridos ao cultivo na segunda safra ainda apresenta dificuldades. A escolha de cultivares adequadas é fundamental para maximizar a produtividade (Pinto *et al.*, 2022; Wermuth *et al.*, 2022).

Por outro lado, o milho safrinha oferece vantagens importantes. Diversifica a renda dos produtores e otimiza o uso da terra, permitindo uma segunda colheita no mesmo ano agrícola (Tsunechiro; Martins; Miura, 2013). A rotação de culturas, principalmente com a soja, contribui para a sustentabilidade agrícola - melhora a estrutura do solo, ajuda no controle de pragas e doenças, além de reduzir a necessidade de fertilizantes nitrogenados (Argenta *et al.*, 2001; Fancelli, 2011).

O uso de tecnologias avançadas também tem potencializado a produtividade. Agricultura de precisão e cultivares geneticamente modificadas permitem gestão mais eficiente dos insumos e aplicação mais precisa de defensivos agrícolas (Von Pinho *et al.*, 2007). Essas inovações foram fundamentais para consolidar o milho safrinha como cultura importante para o agronegócio brasileiro. E os dados mostram que isso funciona para aumentar a competitividade no mercado internacional de grãos.

2.2 Adubação no Milho

A adubação é um dos principais fatores para a cultura do milho, impactando diretamente a produtividade e a qualidade dos grãos. No milho segunda safra, a adubação adequada se torna ainda mais relevante. O problema é que as condições nessa época são bem mais adversas como, menos água disponível e possíveis problemas climáticos não favoráveis. O manejo nutricional eficiente precisa suprir as demandas da planta e maximizar o rendimento, equilibrando os custos com fertilizantes e o retorno econômico.

2.2.1 Sistemas de Adubação no Milho Segunda Safra

Os sistemas de adubação no milho safrinha precisam ser pensados para atender o que a cultura demanda, considerando clima, solo e características da região. Nitrogênio, fósforo e potássio são os principais nutrientes, mas o nitrogênio é o mais exigido - principalmente nas fases de crescimento vegetativo e enchimento de grãos. O padrão mais comum é fazer adubação de base com N e P, e depois cobrir com N ao longo do ciclo. A ideia é garantir que os nutrientes estejam disponíveis quando a planta mais precisa (Crusciol *et al.*, 2018).

Incluir potássio na adubação de base pode ser essencial dependendo do solo. Em áreas com baixa fertilidade ou pouca matéria orgânica, isso faz bastante diferença. E essas condições são comuns justamente no período da safrinha. Dividir a aplicação

de N em várias etapas, como é chamado tecnicamente de adubação escalonada, pode aumentar a eficiência de absorção e melhorar o rendimento. Isso ajuda a planta a se adaptar às variações de chuva durante o cultivo (Soratto *et al.*, 2014). As doses de N e K na cobertura devem ser ajustadas com base em análise de solo e na expectativa de quanto a lavoura vai produzir.

A adubação orgânica entra como uma alternativa para melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade no longo prazo. Esterco, compostagem e outros resíduos orgânicos ajudam na retenção de nutrientes e melhoram as propriedades físicas do solo, ou seja, um solo com maior nível de matéria orgânica. (Franco *et al.*, 2017; Kumar *et al.*, 2020).

A adubação foliar aparece como estratégia quando a disponibilidade de nutrientes no solo está limitada ou há estresse hídrico. A aplicação direta nas folhas pode melhorar a absorção e a saúde geral da planta. Mas a eficácia cai bastante em condições de seca severa (Farooq *et al.*, 2017). Outra opção são os biofertilizantes, que usam microrganismos benéficos para melhorar a disponibilidade de nutrientes no solo. Essa técnica tem mostrado resultados promissores na produtividade do milho (Khan *et al.*, 2019).

2.2.2 Adubação a Lanço e no Sulco na Cultura do Milho

A adubação a lanço consiste na prática de aplicar o fertilizante sobre a superfície do solo, sem incorporar. Os nutrientes vão sendo absorvidos pelas plantas à medida que se movem pelo perfil do solo, geralmente levados pela chuva. Essa técnica é prática e economiza tempo, o que faz bastante diferença em áreas grandes onde é preciso adubar rápido. Cavalcante *et al.* (2016) mostraram que a adubação a lanço, quando bem manejada, pode ter desempenho parecido com a aplicação localizada. E ainda tem a vantagem de ser mais prática e ter menor custo operacional.

O grande entrave é em solos mais arenosos, que a eficiência da adubação a lanço pode ser menor em solos com baixa capacidade de retenção de nutrientes. Nesses casos, pode acontecer lixiviação dos fertilizantes, reduzindo a disponibilidade para as plantas (Malavolta Jr *et al.*, 2021). A perda de nutrientes por volatilização também pode ser expressiva. Por isso, o planejamento da aplicação precisa ser bem feito para minimizar desperdícios e melhorar a eficiência do fertilizante.

Por outro lado, a adubação no sulco de plantio coloca o fertilizante próximo onde as sementes são depositadas. Isso garante que os nutrientes estejam disponíveis, principalmente nas fases iniciais de desenvolvimento quando a demanda é alta. Souza *et al.* (2017) mostraram que a adubação no sulco pode melhorar bastante o desenvolvimento inicial das plantas de milho. E isso reflete em maiores rendimentos de grãos.

Mas a adubação no sulco também tem seus desafios. Um deles é o risco de desidratação das sementes ("queima da semente") quando se aplica doses altas de fertilizante muito perto delas. Além disso, em condições de estresse hídrico, a aplicação no sulco pode causar desbalanço na disponibilidade de água e nutrientes, prejudicando o desenvolvimento da cultura (Ferreira *et al.*, 2018). Por isso, a dosagem e a escolha do tipo de fertilizante são essenciais para evitar danos e garantir um desenvolvimento saudável.

Além das técnicas tradicionais de adubação, sistemas inovadores como o Sistema Antecipe têm mostrado potencial para melhorar ainda mais a eficiência do manejo do milho segunda safra. A base do sistema intercalar antecipado, desenvolvido pela Embrapa, é antecipar o plantio do milho, otimizando o uso da terra e dos recursos disponíveis. Isso promove um cultivo mais eficiente e sustentável. A seguir, vamos discutir os princípios e as vantagens dessa tecnologia desenvolvida pela Embrapa.

2.3 Sistema Antecipe

O Sistema Antecipe é uma tecnologia desenvolvida pela Embrapa para plantar milho segunda safra nas entrelinhas da soja, antes mesmo da colheita da leguminosa. Isso permite antecipar o plantio do milho em até 20 dias, fazendo com que ele se desenvolva ainda durante o ciclo da soja. A tecnologia foi resultado de mais de 14 anos de pesquisas e tem três elementos principais: um método de produção de grãos, uma semeadora-adubadora desenvolvida especificamente para esse tipo de plantio e um aplicativo que ajuda o produtor no planejamento da implantação do sistema (Karam, 2022).

Os resultados obtidos em experimentos de campo mostram que o Sistema Antecipe tem proporcionado aumentos expressivos na produtividade do milho. Em áreas experimentais no Paraná, foi observada um ganho de 0,5 a 4 sacas por hectare para cada dia de antecipação do plantio, comparado ao cultivo fora do período

recomendado pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Esses números mostram a importância de uma época de semeadura adequada para garantir o bom desenvolvimento do milho, fator crítico para maximizar a produtividade (Wermuth *et al.*, 2022).

Um dos diferenciais do Sistema Antecipe é a semeadora-adubadora projetada especificamente para essa técnica. Esse equipamento permite realizar o plantio e a adubação ao mesmo tempo, sem causar danos mecânicos à soja em estágio avançado de desenvolvimento. A semeadura do milho acontece de maneira mecanizada e eficiente, preservando a integridade das plantas de soja (Karam *et al.*, 2020).

O espaçamento entre as linhas de soja não precisa ser alterado para usar o Sistema Antecipe. A semeadora-adubadora foi projetada com carrinhos de 38 cm, o que permite o uso de espaçamentos convencionais de 50 cm entre as linhas de soja. Isso se adapta facilmente às práticas agrícolas já adotadas pelos produtores. Essa característica torna o sistema viável para diferentes condições de campo, permitindo sua utilização em várias regiões (Karam *et al.*, 2020).

A parceria técnica entre a Embrapa e a empresa Jumil foi fundamental para que o sistema ficasse acessível aos produtores. Com essa cooperação, o equipamento desenvolvido para o Sistema Antecipe foi disponibilizado comercialmente, permitindo que mais produtores adotem essa tecnologia e colham os benefícios da antecipação do plantio do milho safrinha. A inovação busca minimizar os riscos de perdas de produtividade associados ao plantio fora da janela climática ideal (Karam *et al.*, 2020).

Mas o Sistema Antecipe também tem seus desafios. Um deles é a colheita da soja, que pode causar danos às folhas do milho. Para minimizar esse risco, o recomendado é usar cultivares de soja com maior altura de inserção da primeira vagem, permitindo que a colheita aconteça sem comprometer o desenvolvimento do milho. O ideal é que a colheita da soja seja realizada quando o milho estiver no estágio V4, fase em que o ponto de crescimento do milho ainda está protegido abaixo do solo (Karam, 2022).

O momento ideal para implantar o Sistema Antecipe é quando a soja atinge o estágio R5, conforme a escala de Fehr e Caviness (1977). Nesse estágio, o milho pode ser semeado sem competir diretamente com a soja por luz e nutrientes. E o risco de danos à soja durante o plantio é minimizado. Essa antecipação do plantio contribui para um melhor aproveitamento das condições climáticas e maior estabilidade na

produção do milho safrinha, assegurando uma colheita mais eficiente e com menor exposição aos riscos climáticos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Área experimental

O experimento foi conduzido por dois anos agrícolas na Fazenda Experimental Lageado, da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP Campus de Botucatu, no município de Botucatu, região Central do Estado de São Paulo, num Nitossolo Vermelho distroférico e clima subtropical megatermico AW, caracterizado por verão quente e chuvoso e inverno seco. A localização geográfica está definida entre as coordenadas 22°49' latitude sul e 48°25' longitude oeste, com altitude média de 770 metros, declividade média de 4,5% e exposição face oeste.

As parcelas experimentais deram início com o plantio da soja no segundo semestre de 2021 até a colheita do milho segunda safra no primeiro semestre do 2024.

O solo da área experimental foi classificado por Carvalho *et al.* (1983) e adaptado de acordo com Embrapa (2018- 5 edição) como sendo Nitossolo Vermelho distroférico.

3.2 Conjunto de plantio: Sistema Antecipe x sistema convencional

É importante destacar que a semeadora-adubadora desenvolvida especificamente para o sistema Antecipe apresenta um dimensionamento distinto em comparação com as semeadoras disponíveis no mercado. Dessa maneira, não se recomenda que o produtor utilize a semeadora existente em sua propriedade para a prática do Antecipe, uma vez que tal procedimento, certamente, ocasionaria danos à cultura da soja e resultaria em uma redução de produtividade.

Entre os principais diferenciais técnicos da semeadora-adubadora destacam-se o funcionamento dos sistemas de distribuição de fertilizantes e sementes acionados por motores elétricos, a altura ajustável da barra porta-ferramentas, a presença de protetores de linha e rodas-guia individuais, o distribuidor de sementes a vácuo e o sulcador equipado com controlador de profundidade.

3.2.1 *Conjunto sistema antecipe*

A semeadora do sistema Antecipe é acoplada ao trator por meio de um sistema de três pontos. Este equipamento possui quatro linhas espaçadas a 0,5 metros, sendo equipada com o dosador de sementes Exact AIR, da marca Jumil, e com o dosador de fertilizantes FertSystem, que utiliza um helicoidal de passo 1, proporcionando uma aplicação uniforme de fertilizantes mesmo em doses reduzidas.

