



LARA NASCIMENTO GUIMARÃES

**SISTEMA ANTECIPE PARA A ESTABILIDADE DE
PRODUÇÃO DE CULTURAS**

**LAVRAS – MG
2026**

LARA NASCIMENTO GUIMARÃES

**SISTEMA ANTECIPE PARA A ESTABILIDADE DE
PRODUÇÃO DE CULTURAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Doutor.

Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves
Orientador

Dr. Décio Karam
Coorientador

**LAVRAS – MG
2026**

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

Guimarães, Lara Nascimento.

Sistema antecipe para a estabilidade de produção de culturas/
Lara Nascimento Guimarães. - 2026.
76 p. : il.

Orientador: Adenilson Henrique
Gonçalves Coorientador: Décio
Karam

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2025.
Bibliografia.

1. Sistema de cultivo antecipado. 2. Sistema intercalar. 3.
Segunda safra. I. Gonçalves, Adenilson Henrique. II. Karam,
Décio. III. Universidade Federal de Lavras. IV. Título.

LARA NASCIMENTO GUIMARÃES

**SISTEMA ANTECIPE PARA A ESTABILIDADE DE PRODUÇÃO DE
CULTURAS**

ANTICIPATE SYSTEM FOR CROP PRODUCTION STABILITY

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do Título de Doutor.

Adenilson Henrique Gonçalves UFLA

Amilton Ferreira da Silva UFSJ

Décio Karam

Embra

pa

Pedro Maranhã Peche UFLA

Rodrigo Viera da Silva IFGoiano-*Campus* Morrinhos

Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves
Orientador

Dr. Décio Karam
Coorientador

**LAVRAS – MG
2026**

Dedico este trabalho de pesquisa aos meus amados pais, às minhas queridas irmãs Nathália e Juliana e ao meu companheiro de vida Eduardo Tavares. A força, o amor e o apoio incondicional que recebi de vocês foram imprescindíveis nos momentos mais desafiadores. Sou imensamente grata e levo cada um de vocês no coração em cada conquista deste caminho.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho.

Aos meus pais, César Tales Guimarães da Silva e Najla Nascimento Guimarães, à minha irmã, Nathália Nascimento Guimarães, e ao meu namorado, Eduardo Tavares, que me incentivaram nos momentos difíceis e compreenderam a minha ausência enquanto eu me dedicava à realização deste trabalho.

À Universidade Federal de Lavras, que me recebeu de braços abertos desde o mestrado até o presente momento. Ao Departamento de Agricultura e ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, pela oportunidade de realizar o mestrado e, agora, concluir o doutorado, encerrando este ciclo acadêmico.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos, que me possibilitou dedicar-me integralmente às atividades da pós-graduação. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Adenilson Henrique Gonçalves, pelos conselhos e ensinamentos; ao meu coorientador, Dr. Décio Karam, por sua orientação impar, ajuda, dedicação e persistência na condução dos projetos de pesquisa; ao Emerson Borghi, Isabela Goulart, pelo auxílio nas etapas práticas e intelectuais dos trabalhos. Aos meus colegas do Laboratório de Plantas Daninhas da Embrapa Milho e Sorgo que colaboraram nos projetos de pesquisa.

Aos membros da banca Décio Karam, Rodrigo Vieira da Silva, Pedro Maranhã Peche, Amilton Ferreira da Silva e aos suplentes Cícero José da Silva e Guilherme Vieira Pimentel, por aceitarem o convite e contribuírem com este trabalho.

Muito obrigada!

“Persista e insista, mas nunca desista, pois um dia você conquista” (Wiz Khalifa)

RESUMO

A agricultura brasileira, caracterizada pela elevada complexidade produtiva e pela forte relevância econômica, enfrenta crescente instabilidade decorrente das mudanças climáticas, déficit hídrico, irregularidade das chuvas e aumento das temperaturas extremas. Nesse cenário, torna-se essencial adotar sistemas de produção mais resilientes, como cultivos consorciados e intensificados, que se apresentam como estratégias para mitigar riscos e promover a sustentabilidade agrícola. Entre essas tecnologias, destaca-se o Sistema Antecipe, desenvolvido pela Embrapa, como alternativa inovadora para reduzir o risco climático na produção de milho e sorgo na segunda safra. O sistema consiste na semeadura intercalar antecipada desses cereais nas entrelinhas da soja ainda em fase reprodutiva, permitindo que a segunda safra seja semeada dentro da janela ideal preconizada no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). O presente trabalho teve como objetivo avaliar o impacto na produtividade da soja decorrente do tráfego da semeadora-adubadora do Sistema Antecipe durante a semeadura antecipada, e verificar o desempenho agrônômico do milho e do sorgo no cultivo antecipado. A adoção de práticas agrícolas como Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Sistemas Agroflorestais (SAFs), Sistema Plantio Direto (SPD) e cultivos consorciados fortalece a resiliência dos sistemas produtivos frente aos fatores climáticos. Além disso, a adoção da implementação do cultivo antecipado pelo Sistema Antecipe, aliado ao uso do ZARC para definição do período com menor risco climático, configura-se como estratégia para uma agricultura mais eficiente, rentável e sustentável. Os resultados evidenciam que o Sistema Antecipe aumenta a produtividade do milho e sorgo ao aproveitar o período de maior precipitação durante o desenvolvimento destas culturas, em comparação ao cultivo pós-soja, realizado sob maior risco climático. Além disso, o tráfego da semeadora-adubadora, do Sistema Antecipe, nas entrelinhas da soja não compromete sua produtividade. A adoção dessa prática em sinergia com outras tecnologias agrícolas que potencializam seus benefícios, promove uma agricultura voltada não apenas para a produtividade, mas também para a sustentabilidade de longo prazo.

Palavras-chave: cultivo intercalar; sistemas de produção, risco climático, Sistema Antecipe

ABSTRACT

Brazilian agriculture, characterized by its high productive complexity and strong economic relevance, faces increasing instability resulting from climate change, water deficit, irregular rainfall, and rising extreme temperatures. In this context, it becomes essential to adopt more resilient production systems, such as intercropped and intensified cropping, which serve as strategies to mitigate risks and promote agricultural sustainability. Among these technologies, the Antecipe System, developed by Embrapa, stands out as an innovative alternative to reduce climate risk in second-season maize and sorghum production. The system consists of the early inter-row sowing of these cereals into soybean crops still in the reproductive stage, allowing the second crop to be sown within the ideal window recommended by the Agricultural Zoning for Climate Risk (ZARC). This study aimed to evaluate the impact on soybean yield resulting from the traffic of the Antecipe System's seeder-fertilizer during early sowing, and to assess the agronomic performance of maize and sorghum under early cultivation. The adoption of agricultural practices such as Crop-Livestock-Forest Integration (ILPF), Agroforestry Systems (SAFs), No-Till System (SPD), and intercropped cultivation strengthens the resilience of production systems in the face of climatic factors. Furthermore, the implementation of early cultivation through the Antecipe System, combined with the use of ZARC to define periods of lower climate risk, represents a strategy for more efficient, profitable, and sustainable agriculture. The results show that the Antecipe System increases maize and sorghum productivity by taking advantage of higher rainfall during crop development, compared to post-soybean cultivation, which is carried out under greater climate risk. In addition, the traffic of the Antecipe System's seeder-fertilizer between soybean rows does not compromise soybean yield. The adoption of this practice, in synergy with other agricultural technologies that enhance its benefits, promotes an agriculture focused not only on productivity but also on long-term sustainability.

Keywords: intercropped cultivation; production systems; climate risk; Antecipe System

INDICADORES DE IMPACTO

O presente estudo teve como objetivo avaliar o Sistema Antecipe como estratégia tecnológica para a mitigação do risco climático e a estabilização da produção de milho e sorgo na segunda safra, sem comprometer a produtividade da soja, contribuindo para sistemas agrícolas mais resilientes, eficientes e sustentáveis. Os resultados demonstram impacto tecnológico direto, ao validar uma inovação desenvolvida pela Embrapa que permite a semeadura intercalar antecipada de cereais ainda durante o ciclo reprodutivo da soja, mantendo sua produtividade e ampliando a eficiência do uso da janela climática favorável definida pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Esse avanço tecnológico promove impacto econômico relevante, ao reduzir perdas produtivas associadas ao déficit hídrico e ao atraso de plantio da safrinha, aumentando a estabilidade de renda dos produtores e potencializando o uso da infraestrutura agrícola já existente, com ganhos diretos de produtividade do milho e do sorgo quando comparados ao cultivo convencional pós-soja. No âmbito social, os impactos são observados de forma indireta e potencial, ao favorecer a segurança alimentar, a previsibilidade produtiva e a sustentabilidade econômica de propriedades rurais, especialmente em regiões produtoras de grãos do Cerrado brasileiro, onde predominam médios e grandes produtores fortemente dependentes da segunda safra. O estudo apresenta caráter extensionista ao dialogar diretamente com demandas do setor produtivo, envolvendo parcerias institucionais com a Embrapa Milho e Sorgo e contribuindo para a difusão de tecnologias agrícolas aplicáveis em escala comercial, beneficiando produtores rurais, técnicos e agentes de assistência técnica. O território impactado compreende regiões agrícolas sujeitas à elevada variabilidade climática, com potencial de adoção nacional, especialmente em sistemas de sucessão soja–milho e soja–sorgo. Os impactos do trabalho enquadram-se principalmente nas áreas temáticas de meio ambiente, tecnologia e produção, trabalho e educação, ao promover o uso racional dos recursos naturais, inovação tecnológica no campo e geração de conhecimento aplicado. Ademais, os resultados estão alinhados aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente aos ODS 2 (Fome Zero e Agricultura Sustentável), ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima), ao fortalecer sistemas produtivos mais adaptados às mudanças climáticas e orientados à sustentabilidade de longo prazo.