Para a realização do plantio no sistema Antecipe, foi utilizado um trator de pneus da marca Massey Ferguson, modelo 4707, com tração 4x2 TDA e potência de 52,9 kW. O trator estava equipado com pneus estreitos e ajuste de bitola adequado para transitar nas entrelinhas da cultura da soja (0,5 m) sem causar amassamento das plantas. Em todos os tratamentos, o conjunto trator-semeadora operou a uma velocidade de deslocamento de 6 km h⁻¹.

Figura 1- Conjunto de plantio: Sistema Antecipe



Foto: Júlio C S Pereira - 2023

3.2.2 *Conjunto trator-semeadora convencional*

Para a execução do plantio no sistema pós-soja, foi utilizada uma semeadora-adubadora pneumática de 7 linhas, com espaçamento de 0,5 metros entre elas, da marca Jumil, modelo PD7030, equipada com o dosador de sementes ExactAir, o mesmo utilizado na semeadora do sistema Antecipe. O trator utilizado foi da marca John Deere, modelo 6115J, com tração 4x2 TDA e potência de 88,9 kW. Em todos os tratamentos, o conjunto trator-implemento foi operado a uma velocidade de 6 km h⁻¹.

Figura 2 - Conjunto de plantio: Sistema Convencional



3.3 Delineamento experimental

O experimento foi conduzido durante dois anos agrícolas, mantendo as parcelas fixas na mesma posição ao longo de todo o período. Parcelas fixas, nada mais é do que manter as mesmas unidades experimentais sem rotação de posição entre os anos. A ideia por trás dessa escolha foi avaliar se os tratamentos geram efeitos residuais e cumulativos com o passar do tempo. Isso permite observar com mais precisão como a produtividade do milho varia de um ano para outro e, por outro lado, entender melhor a estabilidade de cada sistema de manejo quando aplicado de forma contínua.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os tratamentos foram organizados em faixas e distribuídos em blocos. Foram testados quatro sistemas de cultivo para o milho segunda safra, diferenciados principalmente pela época de plantio: o sistema antecipado (ANTECIPE) e o plantio realizado logo após a colheita da soja (PÓS-SOJA).

Os tratamentos consistiram em:

Tratamento 1: Plantio antecipado com adubação de base no sulco.

Tratamento 2: Plantio antecipado com adubação de base a lanço.

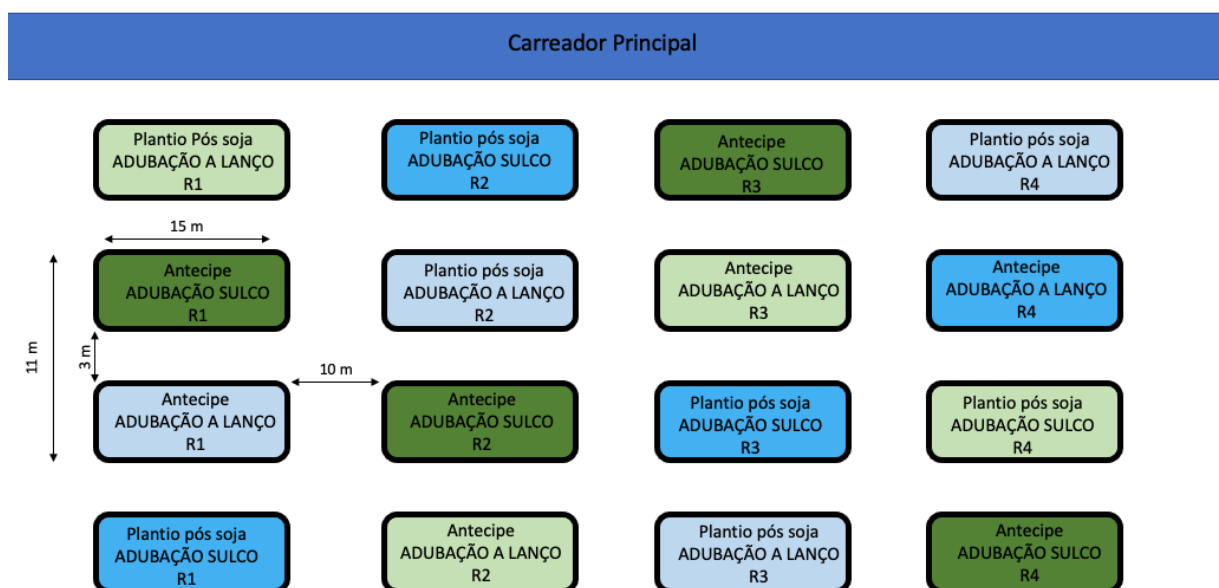
Tratamento 3: Plantio pós-soja com adubação de base no sulco.

Tratamento 4: Plantio pós-soja com adubação de base a lanço.

Cada tratamento foi repetido quatro vezes, totalizando 16 parcelas experimentais. As parcelas possuíam área útil de 60 m², com dimensões de 15 metros de comprimento por 4 metros de largura (correspondente a duas passadas da semeadora, totalizando oito linhas de plantio). Para facilitar as operações de maquinário, foi estabelecida uma área de 10 metros de distância para manobras do trator e uma faixa de carreador de 3 metros entre as parcelas.

A Figura apresenta o esquema de implantação do experimento, incluindo a disposição dos tratamentos e a configuração das parcelas

Figura 3- Croqui de implantação



3.4 Coleta de dados meteorológicos

3.4.1 Temperatura

A coleta dos dados de temperatura para os dois anos agrícolas, foi realizada por meio de uma estação meteorológica automática – modelo CR 23x, da Campbell Scientific Inc., equipada com o sensor modelo HMP45c da Vaisala Inc., para a medição das temperaturas máxima, média e mínima. A estação meteorológica está localizada no campus experimental da UNESP FCA, com coordenadas geográficas (Datum SAD 69) de latitude 22° 50' 48" S, longitude 48° 26' 06" W e altitude de 817,74 m.

3.4.2 Precipitação

Coletou-se a precipitação nos dois anos agrícolas (2022/23 e 2023/24) com um pluviômetro Incoterm, escala de 0 a 140 mm, instalado próximo às parcelas. O objetivo foi registrar o volume real de chuva que caía diretamente no local do experimento. Isso garante que as medições refletem exatamente as condições climáticas que afetam o desenvolvimento do milho. As leituras foram feitas todos os dias durante o ciclo da cultura. Nos dias com chuva, o volume coletado foi anotado em planilha específica.

Figura 4- Pluviômetro



Foto: Júlio C S Pereira - 2023

Os dados coletados estão organizados na tabela abaixo, permitindo uma comparação detalhada entre os volumes de chuva dos dois anos.

Tabela 1- Dados de precipitação (mm) nas respectivas datas

Data	Precipitação 2023 (mm)	Data	Precipitação 2024 (mm)
01/03	10	22/02	14
06/03	25	01/03	13
10/03	6	04/03	5
14/03	6	09/03	5
16/03	35	12/03	15
20/03	5	20/03	15
29/03	7.5	27/03	5
07/04	15	16/04	45
14/04	45	18/04	20
18/04	25	26/05	30
26/04	10	27/05	35
11/05	8		
27/05	10		
01/06	15		
14/06	15		
15/06	25		
16/06	15		
Acumulado	277,5	Acumulado	202,0

3.5 Condução do Experimento

3.5.1 Cultivo da Soja nas Safras 2022/23 e 2023/24

Na safra 2022/23, a semeadura da soja foi realizada mecanicamente em 17 de outubro de 2022, utilizando-se a cultivar NEO 0610 IPRO, de hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 6.1. O plantio foi realizado sobre palhada de aveia preta de baixa densidade, com espaçamento de 0,5 metros entre linhas, visando a densidade de 300 mil plantas por hectare, equivalente a 15 sementes por metro linear. As sementes foram tratadas com fungicidas (Carboxina + Thiram), inseticida (Tiametoxam), inoculante (*Bradyrhizobium* sp.), e micronutrientes (Co e Mo). A adubação de base foi aplicada de forma localizada no sulco, com a utilização do fertilizante 0-20-20, na dose de 250 kg ha⁻¹. A colheita foi realizada em 16 de março de 2023.

Na safra 2023/24, foram empregados os mesmos materiais, tratamentos e dosagens. O plantio foi realizado em 31 de outubro de 2023, e a colheita ocorreu em 5 de março de 2024.

3.5.2 *Cultivo do Milho Segunda Safra 2023*

O plantio do milho segunda safra em 2023 foi realizado de forma mecanizada, utilizando o híbrido P3808VYHR, com o objetivo de estabelecer uma população de 60.000 plantas por hectare, o que corresponde a 3 sementes por metro linear e uma profundidade de plantio de 4 cm. No sistema Antecipe, o plantio foi realizado em 27 de fevereiro de 2023, enquanto no sistema pós-soja, a semeadura ocorreu em 20 de março de 2023.

A adubação de cobertura foi aplicada na dose de 300 kg ha⁻¹ de ureia, no estágio V4-V5 da maioria das plantas. Para o sistema Antecipe, a aplicação ocorreu em 27 de março de 2023, enquanto no sistema pós-soja foi realizada em 24 de abril de 2023. A colheita do milho cultivado no sistema Antecipe foi realizada em 23 de julho de 2023, enquanto a colheita do milho no sistema pós-soja ocorreu em 17 de agosto de 2023.

3.5.3 *Cultivo do Milho Segunda Safra 2024*

O plantio do milho segunda safra em 2024 também foi realizado mecanicamente, utilizando-se o híbrido BM812PRO3, com uma população-alvo de 64.000 plantas por hectare, equivalente a 3,2 sementes por metro linear. No sistema Antecipe, o plantio foi realizado em 19 de fevereiro de 2024, enquanto no sistema pós-soja, a semeadura ocorreu em 5 de março de 2024.

A adubação de cobertura foi de 300 kg ha⁻¹ de ureia, aplicada no estágio V4-V5 da maioria das plantas. A aplicação para o sistema Antecipe foi realizada em 15 de março de 2024, enquanto no sistema pós-soja, ocorreu em 13 de abril de 2024. A colheita do milho no sistema Antecipe foi realizada em 25 de junho de 2024, e a colheita no sistema pós-soja foi finalizada em 3 de julho de 2024.

A Tabela 1, a seguir, apresenta de forma resumida as datas do plantio, adubação de cobertura e colheita para cada sistema de cultivo e safra.

Tabela 2- Sistemas de cultivos, método de adubação, repetições e datas de plantio, adubação de cobertura e colheita das culturas

Sistema de Cultivo	Método de Adubação	Repetições	Plantio	Adubação de Cobertura	Colheita
Soja 2022/23	-	-	17/10/2022	-	16/03/2023
Plantio antecipado (antecipe)	sulco	4	27/02/2023	27/03/2023	23/07/2023
Plantio antecipado (antecipe)	a lanço	4	27/02/2023	27/03/2023	23/07/2023
Plantio pós-soja	sulco	4	20/03/2023	24/04/2023	17/08/2023
Plantio pós-soja	a lanço	4	20/03/2023	24/04/2023	17/08/2023
Soja 2023/24	-	-	31/10/2023	-	05/03/2024
Plantio antecipado (antecipe)	sulco	4	19/02/2024	15/03/2024	25/06/2024
Plantio antecipado (antecipe)	a lanço	4	19/02/2024	15/03/2024	25/06/2024
Plantio pós-soja	sulco	4	05/03/2024	13/04/2024	03/07/2024
Plantio pós-soja	a lanço	4	05/03/2024	13/04/2024	03/07/2024

3.6 Coleta de dados agronômicos das plantas

3.6.1 Milho

Para a coleta de dados agronômicos das plantas de milho, foram selecionadas 10 plantas de cada tratamento, nas quais foram realizadas as seguintes avaliações: diâmetro do colmo, altura das plantas, altura de inserção da primeira espiga, número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, massa de 100 grãos, estande de plantas e umidade dos grãos.