IMPACT INDICATORS

The present study aimed to evaluate the Anticipate System as a technological strategy for mitigating climate risk and stabilizing corn and sorghum production in the second harvest, without compromising soybean productivity, contributing to more resilient, efficient and sustainable agricultural systems. The results demonstrate a direct technological impact, by validating an innovation developed by Embrapa that allows the early intercropping of cereals during the soybean reproductive cycle, maintaining its productivity and increasing the efficiency of the use of the favorable climate window defined by the Agricultural Climate Risk Zoning (ZARC). This technological advance promotes a relevant economic impact, by reducing productive losses associated with water deficit and the delay in planting the off-season, increasing the income stability of producers and enhancing the use of existing agricultural infrastructure, with direct gains in productivity of corn and sorghum when compared to conventional post-soybean cultivation. In the social sphere, the impacts are observed indirectly and potentially, by favoring food security, productive predictability and economic sustainability of rural properties, especially in grain-producing regions of the Brazilian Cerrado, where medium and large producers strongly dependent on the second crop predominate. The study has an extensionist character by dialoguing directly with demands of the productive sector, involving institutional partnerships with Embrapa Maize and Sorghum and contributing to the diffusion of agricultural technologies applicable on a commercial scale, benefiting rural producers, technicians and technical assistance agents. The impacted territory comprises agricultural regions subject to high climatic variability, with potential for national adoption, especially in soybean-corn and soybean-sorghum succession systems. The impacts of the work are mainly framed in the thematic areas of environment, technology and production, work and education, by promoting the rational use of natural resources, technological innovation in the field and generation of applied knowledge. In addition, the results are aligned with the UN Sustainable Development Goals, especially SDG 2 (Zero Hunger and Sustainable Agriculture), SDG 8 (Decent Work and Economic Growth), SDG 9 (Industry, Innovation and Infrastructure), SDG 12 (Responsible Consumption and Production) and SDG 13 (Action Against Global Climate Change), by strengthening production systems that are more adapted to climate change and oriented towards long-term sustainability.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE.....	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 Soja	15
2.2 Milho.....	16
2.3 Sorgo	17
2.4 Sistema Antecipe	17
3 REFERÊNCIAS	18
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*	23
A importância das práticas agrícolas para estabilidade de produção e resiliência de sistemas agrícolas.....	24
Sistema Antecipe com milho e sorgo: Impacto na produtividade da soja e sustentabilidade dos cultivos intercalares	55
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	81

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO

A dimensão e a complexidade da agricultura brasileira está além do conceito da atividade que mantém o PIB, a agricultura é uma força estratégica na balança comercial de forma a garantir a segurança alimentar global. A premissa da agricultura brasileira é embasada na intensificação sustentável, buscando conciliar o aumento da produtividade com a responsabilidade ambiental. Contudo, o cenário atual impõe desafios frente ao ambiente de cultivo devido a crise climática e a frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. A variabilidade na distribuição das chuvas, períodos de estiagem prolongada e o aumento das temperaturas médias e extremas não são mais projeções, mas sim realidades que exercem pressão contínua sobre a capacidade produtiva dos sistemas agrícolas, exigindo da Fitotecnia uma resposta urgente e inovadora para sustentar a longevidade da atividade (Singh, 2017).

Diante dessa instabilidade, a resiliência das culturas se torna uma solução na pesquisa agrícola, com o objetivo de manter a produtividade estimada mesmo quando submetidas a intemperies climáticos. A busca por elevada produtividade não é o suficiente, é necessário priorizar sistemas de cultivo que sejam capazes de absorver choques ambientais e econômicos. Nesse sentido, as práticas de agricultura conservacionista, como o Sistema de Plantio Direto (SPD), fornecem a base estrutural para essa resiliência, assim como a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), sistema de cultivo antecipado (Antecipe) e os sistemas de diversificação de culturas que criam sinergias para melhorar a saúde do solo, aumentam o acúmulo de carbono e otimizam a ciclagem de nutrientes, transformando a lavoura em um agroecossistema mais robusto e menos dependente de insumos externos (Manzatto., 2023; Kluthcouski *et al.*, 2000; Karam *et al.*, 2020).

Ademais, o sistema de cultivo definido pelos agricultores, leva em consideração não apenas a safra de inverno, como também, a safra do verão. A produção de grãos de segunda safra, popularmente conhecida como safrinha (milho e sorgo em sucessão à soja), é o sistema que mais sente o peso da vulnerabilidade climática. O plantio, realizado após a colheita da soja, muitas das vezes ocorre no final da janela segura delimitada pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Devido a isto, o plantio se estende para além de meados de março, e a fase reprodutiva que é crucial para a definição da produtividade (pendoamento e enchimento de grãos), coincidirá com a época de seca mais intensa e a queda brusca das temperaturas noturnas isto eleva o risco de perdas, levando o produtor a operar em uma margem de segurança estreita.

Devido a esta necessidade de mitigação de riscos e a busca por sistemas mais eficientes

que a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu o Sistema Antecipe, também conhecido como cultivo intercalar antecipado que visa solucionar a restrição temporal da safrinha. Esta tecnologia consiste na semeadura do milho ou sorgo nas entrelinhas da soja, ainda em fase reprodutiva (entre R6 e R7). Essa antecipação permite que o cereal tenha um maior proveito do período de precipitação vigente, umidade remanescente e a temperatura favorável do final do período chuvoso para estabelecer-se vigorosamente. Esse ganho de tempo e estratégico, permite que a cultura se desenvolva mais rapidamente e chegue à fase crítica de floração e enchimento de grãos com maior robustez (Karam *et al.*, 2020; Alvarenga *et al.*, 2024). Portanto, se faz necessário avaliar primeiramente se o tráfego do maquinário no momento da semeadura da segunda safra, afeta o desenvolvimento da soja, em seguida, avaliar se o cultivo antecipado da segunda safra (milho e sorgo) é favorecido pelo aproveitamento de precipitação ocorrentes neste período. O detalhamento do impacto do Sistema Antecipe nas variáveis de produtividade de ambas as culturas é essencial para embasar a sua recomendação técnica e consolidar um modelo de agricultura mais seguro e lucrativo para o produtor.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo principal avaliar o impacto do tráfego da semeadura do cultivo intercalar antecipado na produtividade da soja e a antecipação das culturas sorgo e milho utilizando o Sistema Antecipe.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Soja

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill), originária da China, onde foi domesticada, foi consolidada como commodity global no século XX devido principalmente ao seu perfil nutricional, sendo o grão com maior teor de proteína e óleo (Embrapa, 2021).

O cerne da importância econômica da soja está em sua composição: os grãos geralmente contêm cerca de 40% de proteína e 20% de óleo (Bruno *et al.*, 2015), o que resulta no processamento industrial do farelo de soja, que é a principal fonte de proteína vegetal utilizada na nutrição de aves, suínos e bovinos, e o do óleo de soja, largamente consumido na alimentação e convertido em biodiesel (Fontes, 2017).

A soja é uma legumina que possui ciclo anual, marcada por estádios vegetativos (V) e reprodutivos (R) sensíveis às condições ambientais. A maximização da produtividade está intimamente ligada à garantia de temperatura e disponibilidade hídrica adequadas, sobretudo nas fases de florescimento e enchimento de grãos (Taiz *et al.*, 2017). Contudo, um fator importante da cultura da soja a fixação biológica de nitrogênio (FBN), por ser o único mecanismo que supre

a maior parte da exigência nutricional da cultura. Esta simbiose, estabelecida com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, permite que a planta utilize o nitrogênio atmosférico (N₂), convertendo-o em amônia (NH₃) formando os nódulos radiculares. Este processo biológico é crucial, pois reduz a necessidade de adubação nitrogenada mineral, promovendo a sustentabilidade ambiental e a eficiência econômica da cultura (Hungria; Mendes, 2021).

Os desafios à produção são constantes e exigem a adoção de um manejo integrado rigoroso. Pragas de alta severidade, como a lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatalis*) e a mosca-branca (*Bemisia tabaci*), juntamente com doenças como a ferrugem asiática (*Phakopsora pachyrhizi*), justificam a aplicação de defensivos de forma estratégica e tornam o uso de cultivares geneticamente resistentes uma alternativa fundamental (Silva *et al.*, 2022). A pesquisa e o desenvolvimento tecnológico continuam sendo os alicerces para enfrentar os desafios fitossanitários e climáticos, garantindo a posição da soja como a cultura de maior relevância econômica no agronegócio.

2.2 Milho

O milho (*Zea mays* L.), pertencente à família Poaceae (antigamente denominada Gramineae), é um dos cereais de maior importância global, estima-se que tenha surgido há mais de 10 mil anos na região do México ou América Central (Magalhães; Souza, 2012). Esta cultura é amplamente cultivada em todo o mundo (Petrovic *et al.*, 2016). É uma cultura de destaque na alimentação humana e animal, além de ter aplicações industriais que abrangem desde a produção de combustíveis (etanol) até a fabricação de subprodutos (Embrapa, 2017).

Em nível mundial, a produção de milho supera um bilhão de toneladas, representando mais de 40% do total de grãos produzidos (Embrapa, 2017). O milho é uma planta monóica, com flores masculinas (pendão ou panícula) localizadas no ápice do colmo e flores femininas (espiga) nas axilas das folhas (Da Silva, 2021; Embrapa, 2017). Seu caule é um colmo ereto, geralmente não ramificado, que acumula sacarose (Embrapa, 2014).

Em termos de exigências, o milho é uma cultura que requer condições edafoclimáticas favoráveis para expressar o seu potencial produtivo, especialmente em relação à temperatura, precipitação e fotoperíodo (Embrapa, 2004). As temperaturas ótimas variam entre 24°C e 30°C durante o desenvolvimento vegetativo e floração (Embrapa, 2014). A cultura é muito sensível ao déficit hídrico, especialmente nas fases de iniciação floral, desenvolvimento da inflorescência, fertilização e enchimento dos grãos (Bergamaschi; *et al.*, 2004).

A produtividade da cultura está condicionada não apenas às condições edafoclimáticas,

mas também diretamente associada às práticas de manejo agrônomo, incluindo o uso de híbridos de alta performance, espaçamentos reduzidos entrelinhas e densidades de plantio ajustadas para cada cultivar (Embrapa., 2004).

2.3 Sorgo

O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) assim como o milho, pertence à família das Poaceae e apresenta grande versatilidade, com diferentes tipos que incluem o sorgo granífero, forrageiro, sacarino, vassoura e de fibra (Reis *et al.*, 2024; Duarte, 2021). No Brasil, o sorgo granífero constitui uma alternativa estratégica ao milho na alimentação animal, sendo cada vez mais utilizado na indústria de rações, por seu valor energético e pelo custo de produção mais competitivo (Duarte, 2021).

O sorgo é uma planta de dias curtos, o que significa que floresce em noites longas, sendo sensível ao fotoperíodo (Paula, 2016). A principal vantagem do sorgo é sua eficiência no uso da água, conferindo maior tolerância a variações térmicas moderadas e a condições de déficit hídrico. Isso o torna uma alternativa valiosa de cultivo em regiões com condições edafoclimáticas desfavoráveis, onde o cultivo de outros cereais como o milho poderia ser inviabilizado (Emater-MG, 2019). O sorgo possui um sistema radicular profundo e ramificado, que lhe confere maior eficiência na extração de água do solo (Emater-MG, 2019).

A alta capacidade de rebrota da cultura do sorgo permite a conservação ativa de seu sistema radicular, fator importante para o sorgo forrageiro ou de corte (França *et al.* 2017; Nascimento *et al.* 2020).

Assim como o milho, o sorgo requer atenção à fertilidade do solo e adubação, Os nutrientes de maior exigência são nitrogênio e potássio, seguidos por cálcio, o magnésio e o fósforo (Coelho., 2015). Esta cultura é uma alternativa estratégica por apresentar resiliência em seu desenvolvimento e por ser considerada de menor risco no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) (BRASIL, 2025).

2.4 Sistema Antecipe

O Sistema Antecipe (Cultivo Intercalar Antecipado) representa uma estratégia agroeconômica e tecnológica desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) com o intuito primordial de mitigar o risco climático associado à produção de culturas de segunda safra, como o milho e o sorgo, nas principais regiões produtoras de soja (Karam, 2020; Borghi *et al.*, 2021). A inovação central do Sistema Antecipe consiste na semeadura intercalar antecipada do milho ou sorgo nas entrelinhas da soja, o que permite a

antecipação da semeadura em até 20 dias antes da colheita da oleaginosa (Karam, 2020).

A operacionalização desta técnica ocorre quando a soja atinge os estádios fenológicos finais de enchimento de grãos, tipicamente entre R5 (início do enchimento) e da maturação fisiológica R7. Neste ponto do ciclo da soja, a senescência natural das folhas basais já se inicia, permitindo incidência de luz suficiente à germinação e o estabelecimento inicial das plântulas do cereal, sem comprometer a produtividade da oleaginosa (Borghetti *et al.*, 2021). Do ponto de vista agrônomo, esta antecipação possibilita que a cultura seja instalada dentro da janela de plantio recomendada pelo ZARC - Zoneamento Agrícola de Risco Climático, garantindo maior aproveitamento da precipitação e reduzindo os riscos nas fases críticas do cereal (Embrapa, 2020).

A viabilidade técnica do Antecipe depende intrinsecamente do uso de maquinário específico desenvolvido para esse sistema, com chassi elevado e design ajustado para trafegar com o mínimo de impacto nas entrelinhas da soja (Karam, 2020). Durante a colheita da soja, as plantas jovens de milho ou sorgo, que se encontram nos estádios iniciais de desenvolvimento (V4-V5), são cortadas pela plataforma da colhedora. No entanto, como o ponto de crescimento (meristema apical) permanece protegido abaixo do solo, essas plântulas conseguem se restabelecer e dar continuidade ao seu desenvolvimento (Karam, 2020). A adoção desse sistema de cultivo tem resultado em ganhos de produtividade quando comparado ao cultivo pós-soja realizado fora da janela de plantio recomendada por ZARC ou em períodos de maior risco climático (Karam *et al.*, 2023). Assim, o Sistema Antecipe consolida-se como uma ferramenta estratégica de aproveitamento do período chuvoso nas áreas cultivadas, contribuindo para a estabilização e potencialização da produção de grãos em sistemas de sucessão soja-cereal no Brasil.

3 REFERÊNCIAS

ALVARENGA, Ramon Costa; GONTIJO NETO, Miguel Marques; SANTANA, Derli Prudente; SILVEIRA, Márcia Cristina Teixeira da; BORGHI, Emerson. (eds.). **Quinze anos de integração lavoura pecuária e dez anos de integração lavoura pecuária floresta na Embrapa Milho e Sorgo**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. 345 p. ISBN 978-65-5467-046-3.

BERGAMASCHI, Homero; DALMAGO, Genei Antonio; BERGONCI, João Ito; BIANCHI, Cleusa Adriane Menegassi; MULLER, Artur Gustavo; COMIRAN, Flávia; HECKLER, Bruna Maria Machado. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa**

Agropecuária Brasileira, v. 39, n. 9, p. 831–839, 2004.

BORGHI, Emerson; KARAM, Décio; FOLONI, José Salvador Simonetto; MAGALHÃES, Paulo César; GARCIA, Rodrigo Arroyo. **Aspectos agronômicos da cultura da soja a serem considerados na implantação do cultivo intercalar antecipado – Antecipe**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021.

BRUNO, José Leonardo; SILVA, Helder Rodrigues da; MASSARO JUNIOR, Fernando Luiz; PRETE, Cássio Egidio Cavenaghi. Acúmulo de óleo em sementes de soja cultivadas *in vitro* e *in vivo*. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, n. 5, p. 3085–3096, 2015. DOI: <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2015v36n5p3085>.

COELHO, Antônio Marcos. **Manejo da fertilidade do solo, exigências nutricionais e adubação do sorgo granífero cultivado na safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. DOI: 10.13140/2.1.2914.3846.

SILVA, Davi Francisco; MELO, Pedro Henrique de; Santos, Girlene Cordeiro de Lima; FARIAS, Iasmin Myrele Santos Calaça de; PÁDUA, Guilherme Vinicius Gonçalves de; PEREIRA, Pedro Henrique Borba; SILVA, Francisco Edson da; BATISTA, Regiane Farias; SEVERINO, Gonzaga Neto; CABRAL, Ana Maria Duarte. Características morfológicas, melhoramento genético e densidade de plantio das culturas do sorgo e do milho: uma revisão. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 10, n. 3, e12310313172, 2021.

DUARTE, Naiara Lopes. **Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal da Grande Dourados. Disponível em: <https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/bitstream/prefix/4704/1/NaiaraLopesDuarte.pdf>.

EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **Cultura do sorgo**. 2019. Disponível em: <<https://www.emater.mg.gov.br/download.do?id=17023>>. Acesso em: 3 dez. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **A cultura do milho**. 2014. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/10804/1/Sebenta-milho.pdf>>.