O diâmetro do colmo foi medido com o auxílio de um paquímetro, garantindo precisão na leitura da espessura do colmo em cada planta selecionada. A altura das plantas foi aferida utilizando uma trena de 5 metros, obtendo-se a medida desde a base até o ponto mais alto de cada planta. Da mesma forma, a altura de inserção da primeira espiga foi registrada com uma trena de 5 metros, medindo a distância da base da planta até o ponto de inserção da primeira espiga. O número de fileiras e a quantidade de grãos nas fileiras permitiu calcular o total de número de grãos por

espiga. A massa de 100 grãos (com umidade corrigida) foi determinada pela pesagem de 3 amostra de 100 grãos após a colheita.

A avaliação do estande de plantas foi realizada por meio de três repetições de 10 metros em cada tratamento. Em cada repetição, foi feita a contagem das plantas presentes ao longo dos 10 metros, e a média das contagens foi utilizada para estimar o estande final em plantas por hectare. Para essa medição, utilizou-se uma trena de 50 metros. A umidade dos grãos foi aferida com um medidor específico para grãos, modelo G610li, da empresa Gehaka. Para calcular a produtividade do milho, foram consideradas as seguintes informações: população final de plantas, número médio de espigas por planta, número médio de grãos por espiga e o peso de 100 grãos. Esses parâmetros foram utilizados para determinar a produtividade da lavoura.

$$P = (N \times E \times M) \times \frac{100 - Um}{100 - 13}$$

P = produtividade do milho em kg/ha

N = número de plantas por hectare

E = número médio de espigas por planta

M = peso médio de grãos por espiga (kg)

Um = umidade medida dos grãos (%)

13 = umidade padrão de comercialização (%)

3.6.2 Soja

A determinação da massa de 1000 grãos foi realizada por meio de um método padronizado, que consiste em utilizar oito subamostras de 100 grãos cada. Esse procedimento envolve a coleta de amostras representativas dos grãos colhidos, buscando garantir que as subamostras reflitam a variabilidade presente no campo. Cada uma das oito subamostras de 100 grãos foi pesada individualmente em uma balança de precisão, registrando-se o peso de cada subamostra. Em seguida, foi calculada a média do peso dessas oito subamostras, e essa média foi utilizada para estimar o peso de 1000 grãos, conforme a equação:

Equação 1- Determinação do peso de mil grãos

$$\text{Peso de 1000 grãos} = \frac{\text{média do peso das 8 subamostras}}{100} \times 1000$$

3.7 Estimativa de Produtividade para a Cultura do Milho

Para estimar a produtividade da cultura do milho, foram considerados os seguintes parâmetros: o número médio de grãos por espiga, o estande final de plantas e o índice de espigas por planta, assumindo que cada planta, em média, produz uma espiga. Além disso, utilizou-se a massa de 100 grãos, corrigida para a umidade padrão de 13%, permitindo um ajuste preciso do peso dos grãos e garantindo uma estimativa mais acurada da produtividade da lavoura.

$$P = (N \times E \times M) \times \frac{100 - Um}{100 - 13}$$

P = produtividade do milho em kg/ha

N = número de plantas por hectare

E = número médio de espigas por planta

M = peso médio de grãos por espiga (kg)

Um = umidade medida dos grãos (%)

13 = umidade padrão de comercialização (%)

4 RESULTADOS

4.1 clima:

4.1.1 Temperatura

Com base nos gráficos apresentados, é possível observar diferenças marcantes na variação de temperaturas ao longo dos ciclos de cultivo do milho nas safras de 2023 e 2024, com impactos significativos no desenvolvimento da cultura.

Gráfico 1- Temperatura ao longo do ciclo do milho segunda safra

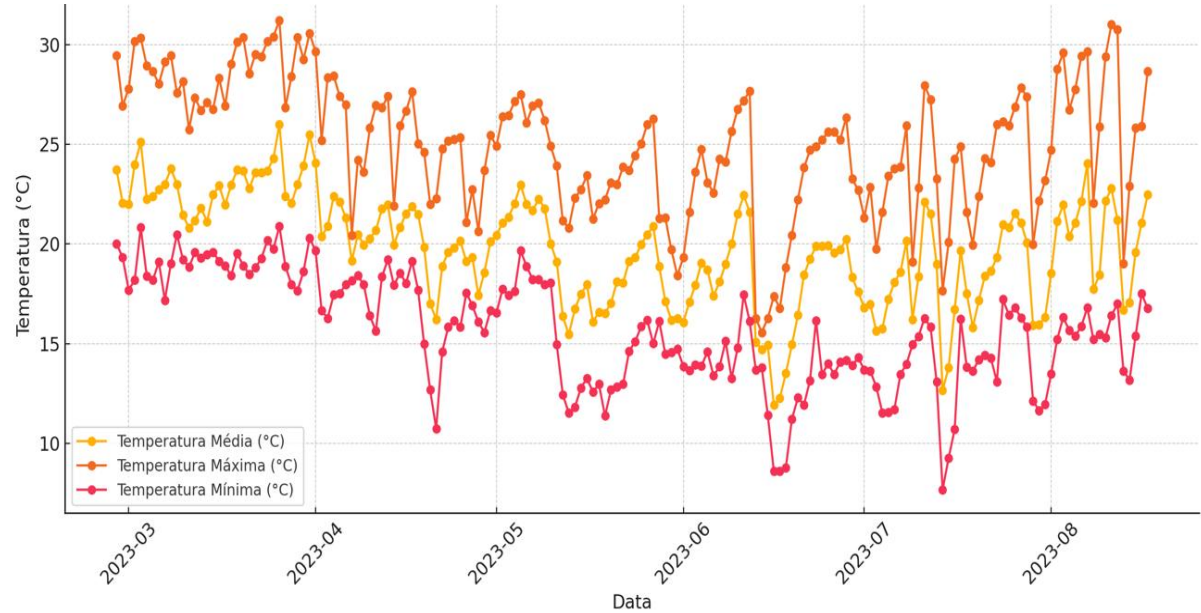
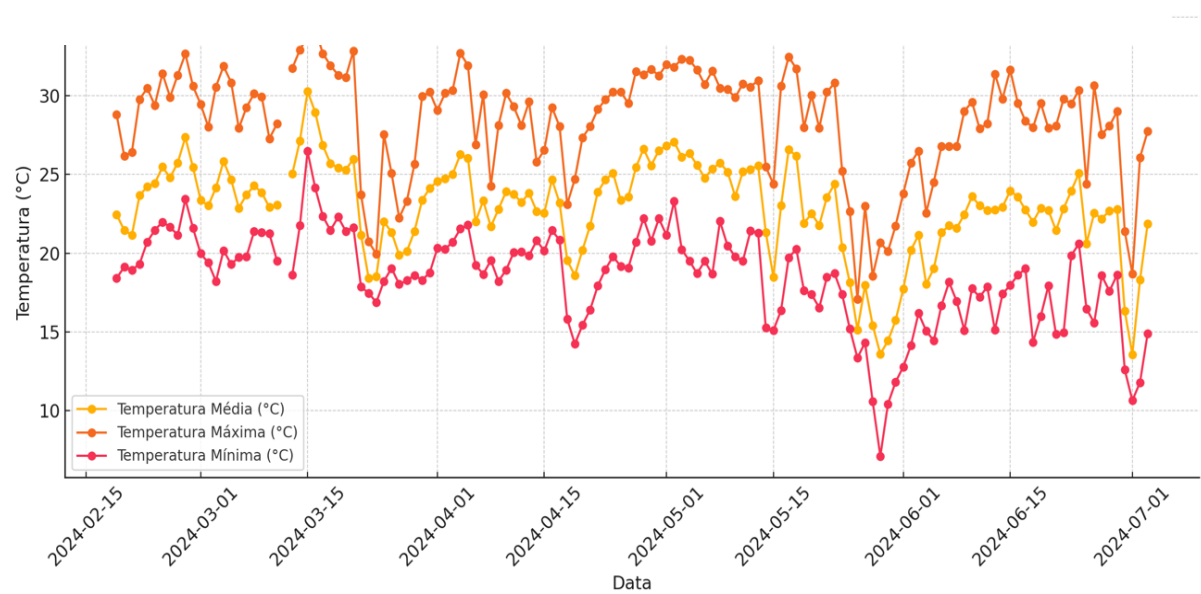


Gráfico 2- Temperatura ao longo do ciclo do milho segunda safra 2024



No ano de 2023, as temperaturas máximas superaram os 30°C, e as mínimas chegaram a valores abaixo de 20°C em algumas ocasiões. De acordo com os dados analisados, esse padrão sugere maior amplitude térmica, o que pode ter levado a períodos de estresse térmico, principalmente durante fases críticas como a floração e o enchimento de grãos. Em 2024, as temperaturas se apresentaram mais moderadas e consistentes, com menores picos de máximas e maior estabilidade ao longo do ciclo.

Durante a fase vegetativa, nos meses de março e abril, tanto em 2023 quanto em 2024 apresentaram temperaturas médias entre 20 a 25°C, condições favoráveis para o estabelecimento inicial das plantas. Os picos de temperatura acima de 30°C em abril de 2023 podem ter acelerado o crescimento vegetativo, reduzindo o tempo para o acúmulo de biomassa suficiente para sustentar adequadamente o ciclo reprodutivo. Em 2024, a menor variação térmica nesse período sugere melhores condições para o crescimento uniforme das plantas.

Na fase reprodutiva, que inclui a floração e a polinização, as temperaturas elevadas observadas em maio e junho de 2023 (>32°C) podem ter prejudicado a viabilidade do pólen e a sincronia entre a emissão de estigmas e o pólen, resultando em menor taxa de fertilização.

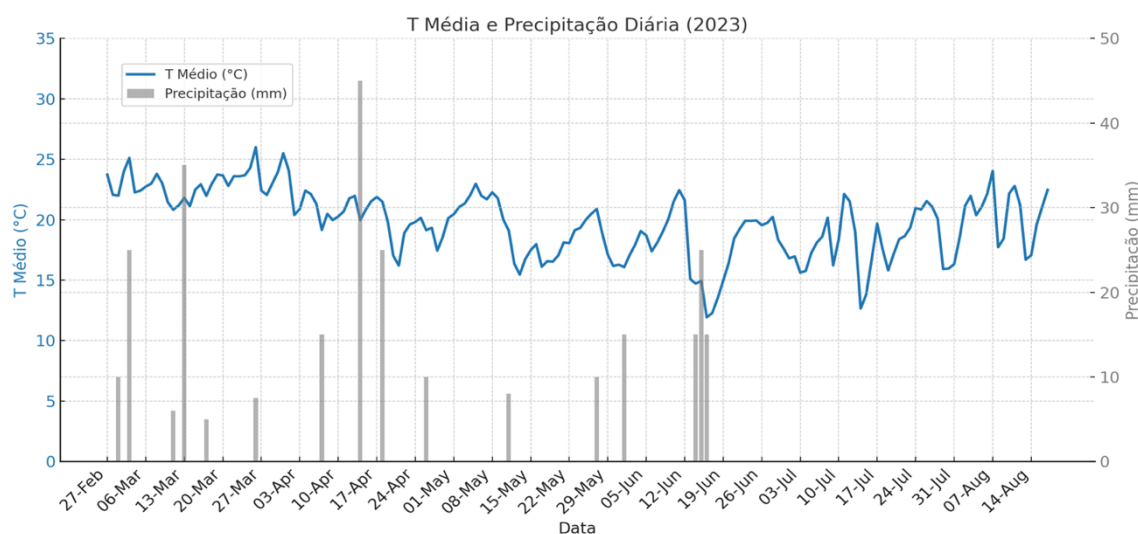
Estresses térmicos durante a floração são conhecidos por reduzir significativamente a formação de grãos e, conseqüentemente, a produtividade. Em contrapartida, em 2024, as temperaturas nesse mesmo período foram mais moderadas e próximas ao ideal para o milho, permitindo condições mais favoráveis para a polinização e o desenvolvimento reprodutivo.

Durante o enchimento de grãos, em julho, a combinação de temperaturas elevadas com mínimas muito baixas em 2023 pode ter reduzido a taxa de fotossíntese, assim comprometendo o acúmulo de matéria seca e a formação do peso final dos grãos. Por outro lado, em 2024, a maior estabilidade térmica contribuiu para um melhor desenvolvimento dessa fase, favorecendo o enchimento completo dos grãos e a obtenção de maior produtividade.

4.1.2 Precipitação

A análise do regime pluviométrico durante os ciclos de cultivo do milho nas safras de 2023 e 2024 apresenta diferenças significativas e consideráveis na distribuição e intensidade das chuvas, com impactos diretos no desenvolvimento da cultura.

Gráfico 3- Temperatura média e precipitação ao longo do ciclo do milho segunda safra 2023

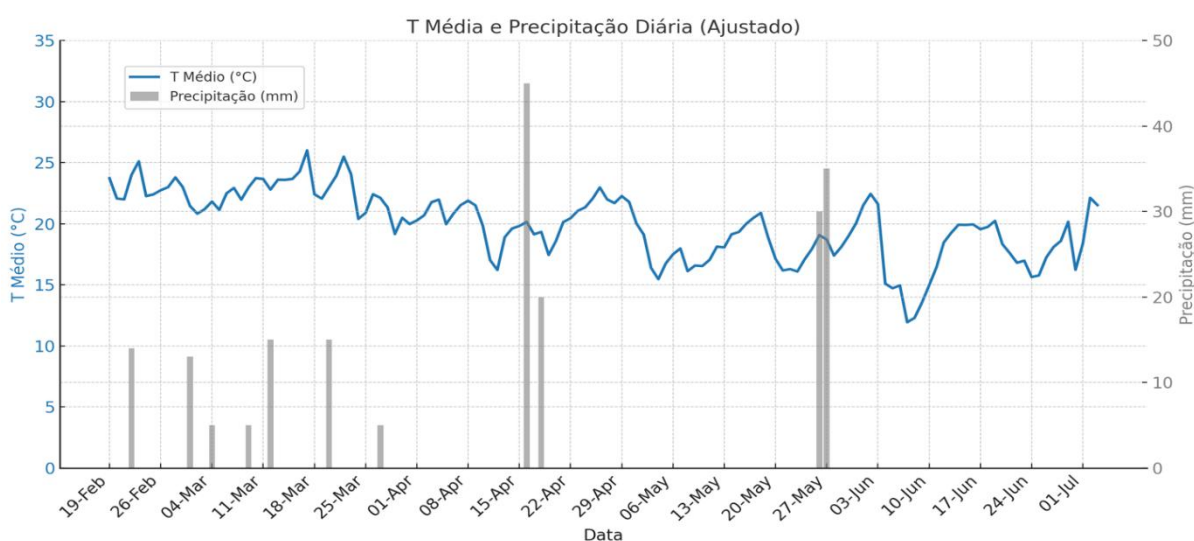


Em 2023, o padrão de precipitação foi caracterizado por irregularidade, com eventos concentrados em poucos dias e períodos prolongados de baixa ou nenhuma precipitação, especialmente durante os meses de março e abril, que correspondem à fase de germinação e estabelecimento inicial das plantas. Além disso, entre os meses de maio e junho, durante as fases de floração e enchimento de grãos, a precipitação foi intermitente, com eventos isolados de maior intensidade, o que pode ter causado estresses hídricos alternados. Esses períodos de déficit hídrico, associados às temperaturas elevadas observadas em maio de 2023, intensificaram a evapotranspiração e aumentam as dificuldades para o desenvolvimento reprodutivo da cultura (Baldoni *et al.*, 2019).

Por outro lado, em 2024, o padrão pluviométrico apresentou maior equilíbrio, com chuvas distribuídas de forma mais regular ao longo do ciclo de cultivo. Durante os meses de março e abril, houve precipitações suficientes e bem distribuídas, proporcionando condições favoráveis para a germinação e o desenvolvimento inicial das plantas. Esse regime hídrico mais estável contribuiu para um crescimento

vegetativo uniforme e para a melhor preparação das plantas para as fases críticas subsequentes. Nos meses de maio e junho, o período reprodutivo foi beneficiado por precipitações pontuais, mas suficientes para atender às demandas hídricas da cultura, em conjunto com temperaturas mais moderadas. Essa combinação favoreceu a sincronia entre a emissão de estigmas e a viabilidade do pólen, além de assegurar o enchimento de grãos de forma mais eficiente.

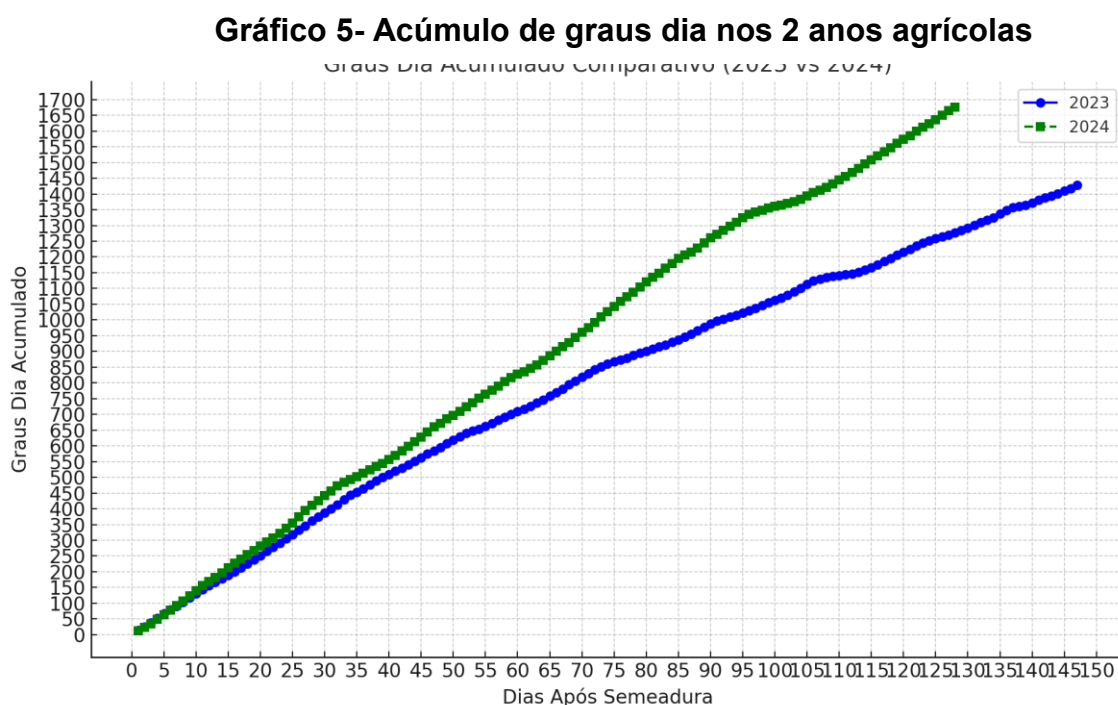
Gráfico 4- Temperatura média e precipitação ao longo do ciclo do milho segunda safra 2024



A comparação entre as duas safras evidencia que a precipitação mais regular em 2024 foi um fator importante para o desempenho superior do milho nesse ano, ao passo que a irregularidade das chuvas em 2023, associada às altas temperaturas, aumentou os desafios hídricos e reduziu a eficiência no uso de recursos pela planta.

4.1.3 Graus dia do milho 2023 e 2024

O gráfico de graus-dia acumulado para as safras de 2023 e 2024 ilustra a relação entre o acúmulo de energia térmica e o progresso fenológico do milho, revelando diferenças importantes nos dois anos em função das condições climáticas previamente discutidas.



Em 2024, o acúmulo de graus-dia foi mais consistente e ocorreu de forma mais rápida, no qual pode-se observar que as temperaturas médias se mantiveram dentro de um intervalo favorável ao desenvolvimento da cultura durante a maior parte do seu ciclo. Essa condição contribuiu para o avanço regular dos estágios fenológicos, permitindo que as plantas utilizassem de forma eficiente os recursos térmicos disponíveis, com potencial reflexo em uma maior produtividade.

Por outro lado, em 2023, o acúmulo de graus-dia foi menor e mais lento. Essa desaceleração pode estar associada às maiores flutuações de temperatura observadas durante o ano de 2023, conforme discutido no parágrafo anterior. As temperaturas abaixo da ideal em alguns períodos, somadas com picos térmicos, podem ter reduzido a eficiência do aproveitamento térmico pelas plantas. Além disso, os períodos de baixa precipitação registrados em 2023 podem ter potencializado esse cenário, uma vez que a falta de umidade no solo aumenta o estresse térmico nas plantas, dificultando o progresso normal do ciclo fenológico.

Segundo Aguiar e Guissem (2002), "Graus-dia Estimado com Diferentes Valores de Temperatura Base na Cultura do Milho (*Zea mays* L.)", que analisou como diferentes temperaturas base afetam o cálculo de graus-dia e, consequentemente, o desenvolvimento fenológico do milho. Os autores destacam que a escolha da

temperatura base é importante para estimar corretamente o ciclo da cultura, principalmente em regiões com maiores variações térmicas.

O trabalho de Wagner *et al.* (2011), "Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil", estudou a influência da disponibilidade térmica no desenvolvimento fenológico do milho. Os autores concluíram que locais ou períodos com temperaturas mais elevadas aceleram o desenvolvimento da planta, enquanto temperaturas mais baixas podem retardá-lo, evidenciando a importância da soma térmica para o planejamento agrícola.

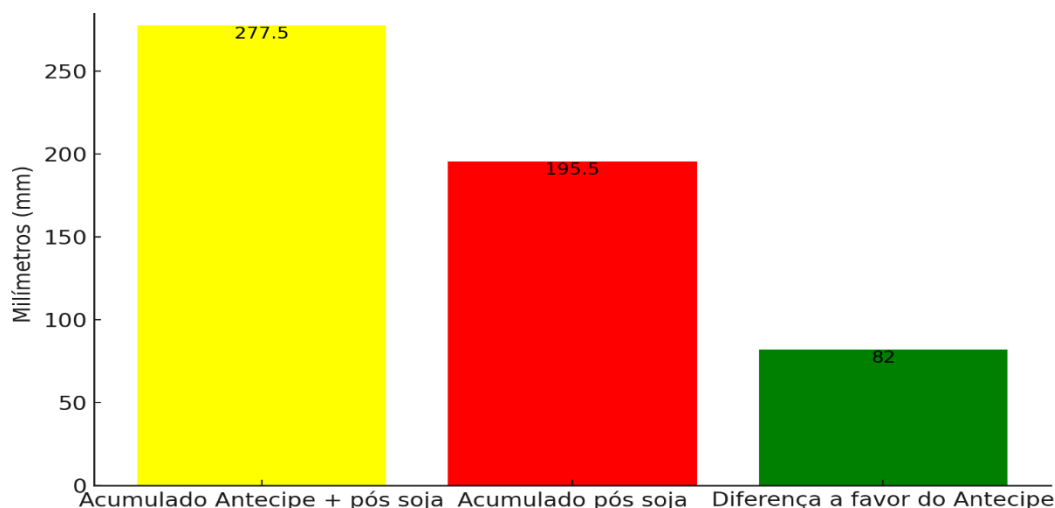
Em 2023, a irregularidade das chuvas, principalmente observado em março e abril, somada à instabilidade térmica, comprometeu o desenvolvimento inicial e afetou o ritmo de acúmulo de graus-dia. Em contraste, em 2024, a precipitação mais regular e bem distribuída durante os estágios iniciais permitiu uma umidade adequada, possibilitando que as plantas aproveitassem melhor as temperaturas acumuladas para um desenvolvimento mais contínuo e uniforme.