Acesso em: 3 dez. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultivo do milho – plantio**. 2004. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>>. Acesso em: 3 dez. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul: safras 2017/2018 e 2018/2019**. Brasília, DF: Embrapa, 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1084535/1/MilhoeSorgo201728122017.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2025.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Antecipe diminui riscos de plantio para milho safrinha**. 2020. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57360395/sistema-antecipe-diminui-riscos-de-plantio-para-milho-safrinha>>.

FONTES, Amanda Vilaça. **Processo de industrialização da soja no Brasil**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Federal de Uberlândia, 2017.

FRANÇA, Ivonete Soares; SILVA, José Carlos Souza; LIMA, Paulo Queiroz. **A importância do sorgo na pecuária bovina leiteira no Brasil**. Nutritime Revista Eletrônica, Viçosa, v. 14, n. 1, p. 4964–4969, jan./fev. 2017.

HUNGRIA, Mariangela; MENDES, Ivanildo de Carvalho. **Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja: 200 anos de história, mitos e contribuições**. Londrina: Embrapa, 2021.

KARAM, Diones; BORGHI, Edivaldo; MAGALHÃES, Paulo César; PAES, Maria Cristina Dias; PEREIRA FILHO, Ivanildo de Araújo; MANTOVANI, Eduardo Caixeta; SOUZA, Thiago Corrêa de; ADEGAS, Fernando S. **Antecipe: cultivo intercalar antecipado**. 1. ed. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020.

KARAM, Diones; BORGHI, Edivaldo; SILVA, José Ricardo de Oliveira; GONÇALO, Tiago Pereira; FREITAS, Tatiane Gonçalves Rodrigues. **Cultivo intercalar antecipado de milho segunda safra nas entrelinhas da soja para condições de solos com fertilidade construída**

na região sudoeste do estado de Goiás. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2023.

KLUTHCOUSKI, João; FANCELLI, Antônio Luiz; DOURADO NETO, Durval; RIBEIRO, Cristina Maria; FERRARO, Luiz Antônio. **Manejo do solo e o rendimento de soja, milho, feijão e arroz em plantio direto.** Scientia Agricola, Piracicaba, v. 57, n. 1, p. 97–104, jan./mar. 2000. DOI: 10.1590/S0103-90162000000100016.

MAGALHÃES, Paulo César; SOUZA, Thiago Corrêa de. **Cultivo do milho.** Sistema de Produção Embrapa. 8. ed., 2012.

MANZATTO, Celso Vainer; ASSAD, Eduardo Delgado; MARSCHHAUSEN, Sibila Elisabeth; SANTOS, Daniel Gonçalves dos; LOEBMANN, Walter; SPINELLI, Luiz; VICENTE, Luiz Eduardo; SAMPAIO, Fernando; SOTTA, Eduardo D.; VICENTE, Ana Karina. **Contribuição do plantio direto para a mitigação e a adaptação às mudanças climáticas.** Agroanalysis, São Paulo, v. 43, n. 7, p. 22–27, jul. 2023. Disponível em: <<https://periodicos.fgv.br/agroanalysis/article/download/80850/77189/171127>>. Acesso em: 2 dez. 2025.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA. Portaria SPA/MAPA nº 125, de 08 de maio de 2025. **Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do sorgo granífero no estado de Minas Gerais, ano-safra 2025/2026.** Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 12 maio 2025.

NASCIMENTO, Raimundo Ribeiro; EDVAN, Raimundo Lázaro; FILHO, Pedro Miguel Jerônimo; RODRIGUES, José Anderson Silva; ARAÚJO, Nayara Jéssica; SILVA, André Luiz; NASCIMENTO, Kátia Silva; SANTOS, Cláudio Oliveira. **Identification of sorghum hybrids for silage production in the semiarid (BSh) region of Northeastern Brazil.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 41, n. 6, p. 2803–2814, nov./dez. 2020. DOI: 10.5433/1679-0359.2020v41n6p2803.

PAULA, Ana Daniela Martins de. **Desempenho agrônômico, bromatológico e estabilidade fenotípica de sorgo silageiro em Uberlândia – MG. 2016.** Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, 2016.

PETROVIC, Miloš; SOŠTARIĆ, Tamara; STOJANOVIC, Milan; MILOJKOVIC, Jelena; MIHAJLOVIC, Maja; STANOJEVIC, Marko; STANKOVIC, Sanja. **Removal of Pb²⁺ ions by raw corn silk (*Zea mays* L.) as a novel biosorbent.** *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, v. 58, p. 407–416, 2015.

REIS, Isabela Martins Dias; OLIVEIRA, Isabela Cristina Martins; QUEIROZ, Valéria Aparecida Vieira; MENEZES, Cláudio Borém de. **Sorgo granífero: sua importância e seus usos.** In: SANTOS, C. C.; SANTOS, H. L. dos; MARTINS, L. O. M. (Org.). *Avanços na agricultura sustentável*. 1. ed. Belo Horizonte: Editora Poisson, 2024. v. 1, p. 49–49.

SILVA, Felipe; BORÉM, Aluízio; SEDIYAMA, Tuneo; CÂMARA, Gil Miguel de Sousa. **Soja: do plantio à colheita.** São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

SINGH, Surender. **Climatic variations and cereal production in India: an empirical analysis.** *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology (IJEAB)*, v. 2, n. 3, p. 1143–1150, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22161/ijeab/2.3.18>.

TAIZ, Lincoln; ZEIGER, Eduardo; MØLLER, Ian Max; MURPHY, Angus. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal.** 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

SEGUNDA PARTE – ARTIGOS*

Artigo 1-Apresentado na íntegra	
Título do artigo:	A importância das práticas agrícolas para estabilidade de produção e resiliência de sistemas agrícolas
Autores:	Lara Nascimento Guimarães Adenilson Henrique Gonçalves Décio Karam Emerson Borghi Nathália Nascimento Guimarães Caíke de Sousa Pereira Tiago Yukio Inoue Isabela Goulart Custódio
Periódico:	Observatorio de La Economía Latinoamericana
ISSN	1696-8352
DOI	https://doi.org/10.55905/oelv23n5-118

A importância das práticas agrícolas para estabilidade de produção e resiliência de sistemas agrícolas

The importance of agricultural practices for production stability and resilience of agricultural systems

La importancia de las prácticas agrícolas para la estabilidad de la producción y la resiliencia de los sistemas agrícolas

DOI: 10.55905/oelv23n5-118

Receipt of originals: 4/18/2025

Acceptance for publication: 5/9/2025

Lara Nascimento Guimarães

Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia Instituição:
Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil E-
mail: laranascimentoguimaraes96@gmail.com

Décio Karam

Doutor em Ciências de Plantas Daninhas
Instituição: Colorado State University Endereço:
Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil E-mail:
decio.karam@embrapa.br

Adenilson Henrique Gonçalves

Doutor em Ciências de Plantas Daninhas Instituição:
Universidade Federal de Lavras (UFLA) Endereço:
Lavras, Minas Gerais, Brasil
E-mail: adenilsonhg@ufla.br

Emerson Borghi

Doutor em Agronomia área de concentração em Agricultura Instituição:
Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Endereço: São Carlos, São Paulo, Brasil E-
mail: emerson.borghi@embrapa.br

Nathália Nascimento Guimarães

Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia Instituição:
Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil E-
mail: nathalianascimento92@gmail.com

Caíke de Sousa Pereira

Doutor em Agronomia/Fitotecnia Instituição:
Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Lavras, Minas Gerais, Brasil E-
mail: cksousa7@gmail.com

Tiago Yukio Inoue

Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas Instituição:
 Universidade Federal de Lavras (UFLA) Endereço: Lavras, Minas
 Gerais, Brasil
 E-mail: tiagoyukio2014@live.com.pt

Isabela Goulart Custódio

Doutora em Produção Vegetal
 Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) Endereço:
 Diamantina Minas Gerais, Brasil
 E-mail: Isabela.custodio@ufvjm.edu.br

RESUMO

A agricultura desempenha um papel fundamental na economia brasileira, consolidando o país como um dos maiores produtores mundiais de commodities e serviços agrícolas. A presente revisão de literatura objetivou analisar e discutir informações já publicadas sobre estratégias para minimizar os riscos climáticos, de forma a atualizar e aprofundar o conhecimento sobre o assunto. Para alavancar a agricultura, a sustentabilidade tornou-se essencial, integrando o conhecimento científico às práticas agrícolas. Nesse contexto, a intensificação do uso da terra, aliada a sistemas integrados como a Integração Lavoura- Pecuária (ILP), a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e os Sistemas Agroflorestais (SAFs), tem mostrado impactos positivos na produtividade animal e vegetal. Uma das estratégias promissoras é o uso de consórcios agrícolas, que diversificam os sistemas produtivos, promovendo maior estabilidade por meio do fortalecimento e preservação de interações ecológicas. Um exemplo inovador é o Sistema Antecipe, desenvolvido pela Embrapa Milho e Sorgo. Essa tecnologia permite a semeadura intercalar do milho de segunda safra entre as linhas da soja ainda em fase de desenvolvimento, antes da colheita da leguminosa. Conclui que a ILPF, SAFs, o Sistema Plantio Direto (SPD), cultivos consorciados e Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) demonstram ser tecnologias que promovem maximização da produtividade e na redução de riscos climáticos, aumentando resiliência de sistemas agropecuários no Brasil.

Palavras-chave: Agricultura, Sustentabilidade, Riscos Climáticos.

ABSTRACT

Agriculture plays a key role in the Brazilian economy, consolidating the country as one of the world's largest producers of agricultural commodities and services. This literature review aimed to analyze and discuss information already published on strategies to minimize climate risks, in order to update and deepen knowledge on the subject. To leverage agriculture, sustainability has become essential, integrating scientific knowledge with agricultural practices. In this context, the intensification of land use, combined with integrated systems such as Crop-Livestock Integration (CLI), Crop-Livestock-Forest Integration (CLFI) and Agroforestry Systems (AFS), has shown positive impacts on animal and plant productivity. One of the promising strategies is the use of agricultural consortia, which diversify production systems, promoting greater stability through the strengthening and preservation of ecological interactions. An innovative example is the Anticipate System, developed by Embrapa Maize and Sorghum. This technology allows the intercropping of second crop corn between the rows of soybeans still in the development phase, before the legume harvest. It concludes that CLFIs, AFSs, the No-Till System (NTS), intercropping and Agricultural Climate Risk Zoning (CRZ) demonstrate to be technologies that promote productivity maximization and climate

risk reduction, increasing the resilience of agricultural systems in Brazil.

Keywords: Agriculture, Sustainability, Climate Risks.

RESUMEN

La agricultura desempeña un papel fundamental en la economía brasileña, consolidando al país como uno de los mayores productores mundiales de productos básicos y servicios agrícolas. La presente revisión de literatura tuvo como objetivo analizar y discutir información previamente publicada sobre estrategias para minimizar los riesgos climáticos, con el fin de actualizar y profundizar el conocimiento sobre el tema. Para impulsar la agricultura, la sostenibilidad se ha vuelto esencial, integrando el conocimiento científico con las prácticas agrícolas. En este contexto, la intensificación del uso de la tierra, junto con sistemas integrados como la Integración Cultivo-Ganadería (ILP), la Integración Cultivo-Ganadería-Bosque (ILPF) y los Sistemas Agroforestales (SAFs), ha mostrado impactos positivos en la productividad animal y vegetal. Una de las estrategias prometedoras es el uso de consorcios agrícolas, que diversifican los sistemas productivos, promoviendo una mayor estabilidad a través del fortalecimiento y la preservación de interacciones ecológicas. Un ejemplo innovador es el Sistema Antecipe, desarrollado por Embrapa Maíz y Sorgo. Esta tecnología permite la siembra intercalada del maíz de segunda cosecha entre las líneas de soja aún en fase de desarrollo, antes de la cosecha de la leguminosa. Se concluye que la ILPF, los SAFs, el Sistema de Siembra Directa (SPD), los cultivos en consorcio y el Zonificación Agrícola de Riesgo Climático (ZARC) han demostrado ser tecnologías que promueven la maximización de la productividad y la reducción de los riesgos climáticos, aumentando la resiliencia de los sistemas agropecuarios en Brasil.

Palabras clave: Agricultura, Sostenibilidad, Riesgos Climáticos.

1 INTRODUÇÃO

A agricultura no Brasil é uma das principais atividades econômicas do país, posicionando-se entre os principais produtores mundiais de commodities e serviços agrícolas (Casagrande *et al.*, 2022). A alta produtividade no cenário agrícola só é alcançada através de tecnologias desenvolvidas para o cultivo de culturas específicas em cada região. A sustentabilidade na agricultura surgiu para incorporar esse conhecimento nas práticas agrícolas, com o propósito de preservar e valorizar os recursos naturais, além de proporcionar aumento de produtividade e lucratividade aos agricultores (Fonseca, 2024).

A intensificação do uso da terra, juntamente com sistemas integrados mais intensivos como ILP, a ILPF e SAFs, impactam positivamente no aumento da produtividade animal e vegetal (Barbosa *et al.*, 2015). Esses sistemas, quando implementados de maneira adequada, promovem a recuperação e a preservação da qualidade do solo (Cordeiro *et al.*, 2017; Heller; Pollnow, 2024). Essa contribuição é essencial para a sustentabilidade dos sistemas de produção, razão pela qual esses métodos devem ser incentivados (Nunes, 2019).

O Sistema de Plantio Direto (SPD) baseia-se em três pilares fundamentais:

revolvimento mínimo do solo, rotação de culturas e cobertura permanente do solo, seja por cobertura morta (palha) ou plantas vivas (Bollinger *et al.*, 2006; Casão Junior, 2012). Esse sistema é amplamente utilizado dentro da agricultura conservacionista (Balbino *et al.*, 2011).

Além do SPD, outra estratégia sustentável é a Integração Lavoura-Pecuária- Floresta (ILPF), que promove a sinergia entre atividades agrícolas, pecuárias e florestais, podendo gerar efeitos positivos, neutros ou até antagonicos nos fatores de produção (Armacolo, 2024).

Para potencializar a eficiência desses sistemas, a agricultura de precisão surge como uma ferramenta essencial. Com o uso de tecnologias como o mapeamento da variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos do solo, aplicação localizada de insumos e monitoramento remoto da vegetação e produtividade via imagens de satélite ou Aeronaves Remotamente Pilotadas (ARP), é possível otimizar o manejo e reduzir impactos ambientais (Grego *et al.*, 2024).

Novas tecnologias vêm sendo desenvolvidas para viabilizar diferentes opções de cultivos consorciados, principalmente para viabilizar o cultivo de duas ou mais espécies concomitantemente. A Embrapa desenvolveu um sistema de cultivo de grãos para diminuir o risco climático e dar maior estabilidade na produtividade de culturas em segunda safra. Denominado Sistema Antecipe, essa tecnologia inovadora utiliza uma técnica de cultivo intercalar mecanizada, que permite a semeadura do milho segunda safra nas entrelinhas da soja, antes da colheita da leguminosa. O sistema é baseado em dois princípios essenciais: uma abordagem inovadora de produção de grãos e uma semeadora- adubadora exclusiva (depósito de patente BR 10 2020 009566 8) (Karam, 2022). Com o objetivo de analisar e discutir informações já publicadas sobre estratégias para minimizar os riscos climáticos, de forma a atualizar e aprofundar o conhecimento sobre o assunto.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INFLUÊNCIA DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA

As alterações climáticas, caracterizadas por variações de temperatura, eventos extremos como secas e inundações, e aumento da frequência de pragas e doenças, exercem uma pressão crescente sobre a agricultura. A capacidade das culturas de resistir a essas adversidades é fundamental para garantir a segurança alimentar (Fahad *et al.*, 2021). Através das previsões futuras, há tendência de grande aumento de áreas inaptas ao cultivo em consequência ao incremento excessivo da temperatura. Estima-se que, a partir da década de 2050 e nos dois cenários analisados, passarão a inexistir no Espírito Santo áreas aptas ao

cultivo das espécies *Pinus elliotti* var. *elliotti* e *Pinus taeda* e, ainda, as inaptas para o cultivo dessas espécies aumentam significativamente, chegando a 100% para todas elas, na década de 2080, no cenário A2 (Oliveira *et al.*, 2011).

Secas prolongadas podem causar estresse hídrico nas plantas, levando à redução da produtividade e à perda de qualidade dos alimentos (Zaib *et al.*, 2023). Nesse sentido, o aumento da temperatura favorece a proliferação de pragas e doenças, como ácaros (*Tetranychus* spp.), ácaro da falsa ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*), percevejos (*Heteroptera*), cochonilhas (*Coccus* spp.), pulgões (*Aphis* spp.), moscas-brancas (*Bemisia* spp.), gorgulho (*Rynchophorus* spp.), formigas (*Solenopsis* spp. e outras), traças (*Cydia* spp.), lagartas (*Spodoptera* spp.), cigarrinhas (*Cicadellidae*), nematoides (*Meloidogyne* spp.), assim como doenças bacterianas (escaldadura das folhas, pústula bacteriana, raquitismo das soqueiras (*Xanthomonas* sp.), estrias vermelhas (*Pseudomonas* sp.), doenças fúngicas (pinta preta ou mancha de *Alternaria* (*Alternaria* spp.), mancha de *Stemphylium* (*Stemphylium* spp.), murcha de *Phytophthora* (*Phytophthora capsici*), murcha de *Sclerotium* (*Athelia rolfsii*) (Peace, 2020), intensificando as perdas agrícolas em diferentes graus de intensidade. A variabilidade climática também afeta o ciclo das culturas, dificultando o planejamento agrícola e aumentando a insegurança alimentar em diversas regiões (Toromade *et al.*, 2024). Para enfrentar esses desafios, é fundamental investir em estratégias de adaptação, como o desenvolvimento de cultivares mais resistentes, a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e a implementação de sistemas de seguro agrícola (Silva; Gosmann, 2024).