As condições mais favoráveis em 2024 resultaram em maior acúmulo de graus-dia em menos tempo, enquanto em 2023, as adversidades climáticas atrasaram o avanço fenológico, possivelmente contribuindo para um desempenho produtivo menor. Essa análise detalhada das condições climáticas gerais dos dois anos agrícolas nos fornece informações preciosas para analisar os efeitos do sistema antecipe de forma consistente e corroborando com os resultados até agora analisados e apresentados.

4.1.4 Precipitação: sistema Antecipado e o sistema de plantio pós soja.

4.1.4.1 Safra 2023

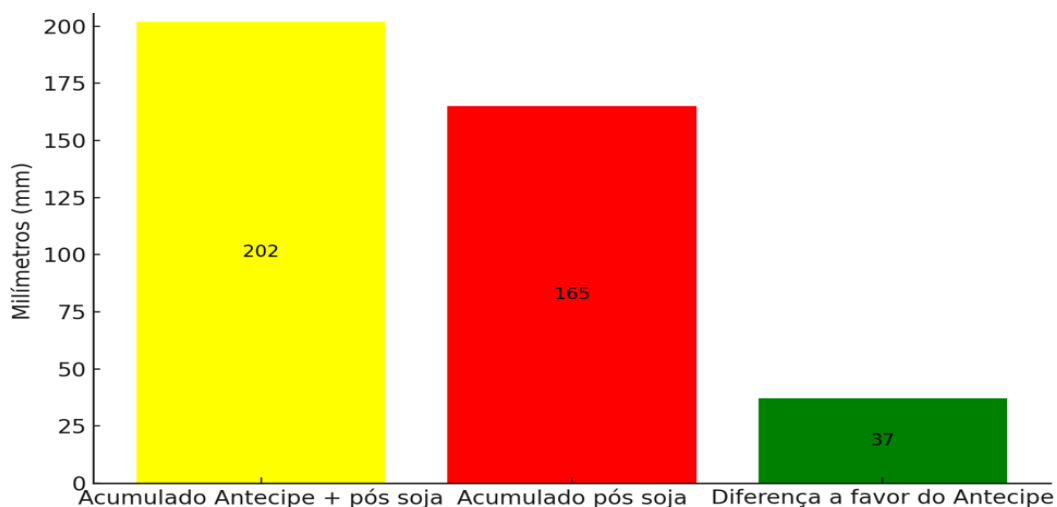
Gráfico 6- Precipitação acumulada no plantio de milho – 2023



No ano de 2023, o plantio do sistema Antecipe foi realizado no dia 27 de fevereiro e o plantio do sistema pós soja foi ocorreu no dia 20 de março, no mesmo dia da colheita da soja na respectiva área, apresentando uma antecipação de 17 dias em comparação com o sistema Antecipe. A antecipação possibilitou um acúmulo de 82 mm de precipitação para o sistema antecipe, o que permitiu um melhor desenvolvimento inicial da cultura . A adubação de cobertura com ureia, foi realizada nos estágios R4/R5 das plantas, sendo para o sistema antecipe no dia 27 de março e para o plantio do pós soja apenas no dia 24 de abril.

4.1.4.2 Safra 2024

Já em 2024, o plantio no sistema Antecipe foi realizado no dia 19 de fevereiro, enquanto o plantio no sistema pós-soja ocorreu no dia 5 de março, apresentando uma antecipação de 15 dias. Essa diferença resultou em um acúmulo adicional de 37 mm de precipitação para o sistema Antecipe, proporcionando melhores condições hídricas iniciais para o desenvolvimento da cultura. A adubação de cobertura foi realizada no dia 15 de março para o sistema Antecipe, enquanto no sistema pós-soja foi realizada apenas no dia 13 de abril, seguindo a diferença observada no manejo entre os dois sistemas.

Gráfico 7 - Precipitação acumulada no plantio de milho – 2024

4.2 Características agronômicas das culturas

4.2.1 Milho 2023

Tabela 3- Valores de F e níveis de significância para estande final de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro o colmo de plantas de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2023

	Estande Final	Altura Inserção	Diâmetro colmo
Sistema de Cultivo (SC)	63,2**	128,8**	999,1**
Adubação (A)	4,95*	3,36*	82,3**
S x A	2,52 ^{ns}	10,06**	0,37 ^{ns}
CV (%)	2,99	1,95	0,33

* - 5% de significância; ** - 1% de significância pelo teste de Tukey; ns – não significativo

A análise dos parâmetros de desenvolvimento das plantas de milho em 2023 demonstra uma influência significativa do sistema de cultivo sobre o estande final, a altura de inserção e o diâmetro do colmo. O sistema de cultivo apresentou significância altamente expressiva, sendo $p < 0,01$ para todos os parâmetros, o que pode confirmar o impacto direto do manejo sobre o desenvolvimento das plantas, dados que corroboram com as conclusões do trabalho realizado por Zhang e colaboradores (2022). A adubação, por sua vez, também foi significativa para todos os parâmetros, com destaque para o diâmetro do colmo ($p < 0,01$), o que indica que a adubação contribuiu de forma significativa para a condição estrutural das plantas. Já a interação

entre o sistema de cultivo e a adubação (S x A) foi significativa apenas para a altura de inserção ($p < 0,01$), sugerindo que a combinação entre esses fatores tem efeito específico sobre a arquitetura das plantas.

Tabela 4- Valores de F e níveis de significância para número de fileiras, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga de plantas de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2023

	Número Fileiras	de Grãos por fileira	Grãos espiga	por
Sistema de Cultivo (SC)	0,94 ^{ns}	0,87 ^{ns}	0,07 ^{ns}	
Adubação (A)	10,24 ^{**}	3,09 ^{ns}	9,28 ^{**}	
S x A	2,34 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,07 ^{ns}	
CV (%)	4,14	6,56	8,04	

* - 5% de significância; ** - 1% de significância pelo teste de Tukey; ns – não significativo

A análise dos dados apresentados para o número de fileiras, grãos por fileira e grãos por espiga em milho no ano de 2023 nos mostra algumas tendências importantes. O sistema de cultivo (SC) não apresentou significância estatística (ns) para nenhum dos três parâmetros avaliados, indicando que o manejo utilizado não teve impacto direto sobre essas variáveis específicas. Por outro lado, a adubação (A) mostrou-se altamente significativa ($p < 0,01$) para o número de fileiras e grãos por espiga. Ali *et al.* (2020), confirma em sua pesquisa que na maioria dos casos analisados o método de plantio e espaçamento não influencia na quantidade de grãos por fileiras. Silva *et al.* (2021) apontam que que, em alguns casos, apenas determinados nutrientes ou interações promovem diferenças significativas em componentes como número de fileiras ou grãos por fileira, enquanto outros fatores não apresentam efeito estatístico.

A interação entre o sistema de cultivo e a adubação (S x A) não foi significativa para nenhum dos parâmetros avaliados, sugerindo que não houve influência conjunta desses fatores sobre o desenvolvimento das características analisadas. Alinhado com dados encontrados por Silva *et al.* (2021), por ser o primeiro ano de avaliação nesta área, considerando o tipo de solo, bem estruturado com fertilidade média.

Tabela 5- Estande final de plantas, diâmetro o colmo e umidade de grãos na colheita de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2023

	Estande Final	Diâmetro colmo	Umidade
	pl ha ⁻¹	mm	%
<i>Sistema de cultivo do milho</i>			
Intercalar	55750 a	19,3 b	11,6 b
Após colheita da soja	49500 b	20,3 a	23,4 a
<i>Modo de Adubação</i>			
Lanço	51750 a	20,0 a	16,5 a
Incorporado	53500 a	19,7 a	18,5 a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

No que se refere ao sistema de cultivo, o manejo intercalar resultou em um maior estande final (55.750 plantas ha⁻¹), diferindo significativamente do sistema após a colheita da soja (49.500 plantas ha⁻¹). No entanto, o sistema após a colheita da soja apresentou um maior diâmetro do colmo (20,3 mm) e maior umidade dos grãos (23,4%), enquanto o sistema intercalar teve valores menores para essas variáveis (19,3 mm e 11,6%, respectivamente). Os resultados apresentados se contrastam com os dados encontrados por outros pesquisadores. A cultura do milho, quando em déficit hídrico, tende apresentar características bem marcantes como o colmo mais fino (Machado *et al.*, 2024 e Kumbee *et al.*, 2023).

Em relação ao modo de adubação, não houve diferenças significativas no estande final entre as estratégias de aplicação a lanço (51.750 plantas ha⁻¹) e incorporada (53.500 plantas ha⁻¹). Da mesma forma, os valores para diâmetro do colmo (20,0 mm e 19,7 mm, respectivamente) foram semelhantes. Contudo, a umidade dos grãos foi ligeiramente maior na adubação incorporada (18,5%) em comparação à aplicação a lanço (16,5%).

Tabela 6 - Desdobramento da interação sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura referente a altura de inserção da espiga em plantas de milho segunda safra. Botucatu/SP, ano agrícola 2023

	Altura de inserção, cm	
	Lanço	Incorporado
Intercalar	70,9 aA	70,4 aA
Após colheita	61,3 bB	65,1 bA

Médias seguidas por mesma letra minúscula na coluna (modo de adubação) e maiúscula na linha (sistema de cultivo) não diferem pelo teste de Tukey a 5%

A adubação no incorporada é mais eficiente para promover maior altura de inserção da espiga no milho, especialmente em solos menos férteis. A adubação a lanço tende a resultar em espigas mais baixas devido à menor eficiência de absorção de nutrientes no início do ciclo (Owusu-gyimah *et al.*, 2013 ;Blandino *et al.*, 2022; Sharifi *et al.*, 2024)

No sistema após colheita, a adubação incorporada mostrou-se mais eficiente, promovendo um aumento significativo na altura de inserção em relação à adubação a lanço. Isso pode ser explicado por uma maior disponibilidade de nutrientes no perfil do solo, favorecendo um crescimento mais vigoroso, o que corrobora com os estudos conduzidos por Malavolta Jr *et al.* (2021).

4.2.2 Soja 2023/2024

A análise estatística das características agronômicas da soja 2023/24 mostra que tanto o sistema de cultivo do milho anterior quanto o modo de adubação tiveram influencia significativamente a altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem, assim demonstrada na tabela a seguir.

Tabela 7 – Corelação de resultados entre altura de plantas e altura de inserção de espiga

	Altura de plantas	Altura Inserção
Sistema de Cultivo (SC)	8,46*	5,32*
Adubação (A)	14,90**	8,32*
S x A	0,23 ^{ns}	0,40 ^{ns}
CV (%)	12,24	23,06

* - 5% de significância; ** - 1% de significância pelo teste de Tukey; ns – não significativo

Os resultados indicam que o sistema de cultivo teve um efeito significativo sobre ambas as variáveis, com $p < 0,05$ para altura das plantas ($F = 8,46$) e altura de inserção ($F = 5,32$). Isso sugere que o manejo utilizado no milho da segunda safra influenciou diretamente o desenvolvimento inicial da soja, o que corrobora com o trabalho realizado por Heinz e Rosa (2017), falando sobre produtividade da soja após cultura de inverno.

A adubação na semeadura também teve um impacto importante, sendo altamente significativa para a altura das plantas ($p < 0,01$, $F = 14,90$) e significativa para a altura de inserção da vagem ($p < 0,05$, $F = 8,32$). Isso indica que a forma como

os nutrientes foram disponibilizados no plantio da soja influenciou diretamente o crescimento estrutural da cultura. Resultados similares foram encontrados por Malavolta Jr *et al.* (2021).

Por outro lado, a interação entre sistema de cultivo e adubação (S x A) não foi significativa para nenhuma das variáveis, o que significa que os efeitos do sistema de cultivo e da adubação, na cultura da soja, atuam de forma independente, sem influência combinada na altura das plantas ou na inserção da vagem.