As culturas apresentam diferentes níveis de suscetibilidade a riscos climáticos. Por exemplo: plantas com sistemas radiculares profundos, como as braquiárias (Lavezzo *et al.*, 2020), mandioca (El-Sharkawy, 2012) e o sorgo (Mohanavel *et al.*, 2020), são geralmente mais tolerantes à seca do que culturas como o trigo e o milho (Soto-Gómez; Pérez-Rodríguez, 2022). Essas plantas apresentam diferenças em sua fisiologia para converter com maior eficiência matéria seca em condições de restrição hídrica. Por outro lado, culturas como o arroz irrigado, que dependem fortemente da eficiência do uso da água, são altamente suscetíveis a secas e variações de chuvas (Huang *et al.*, 2021). As diferenças fenológicas também desempenham um papel crucial. Algumas espécies têm estádios críticos de desenvolvimento, como a fase de florescimento, onde são mais vulneráveis a estresses climáticos, como o calor excessivo ou a falta de água (Scheepens *et al.*, 2018).

A diversidade genética dentro de uma espécie também desempenha papel crucial na adaptação a diferentes condições climáticas. A seleção natural favorece indivíduos com características que os tornam mais aptos a sobreviver em condições desfavoráveis de cultivo,

como a capacidade de tolerar temperaturas extremas ou a resistência a doenças (Hoffmann; Parsons., 1997). O melhoramento genético tem sido utilizado para desenvolver cultivares com maior tolerância a estresses abióticos e bióticos (Gonzalez Guzman *et al.*, 2022). Além das características genéticas, práticas de manejo adequadas, como a rotação de culturas, a cobertura do solo e a irrigação eficiente, podem aumentar a resiliência das culturas aos riscos climáticos (Yu *et al.*, 2022).

Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, a adoção de cultivos intercalares tem se destacado como uma estratégia promissora para aumentar a resiliência dos sistemas agrícolas. Essa prática consiste no cultivo simultâneo de duas ou mais espécies na mesma área, proporcionando benefícios como o melhor aproveitamento dos recursos naturais, a redução da incidência de pragas e doenças e o aumento da estabilidade produtiva (Nascimento, 2022; Li *et al.*, 2020).

Práticas agroecológicas associadas, como a rotação de culturas e a manutenção da cobertura do solo, também contribuem para a mitigação dos impactos climáticos, melhorando a conservação do solo e aumentando a eficiência do uso da água (Altieri *et al.*, 2015; Awazi, 2022). Além disso, a implementação de sistemas de alerta precoce pode auxiliar os agricultores na tomada de decisões estratégicas, minimizando riscos e otimizando a produtividade em sistemas de cultivo intercalar (Singh; Gupta, 2024; Martinez; Garcia, 2024; Baker; Rodrigues, 2024).

2.2 ZONEAMENTO AGRÍCOLA DE RISCO CLIMÁTICO COMO ESTRATÉGIA DE MITIGAÇÃO PARA OS CULTIVOS AGRÍCOLAS

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) implementou a Instrução Normativa SPA/MAPA nº 2, de 9 de novembro de 2021, instituindo o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), com o objetivo de fornecer informações com dados parametrizados visando reduzir os riscos de frustração de safra de diferentes cultivos agrícolas no Brasil. Essa ferramenta estratégica utiliza modelos climáticos e dados agrometeorológicos para avaliar o risco de produção em diferentes regiões do país, auxiliando os produtores na escolha das melhores épocas e locais para a semeadura que foram estabelecidos através da Instrução Normativa nº 2 de agosto de 2022

(Brasil, 2022). A adoção do ZARC tem sido fundamental para mitigar as perdas econômicas em culturas de grande importância, como a soja e o milho, contribuindo para a sustentabilidade

do setor agrícola brasileiro (Buainain; Silveira, 2017).

O ZARC também é uma ferramenta agrícola que leva em conta as características intrínsecas do solo, como tipo 1 (textura arenosa, com teor mínimo de 10% de argila e menor do que 15% ou com teor de argila igual ou maior do que 15% textura), tipo 2 (textura média, com teor mínimo de 15% de argila e menor do que 35%) e tipo 3 (textura argilosa, com teor de argila maior ou igual a 35%), profundidade e drenagem, que influenciam diretamente o potencial produtivo das culturas (Brasil, 2021a). Ao utilizar essas informações, o agricultor pode tomar decisões mais assertivas quanto à escolha de cultivares, épocas de plantio e manejo do solo. A seleção de cultivares adaptadas a condições específicas de solo e clima resulta em maior eficiência no uso de recursos naturais, como água e fertilizantes, e contribui para a sustentabilidade do sistema produtivo (Brasil, 2021b).

Associado ao ZARC, o uso de tecnologias conservacionistas, como o SPD e a ILPF ajudam a melhorar a qualidade do solo e a reduzir a erosão (Altieri, 2018; Landau *et al.*, 2013). A partir das informações geradas através do ZARC as instituições gerenciais (Embrapa, MAPA, INMET, ANA, USP, UNESP e UFRGS) e financeiras (Banco do Brasil, Caixa Econômica Federal, BNDES) formulam e implementam políticas públicas como programas de crédito, seguro rural e subsídios, direcionando recursos para áreas com maior potencial produtivo e menor risco climático. Ao priorizar áreas de menor risco climático, as políticas públicas contribuem para a segurança alimentar, a redução das perdas na produção e a promoção do desenvolvimento rural sustentável (Evangelista *et al.*, 2022). A articulação do zoneamento com outros instrumentos de política, como os planos diretores municipais e estaduais, é fundamental para garantir a coerência e a eficácia das ações governamentais.

Pesquisas que comparam a produtividade das culturas com o uso do ZARC mostraram resultados favoráveis à adoção desse sistema. No estudo de Oliveira *et al.*, (2023), analisando o cultivo de soja em Mato Grosso na safra 2021/22, compararam a produtividade da cultura sob dois cenários: adotando como início da semeadura a experiência baseada na precipitação acumulada, ao longo do ciclo da cultura, superior à 850 mm e outro, com a utilização das informações do ZARC, que define os melhores períodos de plantio em que o risco seja de 20%. A análise revelou que o uso do ZARC, com base em dados climáticos específicos, resultou em uma produtividade superior, com ganho médio de 66,3 kg ha⁻¹ em relação ao cultivo sem o uso da ferramenta.

Estudos de Monteiro *et al.* (2019) demonstram que, em municípios como Passo Fundo (RS), onde a produtividade de soja foi monitorada entre 2001 e 2017, o uso de dados do ZARC ajudaram na mitigação de riscos no cultivo da soja. Em regiões mais favoráveis, como

Irineópolis (SC), onde a média de produtividade foi de 3,3 t ha⁻¹, a estabilidade também foi maior quando o ZARC foi seguido, enquanto em áreas de risco mais alto, como Alegrete (RS), o uso do ZARC ajudou a minimizar os impactos de variabilidade climática, melhorando a produtividade média para 2,7 t ha⁻¹.

2.3 CULTURAS ADAPTADAS À SECA

Além dos impactos diretos, como a perda da produtividade, os impactos indiretos, há o aumento dos preços dos produtos e redução de mão de obra (Rose, 2004). Para contornar esses impactos, a deficiência hídrica levou a seleção de plantas ao longo dos anos, que desenvolveram mecanismos morfológicos, fisiológicos, bioquímicos, celulares e moleculares que as fazem sobreviverem e se propagarem de forma mais eficaz (Wang *et al.*, 2024b).

Em resposta ao déficit hídrico, as plantas modificam a fotossíntese e a troca gasosa, conteúdo de água das plantas, absorção e transporte de íons, reação de oxigênio - sistemas antioxidantes, sistemas de ajuste osmótico e regulação hormonal (Wang *et al.*, 2024b). Em consequência disso, diversas características morfológicas na planta são alteradas, em especial na raiz e folha, para melhoria do potencial hídrico, conteúdo de ABA e estabilidade da membrana celular, que são objetos de estudos em fisiologia vegetal e melhoramento principalmente pela estreita relação na ocorrência destes compostos na resistência das plantas à seca (Fang; Xiong, 2015; Sallam *et al.*, 2019; Bandurska, 2022). As plantas adaptadas à seca frequentemente exibem modificações anatômicas, como observado em Vassura *et al.* (2024). Na cultura do alho, os autores observaram que determinadas cultivares apresentaram maior tolerância à seca, atribuída à eficiência no uso da água e a alterações na funcionalidade dos estômatos tanto na superfície abaxial quanto adaxial das folhas. Essa adaptação permite um melhor controle da transpiração e da troca gasosa, reduzindo a perda de água em condições de déficit hídrico. Como resultado, essas cultivares conseguem manter um melhor equilíbrio hídrico e continuar seu desenvolvimento mesmo em ambientes com menor disponibilidade de água. Entre as cultivares analisadas, destacaram-se aquelas com maior eficiência nesse mecanismo em comparação com Amarantes, BRS Hozan, Caçador, Crespo, Chinês Folha Fina, Gigante Roxo Escuro e Ito.

O ajuste osmótico também impacta o potencial hídrico das plantas, garantindo o fluxo de água para as células. Cultivares adaptadas podem reduzir o potencial hídrico foliar sem comprometer o funcionamento metabólico, como observado em diferentes espécies lenhosas gonçalo-alves, guanandi, ipê-amarelo, ipê-rosa, marupá e mogno (Campelo *et al.*, 2018).

Assim como no estudo de Miranda (2023), que teve alteração osmótica nos genótipos de cafeeiros H.T. 376-31 e H.T. 408-11, com redução significativa na turgescência plena e ponto de perda de turgescência com médias de 0,15 e 0,25 Mpa para o déficit hídrico.

O ácido abscísico (ABA) é crucial na resposta ao estresse hídrico, promove fechamento estomático diminuindo a transpiração, conseqüentemente, reduzindo a perda de água (Pacheco *et al.*, 2021). O aumento do ABA em plantas sob estresse hídrico é uma resposta frequente e correlacionada ao ajuste osmótico e à síntese de prolina (Folli-Pereira *et al.*, 2012). A concentração de ABA está intrinsicamente ligada a associação das raízes com micorrizadas que apresentam maior tolerância ao estresse hídrico devido à regulação de osmólitos e aquaporinas (Folli-Pereira *et al.*, 2012). Esta associação tem como benefício a melhoria no crescimento e desenvolvimento das plantas, devido ao aumento da absorção de água e nutrientes pela planta, tornando-a mais tolerante ao déficit hídrico quando comparadas a culturas que não realizam esta associação. Na linhagem de soja 13241, foi observada uma alta concentração de ácido abscísico (ABA), hormônio vegetal associado à resposta ao estresse hídrico, o que favoreceu um maior acúmulo de matéria seca nas raízes. Esse aumento no crescimento radicular indica uma adaptação da planta para explorar melhor a umidade do solo, tornando-a mais resistente a condições de déficit hídrico. Em comparação com as linhagens 11377, 11644, E48 e 13241, a linhagem 13241 apresentou um desenvolvimento radicular mais robusto, possivelmente devido à regulação hormonal promovida pelo ABA, permitindo maior absorção de água e nutrientes (Silva, 2017).

A integridade das membranas da parte aérea e raízes são mantidas pela composição de lipídios e acumulação de osmólitos, que protegem contra danos causados por estresse oxidativo (Braga, 2018). No experimento conduzido por Pereira (2024) com genótipos de eucalipto, a irrigação foi suspensa até o terceiro dia após o transplante, e o nível de danos às membranas celulares foi avaliado por meio do índice de extravasamento de eletrólitos. Esse índice reflete a integridade das membranas, sendo que valores mais altos indicam maior estresse celular e danos estruturais devido à desidratação. Entre os genótipos analisados, o genótipo 5 (híbrido *Eucalyptus urophylla* × *E. grandis*) apresentou o menor índice de extravasamento de eletrólitos, sugerindo uma maior estabilidade das membranas celulares e, conseqüentemente, uma melhor capacidade de tolerância ao estresse hídrico. Esse resultado indica que essa linhagem possui mecanismos fisiológicos mais eficientes para lidar com a falta de água, minimizando os danos celulares e mantendo o funcionamento metabólico por mais tempo em condições adversas.

As alterações fenotípicas associadas a seca são perceptíveis na parte aérea das plantas

de soja apresentando ondulações nas folhas e amarelecimento da borda, e no sistema radicular, é notório o desenvolvimento interrompido (Wang *et al.*, 2022). Na cultura do arroz, a deficiência hídrica é observada com a redução do número, volume e peso seco das raízes (Jing *et al.*, 2024). Outro efeito relacionado ao estresse hídrico que tem sido constatado é a diminuição da altura da parte aérea, como exemplo, foi observado em plantas de beterraba sacarina através da constatação da redução da biomassa e da área foliar em estudo desenvolvido por Tan *et al.* (2023).

A estratégia de alteração no sistema radicular de culturas como milho e sorgo tornam essas particularmente resistentes a condições de estiagem (Theodoro, 2021). O sistema radicular profundo e eficiente na utilização da água dessas culturas permite explorar camadas mais profundas do solo em busca de água, enquanto sua cutícula cerosa reduz a perda hídrica por transpiração (Liu *et al.*, 2024).

O uso de índice de suscetibilidade é avaliado comparando a produtividade sob condições de déficit hídrico (Y_s), com a produtividade em condições ótimas de disponibilidade de água (Y_p). No experimento conduzido por Yahaya *et al.* (2023) na Universidade de KwaZulu-Natal da África do Sul, avaliou-se a tolerância à seca de diferentes genótipos de sorgo. Os genótipos G86 e G108 apresentaram baixos valores no índice de suscetibilidade à seca, com 0,07 e 0,11, respectivamente, indicando maior tolerância ao estresse hídrico. Em contraste, os genótipos G81 (2,03) e G97 (1,92) foram classificados como suscetíveis, demonstrando maior impacto negativo da restrição hídrica no desenvolvimento das plantas.

De maneira semelhante, no estudo realizado por Tharanya *et al.* (2017) na Estação Experimental dos Estados Unidos, o genótipo PRLT-2/89-33 de milho foi caracterizado como adaptado à seca devido à sua estratégia de reduzir a captação de água antes da floração. Essa adaptação permitiu um uso mais eficiente da água disponível, aumentando a resiliência da cultura em condições de déficit hídrico, enquanto o genótipo H77/833-2 foi classificado como sensível à seca devido à sua menor eficiência no uso da água.

A indução da peroxidase (POD), catalase (CAT), ascorbato peroxidase (APX) e ácido ascórbico (AsA), e os níveis de prolina e açúcar solúvel são alteradas bioquimicamente pelo estresse hídrico, reduzindo os efeitos negativos do dano oxidativo nas plantas, acarretando na osmorregulação na cultura do tabaco (Khan *et al.*, 2020). O baixo acúmulo de prolina reduz a atividade do guaiacol peroxidase (GPOX), APX e CAT em plantas transgênicas de cana-de-açúcar que expressam o gene AtBI-1 de *Arabidopsis thaliana*, reduzindo os efeitos da morte celular programada desencadeado por estresses bióticos e abióticos (Barbosa, 2013).

O desenvolvimento de culturas fora de períodos de estiagem tem sido uma alternativa para evitar grandes danos as plantas devido ao estresse hídrico em ambiente de cultivo (Riboni *et al.*, 2013).

Características fisiológicas como a fluorescência da clorofila e as trocas gasosas nas folhas também são frequentemente utilizadas para avaliar a resposta aos estresses bióticos e abióticos (Singh *et al.*, 2022). O mecanismo fotossintético de plantas quando submetido ao estresse hídrico altera de acordo com a variedade. As variedades criolas de milho, Elotillo e Xmejen-naal foram eficientes fotossinteticamente, expressando altas taxas de assimilação e baixa concentração intercelular de CO₂, tornando-as mais eficiente na utilização da água quando comparada a cultivares comerciais (Dos-Santos *et al.*, 2024).

Períodos curtos de estresse hídrico podem trazer benefícios para o crescimento das plantas através de estímulo para propagação e frutificação (Wang *et al.*, 2024b; Yang *et al.*, 2021). Para escape ao estresse hídrico nas culturas, também pode-se utilizar a implementação de projetos de irrigação e modernização tecnológica, o cultivo de espécies tolerantes/resistentes à seca, utilização de espécies com maior eficiência de uso da água, alteração da data de semeadura, cultivo em ambiente protegido, variação de culturas com necessidades fisiológicas diferentes e ciclos curtos, além de adotar um sistema de apoio financeiro compatível com o cenário do agricultor em caso de perdas na produção por condições climáticas adversas (Sotta *et al.*, 2021).

2.4 USO DA BIOTECNOLOGIA PARA TOLERÂNCIA À SECA

As plantas geneticamente modificadas desencadeiam diversos processos fisiológicos em resposta ao estresse hídrico. A regulação da transpiração é um dos principais mecanismos de controle hídrico das plantas (Ilyas *et al.*, 2021). As plantas possuem genes alterados que possibilitam um fechamento mais eficaz dos estômatos, estruturas encarregadas que regulam a troca de gases e a evaporação da água (Ruggiero *et al.*, 2017). Este processo possibilita que as plantas preservem água e previnam a formação exagerada de embolias no xilema (Manandhar *et al.*, 2024), diminuindo a perda de água através da transpiração, sem prejudicar significativamente o processo de fotossíntese, crucial para a geração de energia (Fathi *et al.*, 2024).