Ao analisar a altura de plantas e a altura de inserção de primeira vagem, nota-se diferença.

Tabela 8 - Altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja semeada sob diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura realizado no milho segunda safra do ano anterior. Botucatu/SP, ano agrícola 2023/24

	Altura de plantas	Altura Inserção
	cm	cm
<i>Sistema de cultivo do milho</i>		
Intercalar	55,2 a	11,0 a
Após colheita da soja	52,7 b	10,3 b
<i>Modo de Adubação</i>		
Lanço	52,3 b	10,2 b
Incorporado	55,6 a	11,1 a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

A altura das plantas e a altura de inserção da primeira vagem na soja 2023/24 foram influenciadas tanto pelo sistema de cultivo do milho anterior quanto pelo modo de adubação. A soja cultivada após o milho intercalar (2023) apresentou plantas mais altas (55,2 cm) e maior altura de inserção da primeira vagem (11,0 cm) quando comparada ao sistema cultivado após a colheita da soja (52,7 cm e 10,3 cm, respectivamente). Esse resultado sugere que o ambiente proporcionado pelo milho intercalar pode ter favorecido o desenvolvimento da soja, possivelmente devido a uma melhor estruturação do solo e à maior disponibilidade de resíduos vegetais e nutrientes remanescentes.

A adubação incorporada também apresentou efeito positivo, promovendo plantas mais altas (55,6 cm) e maior altura de inserção da vagem (11,1 cm) em comparação à adubação a lanço (52,3 cm e 10,2 cm, respectivamente). Esse efeito pode ser atribuído a uma melhor distribuição dos nutrientes no perfil do solo,

proporcionando maior eficiência na absorção e favorecendo o crescimento vegetativo da cultura (Freiling *et al.*, 2022).

Estudos conduzido por Silva, Ferreira e Costa (2023), demonstram que a adubação influencia diretamente o crescimento da soja, impactando tanto a altura das plantas quanto a altura de inserção da vagem. A adubação fosfatada, por exemplo, promove um maior crescimento em determinadas doses, afetando diretamente a altura das plantas de soja, assim afirma os mesmos autores. No entanto, a altura de inserção da primeira vagem pode não responder de maneira expressiva à adubação, permanecendo relativamente constante em algumas condições experimentais (Santos *et al.*, 2015).

4.2.3 Milho 2024

Tabela 9 - Valores de F e níveis de significância para estande final de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro o colmo de plantas de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2024

	Estande Final	Altura Inserção	Diâmetro colmo
Sistema de Cultivo (SC)	9,25**	10,50**	11,45**
Adubação (A)	1,18 ^{ns}	0,28 ^{ns}	1,37 ^{ns}
S x A	0,19 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,02 ^{ns}
CV (%)	8,81	10,69	7,00

* - 5% de significância; ** - 1% de significância pelo teste de Tukey; ns – não significativo

A análise dos dados do milho segunda safra em 2024 mostra que o sistema de cultivo teve influência significativa sobre todas as variáveis avaliadas: estande final de plantas, altura de inserção da espiga e diâmetro do colmo. Os valores de F foram altos para esses parâmetros com significância a 1% ($p < 0,01$). Isso indica que o tipo de manejo adotado teve impacto direto no desenvolvimento das plantas, confirmando o mesmo comportamento observado no ano anterior (2023), quando o sistema de cultivo também se destacou como fator significante.

Por outro lado, a adubação na semeadura não apresentou efeito significativo sobre nenhuma das variáveis analisadas em 2024. Os valores de F foram baixos mostrando que os tratamentos nutricionais não alteraram de forma expressiva o crescimento das plantas. Esse resultado contrasta com o que foi observado em 2023, quando a adubação teve efeito positivo, principalmente sobre o diâmetro do colmo. Dados apresentam coerência quando contrastados com o trabalho realizado por Silva

& Buso (2020) e Sharma e colaboradores (2024), que a aplicação de fertilizantes e quantidades específicas de nutrientes melhoram o diâmetro do caule, diâmetro da espiga e o peso dos grãos, mas não afetam altura da planta, inserção de espiga e número de fileiras por espiga.

A interação entre sistema de cultivo e adubação (S x A) também não foi significativa para nenhuma das variáveis, indicando que os efeitos do sistema de cultivo e da adubação ocorreram de forma independente, sem influência combinada.

Os resultados de 2024 confirmam que o sistema de cultivo continua sendo o principal fator responsável pelo desempenho agrônômico do milho, enquanto a adubação não apresentou efeito relevante neste ciclo.

Tabela 10 - Valores de F e níveis de significância para número de fileiras, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga de plantas de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2024

	Número de Fileiras	Grãos por fileira	Grãos por espiga
Sistema de Cultivo (SC)	0,41 ^{ns}	23,38 ^{**}	24,53 ^{**}
Adubação (A)	0,75 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,02 ^{ns}
S x A	0,05 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,04 ^{ns}
CV (%)	6,23	10,94	11,56

* - 5% de significância; ** - 1% de significância pelo teste de Tukey; ns – não significativo

A análise dos componentes de rendimento do milho segunda safra em 2024 mostrou que o sistema de cultivo teve efeito altamente significativo sobre o número de grãos por fileira e o número total de grãos por espiga ($p < 0,01$), enquanto não houve diferença para o número de fileiras por espiga (Ali, Haq e Malik., 2020). Isso indica que o sistema utilizado teve influencia no enchimento de grãos, sem alterar a estrutura básica da espiga, comportamento semelhante ao observado em 2023.

Diferente do ano anterior, a adubação na semeadura não apresentou efeito significativo sobre nenhuma das variáveis avaliadas, sugerindo que as condições de 2024 não favoreceram uma resposta clara ao fertilizante aplicado.

Pode-se entender melhor ao considerar as condições climáticas durante o ciclo da cultura. O milho do sistema Antecipe foi semeado em 19/02/2024, enquanto o milho

pós-soja foi implantado em 06/03/2024. O gráfico climático de 2024 apresentado acima mostra que as chuvas foram mal distribuídas ao longo do ciclo, com precipitações concentradas em poucos eventos e períodos prolongados com baixa umidade no solo, característica da região de Botucatu-SP. Nesse contexto, o milho do sistema Antecipe pôde aproveitar melhor as primeiras chuvas, garantindo melhor emergência e estabelecimento inicial das plantas. Já o milho semeado após a soja foi implantado com atraso e em um momento de maior irregularidade hídrica, o que pode ter comprometido o uso eficiente dos fertilizantes aplicados e o desenvolvimento reprodutivo das plantas.

A temperatura também foi mais elevada em 2024, especialmente nas fases reprodutivas, o que pode ter favorecido o metabolismo e o enchimento dos grãos no sistema que teve melhor aproveitamento hídrico (Chen *et al.*, 2023), no caso, o Antecipe. Dessa forma, mesmo com a adubação sem efeito significativo, as plantas do sistema de cultivo mais precoce puderam expressar maior potencial produtivo.

A interação entre sistema de cultivo e adubação (S x A) também não foi significativa, o que reforça que os efeitos observados ocorreram de forma independente.

Tabela 11 - Estande final de plantas, diâmetro o colmo e umidade de grãos na colheita de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2024

	Estande Final	Diâmetro colmo	Umidade
	pl ha⁻¹	mm	%
<i>Sistema de cultivo do milho</i>			
Intercalar	55750 a	14,89 b	20,6 b
Após colheita da soja	48750 b	16,76 a	31,2 a
<i>Modo de Adubação</i>			
Lanço	53500 a	15,50 a	26,5 a
Incorporado	51000 a	16,15 a	25,2 a
Valor p	0,652471	0,2617974	0,447704

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

No ano agrícola de 2024, o sistema de cultivo intercalar novamente apresentou maior estande final de plantas em comparação ao sistema após a colheita da soja, comportamento que já havia sido observado no ano de 2023. É importante ressaltar que, em ambos os anos, a semeadora foi calibrada da mesma forma, buscando garantir a mesma população de plantas por hectare nos dois sistemas. Portanto, a

diferença no estande final não se deve a falhas de semeadura, mas sim às condições ambientais no momento da emergência das plantas.

Em ambos os anos, o milho do sistema Antecipe foi implantado mais cedo (27/02/23 e 19/02/24) e pôde aproveitar melhor as primeiras chuvas, garantindo emergência mais uniforme. Já o milho pós-soja, plantado após a colheita da soja (20/03/23 e 05/03/24), enfrentou condições de umidade menos favoráveis, o que pode ter comprometido seu estabelecimento inicial.

Não houve efeito significativo da forma de adubação (lanço ou incorporada) sobre nenhuma das variáveis, tanto em 2023 quanto em 2024.

4.3 Produtividade

4.3.1 Milho 2023

Tabela 12 -Número de fileiras, número de grãos por espiga, produtividade de grãos e massa de 100 grãos de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2023

	Fileiras	Grãos	Produtividade de grãos	Massa de 100 grãos
	nº espiga		kg ha ⁻¹	g
<i>Sistema de cultivo do milho</i>				
Intercalar	17,2 a	436 a	7322 a	29,8 a
Após colheita da soja	17,5 a	431 a	5493 b	25,8 b
<i>Adubação</i>				
Lanço	16,8 b	407 b	5769 b	27,3 b
Incorporado	17,9 a	460 a	7047 a	28,4 a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

De acordo com a tabela 10, observam-se os efeitos dos sistemas de cultivo e das formas de adubação sobre o número de fileiras por espiga, número de grãos por espiga, produtividade de grãos e massa de 100 grãos do milho segunda safra, no ano agrícola de 2023. O sistema de cultivo intercalar apresentou maior desempenho em todas as variáveis avaliadas, com destaque para a produtividade de grãos, que atingiu 7.322 kg ha⁻¹, superando significativamente o sistema convencional (plantio após a colheita da soja), cuja média foi de 5.493 kg ha⁻¹.

Ainda em relação ao sistema Antecipe, observou-se maior número de grãos por espiga e massa de 100 grãos, ambos significativamente superiores aos valores observados no plantio pós-soja. Para o número de fileiras por espiga, embora os valores tenham sido estatisticamente semelhantes entre os sistemas, é importante destacar que essa característica possui menor plasticidade fenotípica em comparação ao número de grãos por espiga, sendo menos influenciada pelas condições de cultivo.

Quanto à forma de adubação na semeadura, a adubação incorporada ao sulco proporcionou melhores resultados em comparação à adubação a lanço, com produtividade média de 7.047 kg ha⁻¹, contra 5.769 kg ha⁻¹ para o modo em lanço. Resultados do trabalho realizado por Pires *et al* (2022) sobre a influencia da fertilização do sistema vão de encontro com os dados aqui apresentados.

Resultados superiores também foram observados para o número de grãos por espiga (460 grãos) e número de fileiras (17,9) na adubação incorporada. Esses dados indicam que o posicionamento do fertilizante no sulco favoreceu a disponibilidade imediata de nutrientes para o sistema radicular das plântulas, promovendo maior potencial. Tais dados corroboram com Ahmed et al (2020) por A massa de 100 grãos também foi superior com adubação incorporada (28,4 g), embora a diferença, neste caso, tenha sido numericamente mais discreta.

4.3.2 Soja

Tabela 13 - Desdobramento da interação sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura referente a massa de 1000 grãos em plantas de soja semeada sob diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura realizado no milho segunda safra do ano anterior. Botucatu/SP, ano agrícola 2023/24

	Massa de 1000 grãos, g	
	Lanço	Incorporado
Intercalar	162,1 a	165,2 a
Após colheita	160,6 a	152,3 b

A massa de 1.000 grãos de soja na safra 2023/24 foi influenciada pela interação entre o sistema de cultivo e o modo de adubação adotado na cultura do milho segunda safra do ano anterior. No sistema intercalar, os valores de massa foram semelhantes entre as formas de adubação, com 162,1 g para aplicação a lanço e 165,2 g para a adubação incorporada, sem diferença estatística entre si. Já no sistema após a colheita da soja, a massa de 1.000 grãos foi significativamente menor na adubação incorporada (152,3 g) em comparação à aplicação a lanço (160,6 g), evidenciando

que a forma de aplicação do fertilizante pode interferir na qualidade do grão, a depender do sistema. Esses resultados sugerem que, no sistema intercalar, o ambiente mais favorável proporcionado pelo cultivo antecipado garantiu estabilidade na formação dos grãos, independentemente da forma de adubação. Por outro lado, no sistema após soja, a menor massa observada com adubação incorporada pode estar associada a um ambiente menos equilibrado, possivelmente influenciado por menor disponibilidade de nutrientes. A interação observada reforça que o desempenho agrônômico da soja é fortemente condicionado pelo histórico de manejo da área.

Tabela 14 - Número total de grãos e vagens em plantas de soja semeada sob diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura realizado no milho segunda safra do ano anterior. Botucatu/SP, ano agrícola 2023/24

	Grãos	Vagens
	nº planta ⁻¹	
<i>Sistema de cultivo do milho</i>		
Intercalar	124,6 a	54,8 a
Após colheita da soja	108,9 b	49,1 b
<i>Modo de Adubação</i>		
Lanço	112,3 b	49,9 b
Incorporado	121,1 a	53,9 a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

O número total de grãos e vagens por planta de soja foi significativamente influenciado tanto pelo sistema de cultivo quanto pelo modo de adubação. O sistema intercalar, implantado após o milho antecipado, apresentou superioridade nos dois componentes, com médias de 124,6 grãos e 54,8 vagens por planta, em comparação ao sistema após colheita da soja, que apresentou 108,9 grãos e 49,1 vagens por planta. Esses resultados indicam que o ambiente proporcionado pelo Sistema Antecipe favoreceu o maior acúmulo de estruturas reprodutivas na soja. Resultados semelhantes foi encontrado por Coelho *et al* (2023) e Balbinot *et al* (2023) com efeito do manejo anterior e métodos de adubação podem afetar positivamente a cultura da soja.

Em relação ao modo de adubação, a adubação incorporada proporcionou maior número de grãos (121,1) e vagens (53,9) por planta, superando a aplicação a lanço, que resultou em 112,3 grãos e 49,9 vagens. Esses dados reforçam os efeitos positivos da adição localizada de nutrientes no perfil do solo, especialmente em sistemas de

cultivo mais exigentes em termos de estrutura física e biológica (RAFAIN *et al.*, 2020). Quando analisados em conjunto com os dados de massa de 1.000 grãos e número de grãos por vagem, observa-se que a combinação entre o sistema intercalar e a adubação incorporada foi a mais eficiente para promover o maior potencial produtivo da soja.

Tabela 15 - Altura de plantas e altura de inserção da primeira vagem de plantas de soja semeada sob diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura realizado no milho segunda safra do ano anterior. Botucatu/SP, ano agrícola 2023/24

	Estande final	Produtividade de grãos
	nº ha⁻¹	kg ha⁻¹
<i>Sistema de cultivo do milho</i>		
Intercalar	197.000 b	3968 a
Após colheita da soja	213.333 a	3633 b
<i>Modo de Adubação</i>		
Lanço	207.000 a	3699 a
Incorporado	203.333 a	3903 a

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Na safra 2023/24, a produtividade de grãos da soja foi influenciada pelo sistema de cultivo adotado, mesmo diante de um estande final estatisticamente superior no sistema após colheita da soja (213.333 plantas ha⁻¹) em comparação ao intercalar (197.000 plantas ha⁻¹). Ainda assim, o Sistema Antecipe apresentou maior produtividade (3968 kg ha⁻¹), superando o sistema após soja (3633 kg ha⁻¹). Esse resultado evidencia que, apesar do menor estande, o ambiente proporcionado pelo cultivo antecipado foi mais favorável ao desenvolvimento reprodutivo e ao enchimento dos grãos, refletindo-se diretamente no rendimento final. Esse comportamento reforça os resultados observados nos demais componentes de rendimento, como maior número de grãos, maior número de vagens por planta e maior massa de mil grãos. Em relação ao modo de adubação, não houve diferença significativa para o estande final, mas a produtividade foi numericamente superior na adubação incorporada (3903 kg ha⁻¹) em comparação à aplicação a lanço (3699 kg ha⁻¹), embora sem diferença estatística entre os tratamentos, na prática, esses valores expressam diferenças de produtividade consideráveis.

4.3.3 Milho 2024

Tabela 16 - Número de fileiras, número de grãos por espiga, produtividade de grãos e massa de 100 grãos de milho segunda safra em diferentes sistemas de cultivo e modos de adubação de semeadura. Botucatu/SP, ano agrícola 2024

	Fileiras	Grãos	Produtividade de grãos	Massa de 100 grãos
	nº espiga		kg ha ⁻¹	g
<i>Sistema de cultivo do milho</i>				
Intercalar	15 a	495 a	3336 a	19,06 b
Após colheita da soja	14 a	371 b	2179 b	28,95 a
<i>Adubação</i>				
Lanço	15 a	431 a	2775 a	24,53 a
Incorporado	15 a	435 a	2740 a	23,48 a
Valor p	0,51314	0,703528	0,96995	0,912979

Médias seguidas por mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5%

Na safra 2023/24, o sistema de cultivo exerceu influência significativa sobre os principais componentes de rendimento e a produtividade de grãos do milho segunda safra. O sistema intercalar apresentou maior número de grãos por espiga (495), maior produtividade (3.336 kg ha⁻¹) e menor massa de 100 grãos (19,06 g) em comparação ao sistema após a colheita da soja, que registrou 371 grãos por espiga, 2.179 kg ha⁻¹ de produtividade e maior massa de 100 grãos (28,95 g). O número de fileiras por espiga, entretanto, foi semelhante entre os sistemas, não apresentando diferença significativa.

A maior produtividade no sistema intercalar está diretamente associada à melhor condição ambiental no momento da implantação (plantio em 19/02/2024), com melhor aproveitamento das chuvas iniciais, maior acúmulo de graus-dia e colheita em condições mais secas, fatores já discutidos em análises anteriores. Já o milho semeado após a soja (05/03/2024) enfrentou condições menos favoráveis ao longo do ciclo, com menor acúmulo térmico e colheita sob maior umidade, o que pode ter limitado o enchimento de grãos, reduzindo o número total por espiga e a produtividade.

Quanto ao modo de adubação, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos a lanço e incorporado para nenhuma das variáveis analisadas. Ambas as estratégias resultaram em produtividades similares (2.775 e 2.740 kg ha⁻¹, respectivamente), com valores próximos também para número de grãos, fileiras e massa de 100 grãos.

5 CONCLUSÕES

O sistema Antecipe apresentou desempenho superior ao plantio pós-soja, com maior produtividade do milho devido ao melhor estande de plantas, maior altura de inserção da espiga e maior número de grãos por espiga. A antecipação do plantio permitiu melhor aproveitamento das chuvas e temperaturas favoráveis, além de otimizar o momento da adubação de cobertura.

A adubação no sulco, embora tenha tido efeitos pontuais no milho, influenciou positivamente o desenvolvimento da soja semeada na sequência, resultando em plantas mais altas e com maior inserção da primeira vagem.

A interação entre sistema de cultivo e adubação foi limitada, indicando que os efeitos ocorreram principalmente de forma independente. O sistema Antecipe, especialmente quando associado à adubação no sulco, mostrou-se uma alternativa viável e eficiente para o milho segunda safra em Botucatu-SP, com benefícios também para a cultura da soja.

Notas do autor: Em termos operacionais, no decorrer da implantação dos experimentos, notou-se grande dificuldade na implantação do sistema antecipe nas entrelinhas da soja com o espaçamento de 50 centímetros de distância entre linhas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, L. M.; GUISCHEM, J. M. Graus-dia estimado com diferentes valores de temperatura base na cultura do milho. **XXIV Congresso Nacional de Milho e Sorgo** - 01 a 05 de setembro de 2002 - Florianópolis - SC (Zea mays L.). Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/485715/1/Grausdia.pdf>. Acesso em: 27 jan. 2025.

Ali, S., Haq, Z., & Malik, A. Resposta dos parâmetros de produtividade do milho a diferentes espaçamentos entre fileiras e métodos de semeadura. **Revista Internacional de Engenharia**. 2020; 7. <https://doi.org/10.34259/ijew.20.710379383> .

Ahmed, A., Aftab, S., Hussain, S., Cheema, H., Liu, W., Yang, F., & Yang, W. Avaliação da Acumulação e Distribuição de Nutrientes em Resposta à Aplicação de Potássio no Sistema de Consórcio Milho-Soja. **Agronomia**. 2020 <https://doi.org/10.3390/agronomy10050725> .

ANDRADE, F.H. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Research**, v.41, p.1-12, 1995.

ARGENTA, G. et al. Resposta de híbridos simples à redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.

Balbinot, A., Coelho, A., Sangoi, L., Debiasi, H., & Franchini, J. Soybean-Maize Off-season Double Cropping System as Affected by Maize Intercropping with Ruzigrass and Nitrogen Rate. **International Journal of Plant Production**. 2023; 17. <https://doi.org/10.1007/s42106-023-00267-y>

Blandino, M., Battisti, M., Vanara, F., & Reyneri, A. Efeito sinérgico da fertilização inicial com nitrogênio e fósforo em faixas subsuperficiais na semeadura sobre o vigor inicial, a produtividade de grãos e a qualidade do milho. **Revista Europeia de Agronomia**. 2022 <https://doi.org/10.1016/j.eja.2022.126509> .

BALDONI, A. B. et al. Manejo do solo na cultura do milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 18, n. 2, p. 239-246, 2019.

BECKER, H.C.; LÉON, J. Stability analysis in plant breeding. **Plant Breeding**, v.101, p.1-23, 1988.

Cavalcante, L. F., et al. (2016). Adubação nitrogenada de milho em sistema plantio direto com diferentes estratégias de aplicação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 51(11), 1934- 1944.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. **Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo?** Piracicaba: POTAFOS, 2003. 12 p. Encarte do Informações Agronômicas, n. 101, mar. 2003.

Crusciol, C.A.C., Soratto, R.P., and Lima, G.P.P. (2018). **Nutrient management for the maize-soybean double cropping system in Brazil**. In Handbook of Climate Change and Agroecosystems: Impacts, Adaptation, and Mitigation (pp. 535-549). CRC Press.
DOI: 10.1590/S0100-06832011000300022.

Chen, J., Ren, B., Bin, Z., Liu, P., & Zhang, J. O ambiente, especialmente a temperatura mínima, afeta a produtividade de grãos de milho no verão através da regulação da diferenciação da espiga e do desenvolvimento dos grãos. **Journal of Integrative Agriculture**. 2023 <https://doi.org/10.1016/j.jia.2023.06.034> .

De Lima Silva, H., Silva, A., Silva, J., De Souza Silva, E., Neto, J., Soares, M., Da Silva, C., & Mielezrski, F. Maize Yield Under Fertilization With Bio-Stimulants, Sulfur, and Zinc in the State of Paraíba, Brazil. **Jornal de Ciência Animal**. 2021; 9. <https://doi.org/10.5296/jas.v9i2.18529> .

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FANCELLI, A.L. **MILHO**: produção e produtividade. 2 ed. Piracicaba: USP /ESALQ/LPV, 2011.176p.

Farooq, M., et al. (2017). Foliar fertilization: A potential approach for supplemental nutrient supply in cereal crops. **International Journal of Agriculture and Biology**, 19(4), 787-794.

FEHR, W. R.; CAVINESS, C. E. **Stages of soybean development**. Ames: State University of Science and Technology, 1977.. 11p. (Special report, 80).

Ferreira, A. C., et al. (2018). Produtividade de milho e propriedades do solo sob adubação no sulco de plantio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 22(11), 793- 798.

FIGUEIREDO, P.G. et al. Desempenho de híbridos de milho precoce em Mato Grosso do Sul, 2009. In: 10o Seminário Nacional do Milho Safrinha, Rio Verde, 2011, **Anais ...**, Rio Verde: EMBRAPA:CNPS, p.328-334.

Freiling, M., Von Tucher, S., & Schmidhalter, U. Factors influencing phosphorus placement and effects on yield and yield parameters: A meta-analysis. **Soil and Tillage Research**. 2022 <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105257>.

FORSTHOFER, E.L. Desempenho agrônomo e econômico do milho em diferentes níveis de manejo e épocas de semeadura. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.3, p.399- 407, 2006.

GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. **Physiology of crop plants**. 2ªed. Ames, Iowa State University Press, 1985, 327p.

HENZ, F. M; ROSA, H. A. Produtividade da soja após cultivo de plantas de cobertura de inverno. **Cultivando o Saber**, Cascavel, v. ed. esp., p. 204-212, 2017. ISSN 2175-2214. Disponível em: https://www.fag.edu.br/upload/revista/cultivando_o_saber/5a381350bbb1c.pdf. Acesso em: 3 fev. 2024.

KARAM, D.; Borghi, e.; Magalhães, p. C.; Paes, m. C. D.; pereira filho, i. A.; Mantovani, e. C.; Souza, t. C. De; adegas, f. S. **Antecipe: cultivo intercalar antecipado**. Brasília, DF: Embrapa, 2020. 105 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1126609>

Khan, M. A., et al. (2019). Plant growth-promoting rhizobacteria and their applications in maize cultivation: A review. **Journal of Plant Growth Regulation**, 38(3), 986-1006.

Kiehl, J. D., et al. (2019). Seed quality and plant development of corn sowed at different speeds in a second crop system. **Journal of Agricultural Science**, 11(14), 383-391.

Kumdee, O., Molla, M., Kanavittaya, K., Romkaew, J., Sarobol, E., & Nakasathien, S. Respostas morfofisiológicas e bioquímicas de híbridos de milho sob estresse hídrico recorrente no estágio vegetativo inicial. **Agricultura**. 2023 <https://doi.org/10.3390/agriculture13091795>

Kumar, R., et al. (2020). Organic and inorganic sources of nutrient management for maize (*Zea mays* L.) in India: A review. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, 9(4), 3654-3669.

MAGALHÃES, P.C. et al. **Fisiologia do milho**. Circular Técnica 22. 1a Ed: Sete Lagoas, 2002. 23p

Machado, I., De Pontes, F., De Souza Silveira, M., Lobo, A., Siqueira, M., Fritsche-Neto, R., & DoVale, J. Revelando respostas em estágio inicial de características sensíveis ao estresse hídrico em milho tropical: um estudo de caracterização de um painel público. **Euphytica**. 2024 <https://doi.org/10.1007/s10681-024-03448-6> .

Malavolta Jr, V. A., et al. (2021). Biofertilizers and their potential to increase maize yield: A review. **Plant and Soil**, 466(1-2), 43-60.

MUCHOW, R. C. Comparative productivity of maize, sorghum and pearl millet in a semi-arid tropical environment. II. Effect of water deficits. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 20, p. 207-219, 1989.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA, P.R.F.da. **Manejo da cultura do milho para alto rendimento de grãos**. Porto Alegre: Departamento de Plantas de Lavoura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul: Evangraf, 41p., 2005.

NASCIMENTO, M.N. et al. Produtividade de genótipos de milho em resposta à épocas de semeadura. **Revista Ceres**, Viçosa, v.58, n.2, p. 193-201, 2011.

NUNES, R. de S.; SOUSA, D. M. G. de; GOEDERT, W. J.; VIVALDI, L. J. Distribuição de fósforo no solo em razão do sistema de cultivo e manejo da adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 35, n. 3, p. 877-888, 2011.

OLIVEIRA, F. F. et al. Adubação nitrogenada em milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 18, n. 3, p. 499-506, 2019.

Owusu-Gyimah, V., Nyatuame, M., Ampaw, F., & Ampadu, P. Efeito da profundidade e da distância de aplicação do fertilizante NPK 15-15-15 no desempenho e na produtividade da planta de milho. **Revista Internacional de Agronomia e Produção Vegetal**. 2013; 4.

PIMENTEL, C. S. et al. Cultivares de milho safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 19, n. 2, p. 147-154, 2020.

PINTO, P. H. A.; VELLANO, J. R.; VELLANO, J. R.; CERON, M. S.; VELLANO, J. R.; GARCIA, J. A. D.; VELLANO, J. R.; VELLANO, J. R.; DIAS, R. L.; VELLANO, J. R.; MUNIZ, H. C. M.; SILVA, N. C. D. Efeito da densidade e época de plantio do milho na qualidade nutricional e digestibilidade da silagem: uma revisão bibliográfica. In: **Ciência Animal e Veterinária: inovações e tendências**. Vol. 2. Editora Científica Digital, 2022. ISBN 978-65-5360-123-9. Disponível em: <https://downloads.editoracientifica.com.br/articles/220408604.pdf>. Acessado em 15 de Agosto. 2024.

Pires, G., De Oliveira Denardin, L., Silva, L., De Freitas, C., Gonçalves, E., De Camargo, T., Bremm, C., De Faccio Carvalho, P., & De Souza, E. A fertilização sistêmica aumenta a produtividade da soja por meio de melhorias na qualidade do solo em um sistema integrado lavoura-pecuária em solos tropicais. **Jornal de Ciência do Solo e Nutrição de Plantas**. 2022; 22. <https://doi.org/10.1007/s42729-022-01050-0>.

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. **Antecipação da aplicação de nitrogênio em milho**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 1999. 3 p. (Embrapa Trigo. Pesquisa em Andamento Online, 1). Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/p_pa01.htm. Acesso em: 1 fev. 2024

Rafain, E., Gubian, J., Rosa, D., & Nunes, A. CORRELATION BETWEEN SOWING AND FERTILIZER APPLICATION SYSTEMS AND WEEDS IN SOYBEAN CROPS. **Revista Caatinga**. 2020 <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n201rc>.

QUIESSI, J. **Rendimento de grãos e características agronômicas da cultura do milho (*Zea mays* L.) em função de cultivares e épocas de semeadura**. Botucatu, 1999. 84 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

Rizzardi, M. A., et al. (2020). Adubação no sulco e produtividade de milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 44, e0190032.

SANTOS, A. C. M. dos; CARNEIRO, J. S. S.; LEITE, R. da C; SILVA, R. da. Adubação fosfatada com fertilizante Basiduo® na cultura da soja no oeste da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 5, p. 1452-1460, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Altura-de-plantas-AP-e-altura-de-insercao-de-primeira-vagem-AIPV-de-plantas_fig1_282532728. Acesso em: 01 mar. 2025.

SEVERO, I. K. **Híbridos de milho para silagem em diferentes densidades populacionais na safra e safrinha**. 2021. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2021.

Sharma, R., Dhillon, J., Oglesby, C., Gajula, P., Bheemanahalli, R., Li, X., Cox, M., Reed, V., & Reddy, K. Resposta do milho a múltiplas doses de nitrogênio e enxofre. **Field Crops Research**. 2024 <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109625>.

Sharifi, S., Shi, S., Obaid, H., Dong, X., & He, X. Efeitos diferenciais das taxas de fertilização com nitrogênio e fósforo e métodos de colocação de fertilizantes sobre acúmulos de P em milho. **Plantas**. 2024; 13. <https://doi.org/10.3390/plants13131778>.

SHIOGA, P.S et al. **Avaliação Estadual de Cultivares de Milho Safrinha**. 1a Ed. Londrina: IAPAR, 2011. 78p.

Silva, A., & Buso, W. APPLICATION OF DIFFERENT SOURCES AND DOSES OF BORON IN THE CORN CROP. . 2020; 7. <https://doi.org/10.32404/rean.v7i4.4464>.

SILVA, R. R.; FERREIRA, E. P. B.; COSTA, K. A. P. Efeito da adubação fosfatada na altura de plantas e na altura de inserção da primeira vagem em soja. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 66, n. 3, p. 312-319, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rca/a/JqhdxrjgVRyxtpnGhsDfNRh/?lang=pt>. Acesso em: 3 fev. 2025.

SILVA, C.J. da **Influência de estresses abióticos na fase reprodutiva do milho**. 133 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2005.

Silva, T. O., et al. (2018). Nutrição mineral do milho em função da adubação nitrogenada. **Enciclopédia Biosfera**, 15(28), 88-102.

Soratto, R.P., Crusciol, C.A.C., and Lima, G.P.P. (2014). **Adubação nitrogenada e potássica na cultura do milho safrá**.

SOUZA, D. M. G. de; REIN, T. A.; SANTOS JÚNIOR, J. de D. G. dos. **Manejo da adubação fosfatada para culturas anuais no cerrado**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2016. 10 p. (Embrapa Cerrados. Circular Técnica, 33)

Souza, E. D., et al. (2017). Adubação nitrogenada no sulco de plantio do milho em sistema plantio direto. Semina: **Ciências Agrárias**, 38(3), 1291-1300.

STONE, P.J.; SORENSEN, I.B.; JAMIESON, P.D. Effect of soil temperature on phenology, canopy development, biomass and yield of maize in a cool-temperate climate. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.63, p.169-178, 1999.

TOLLENAAR, M.; AGUILERA, A. Radiation use efficiency of an old and new maize hybrid. **Agronomy Journal**, Madison, v. 84, n.3, p. 536-541, 1992.

VON PINHO, R.G. et al. Produtividade e qualidade da silagem de milho e sorgo em função da época de semeadura. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.2, p.235-245, 2007.
WAGNER, A.; CARVALHO, J. G.; SILVA, R. P.; MARTINS, E. Avaliação do ciclo fenológico da cultura do milho em função da soma térmica em Guarapuava, Sul do Brasil. **Pesquisa aplicada & Agrotecnologia** v. 4, n. 1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/307661766_Avaliacao_do_ciclo_fenologico_da_cultura_do_milho_em_funcao_da_soma_termica_em_Guarapuava_Sul_do_Brasil/fulltext/57ce9dfe08ae582e06934647/Avaliacao-do-ciclo-fenologico-da-cultura-do-milho-em-funcao-da-soma-termica-em-Guarapuava-Sul-do-Brasil.pdf. Acesso em: 27 jan. 2025.

WEIRICH NETO, P.H.; FORNARI, A.J.; JUSTINO, A.; GARCIA, L.C. Qualidade na semeadura do milho. **Engenharia Agrícola**, v.35, n.1, p.171-179, 2015

WERMUTH, A. M.; BERTÓ, J. J.; GRELLMANN, M. J.; SORDI, A.; CERICATO, A.; BEDUSCHI, E. F. S.; REIS, C. Z. **Desempenho produtivo e econômico de híbridos de milho** (*Zea mays* L.) submetido a diferentes épocas de semeadura. Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste, 2022. Disponível em: <<https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/30467/17433>>. Acessado em 12 de Maio de 2024.

Zafar, M. A., et al. (2019). Effect of foliar application of micronutrients on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) under different planting methods. **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, 56(4), 1089-1096.

WERMUTH, A. M.; BERTÓ, J. J.; GRELLMANN, M. J.; SORDI, A.; CERICATO, A.; BEDUSCHI, E. F. S.; REIS, C. Z. **Desempenho produtivo e econômico de híbridos de milho** (*Zea mays* L.) submetido a diferentes épocas de semeadura. Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste, 2022. Disponível em: <

<https://periodicos.unoesc.edu.br/apeusmo/article/view/30467/17433>>. Acessado em 12 de Maio de 2024.