A biotecnologia e o melhoramento genético proporcionam instrumentos potentes para desenvolver variedades resistentes a condições desfavoráveis, tais como: seca, salinidade e altas temperaturas (Khokharvoytas *et al.*, 2023). A criação de Organismos Geneticamente

Modificados (OGM) resistentes à seca requer a alteração de plantas para se adaptarem melhor a períodos de escassez de água (Das *et al.*, 2023). Isso é obtido através da introdução de genes que aprimoram a eficiência no uso da água, expandem os sistemas radiculares ou controlam as reações ao estresse (Gupta; Singh, 2016). Essas alterações podem potencializar a produção agrícola em regiões áridas e auxiliar na segurança alimentar frente às alterações climáticas (Pržulj *et al.*, 2020).

A transgenia possibilitou o desenvolvimento de culturas resistentes à seca, que possuem maior expressão genética para a produtividade em regiões áridas quando comparada a cultivares convencionais (Li *et al.*, 2022). Os OGMs (Organismo Geneticamente Modificado) são criados para aprimorar a produtividade agrícola e a segurança alimentar, particularmente em áreas propensas à falta de água (Pržulj *et al.*, 2020). Além da transgenia, métodos de modificação genética, como o CRISPR-Cas9 e a mutagênese têm sido aplicados para produzir diversidade genética e identificar genes ligados à resistência a estresses (Sami *et al.*, 2021). Contudo, o progresso e a implementação de culturas transgênicas encontram obstáculos ligados a custos, normas regulamentadoras e aceitação social.

A osmoproteção é uma estratégia de resistência à seca, que produz mais solutos compatíveis, tais como prolina, glicina-betaína e açúcares (Barman *et al.*, 2022). A expressão de genes responsáveis pela biossíntese desses osmólitos pode potencializar consideravelmente sua acumulação e aprimorar a resistência das plantas a estresses abióticos (Esmaeili *et al.*, 2022). Em momentos de estiagem intensa, esses solutos contribuem para a manutenção do equilíbrio osmótico nas células, evitando a desidratação, resguardando as proteínas e membranas celulares dos prejuízos provocados pelo estresse hídrico (Ferrari *et al.*, 2015).

Os progressos na biotecnologia também possibilitaram a inserção de genes que regulam a produção de proteínas que atuam na defesa contra o estresse oxidativo (Melicher *et al.*, 2022). No período de seca, a fisiologia da planta é alterada com acúmulo de espécies reativas de oxigênio nas células, que pode resultar em prejuízos às estruturas celulares (Schachdev *et al.*, 2021). As plantas modificadas com a introdução dos genes de tolerância a seca exibem um aumento na produção de enzimas antioxidantes, tais como superóxido dismutase e catalase, que neutralizam esses radicais livres e resguardam as células contra o estresse (Berwal *et al.*, 2021).

Os estudos em campo sugerem que as culturas geneticamente modificadas podem ser uma alternativa viável para lidar com os desafios trazidos pelas alterações climáticas (Mishra, 2019), particularmente em áreas propensas à seca (Das *et al.*, 2023). Contudo, é crucial enfatizar que o rendimento dessas plantas é influenciado por uma mistura de elementos

genéticos e ambientais, e os benefícios podem diferir conforme a severidade e a extensão da seca, bem como as condições de gestão da cultura.

Culturas como o algodão (*Gossypium hirsutum*) possuem uma alteração em sua arquitetura do sistema radicular e síntese de proteínas relacionadas à retenção de água e manutenção da integridade celular (Guo *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2024a). A partir da identificação de cultivares de algodão como: Ji668, Guoxinmian 02, Xuzhou 1818 e Han 6203 que possuem maior tolerância à seca, tanto no índice de tolerância à seca quanto na avaliação abrangente (Guo *et al.*, 2024) é possível identificar e manipular genes que regulam a tolerância à seca e introduzi-los em outras cultivares que não possuem esses genes.

A utilização de mapeamento genético (QTL) e estudos de associação ampla do genoma (GWAS) têm identificado loci e genes candidatos associados à resistência à seca em várias culturas, incluindo trigo, arroz e grão-de-bico (Araújo, 2023). Esses esforços permitem uma abordagem mais precisa no melhoramento de cultivares resistentes.

O gene da soja transgênica HB4, desenvolvida a partir do gene do girassol HaHB4, codifica o fator de transcrição HaHB4, com a finalidade de melhorar a resistência à seca (Ribichich *et al.*, 2020). A ativação do gene HB4 na soja levou a um aumento de produtividade em situações de estresse hídrico, em locais quentes e secos, devido as vantagens adquiridas pela cultura, em especial maior diâmetro do epicótilo, área do xilema e eficiência na utilização da água (Ribichich *et al.*, 2020).

O milho MON 87460 contém o gene *cspB*, derivado de *Bacillus subtilis*, o qual codifica a proteína CSPB (do inglês Cold Shock Protein B, ou proteína de choque frio B) que é eficiente na restrição de água. Este também contém o gene *nptII*, derivado de *Escherichia coli*, o qual codifica a proteína NPTII, o que confere resistência a neomicina e canamicina (Harrigan *et al.*, 2009).

2.5 SISTEMAS INTENSIFICADOS AGROPECUÁRIOS

A monocultura pode gerar efeitos socioeconômicos, tais como a insegurança alimentar e a vulnerabilidade financeira dos agricultores familiares, conflitos no campo, alterações nas táticas de sobrevivência, entre outros (Jezeer *et al.*, 2018; Harvey *et al.*, 2021). Esta prática também pode causar diversos efeitos nocivos nos serviços ecossistêmicos e questões ambientais, tais como deterioração e erosão do solo, perda de biodiversidade e agrobiodiversidade, alterações nos padrões de emissão de gases de efeito estufa, contaminação da água entre outros (Torrens, 2020).

Como melhoria do processo produtivo, a intensificação do uso do solo e a implementação de sistemas integrados de produção são alternativas que impactam a produção agropecuária, por meio da transformação e diversificação. A intensificação resulta em melhoria das condições do solo, interrupção do ciclo de doenças e pragas, diversificação de fontes de renda, diminuição de custos para processamento e recuperação de áreas degradadas, além da diminuição das emissões de gases de efeito estufa (Barbosa *et al.*, 2015).

No Brasil, programas como o Plano ABC+, criado pelo MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), têm promovido a implementação de tecnologias como: Recuperação de Pastagens Degradadas (RPD), Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), Sistemas Agroflorestais (SAFs), Sistema Plantio Direto (SPD), Fixação Biológica do Nitrogênio (FBN), Florestas Plantadas (FLP), Tratamento de Dejetos Animais (TDA) e outras técnicas de adaptação às mudanças climáticas, priorizando práticas de gestão sustentável e a redução das emissões de gases de efeito estufa (Brasil, 2021).

O SPD reduz o revolvimento do solo, utiliza a alternância de culturas e mantém uma cobertura vegetal contínua, elementos que contribuem para a manutenção da saúde do solo e o aumento da produtividade. Sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) combinam atividades agrícolas, pecuárias e/ou florestais nas mesmas unidades de produção, em um determinado arranjo espacial e temporal (Mapa, 2023).

As recentes iniciativas para avaliar e aprimorar a absorção de carbono pelo solo e a habilidade de reter água em sistemas intensificados no ambiente tropical visam alinhar a produção agrícola com as obrigações internacionais do Brasil em relação às alterações climáticas e aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Agência Gov, 2023).

2.6 RESPOSTA DE PLANTAS FORRAGEIRAS COMO ALTERNATIVA PARA COBERTURA DO SOLO E ROTAÇÃO EM SISTEMAS DE CULTIVO CONSORCIADOS (SPD)

Os cultivos consorciados aumentam a diversidade nos sistemas produtivos, proporcionando maior estabilidade por meio da preservação das interações ecológicas (Lima *et al.*, 2020). Além disso, essas práticas podem favorecer o controle biológico ao ampliar a presença de inimigos naturais de fitopatógenos. O sucesso do consórcio depende de diversos fatores, como a biologia e função dos organismos envolvidos, a presença de plantas espontâneas e as condições ambientais (Tilman *et al.*, 1996; Barros *et al.*, 2020; Menezes *et al.*, 2021).

A associação e seleção de espécies pode ser eficiente no controle de pragas, diminuindo

sua presença através de interações vantajosas entre plantas com resultados que variam conforme as combinações realizadas. No trabalho de Silva (2006), observou que a rotação couve e milho “verde” em cultivo intercalar com leguminosas (*Mucuna deeringiana* e *Crotalaria spectabilis* em consórcio com a couve; *C. juncea* e *M. pruriens* com milho) teve a alta incidência de pulgões no primeiro cultivo de couve, e no segundo ano a infestação foi bastante reduzida, devido a possível formação de ambiente favorável a sobrevivência de inimigos naturais.

A utilização de plantas de cobertura em consórcios, aprimora as propriedades físicas e químicas do solo, aumentando a matéria orgânica, a capacidade de reter umidade e a absorção de água (Oliveira *et al.*, 2024), além de diminuir a erosão e aprimorar a sustentabilidade na agricultura em sistemas como a semeadura direto (Sznitowski- Adeline *et al.*, 2022).

No consórcio, há a liberação de aleloquímicos. Em cultivares do gênero *Urochloa* (syn. *Brachiaria*) como por exemplo *Brachiaria. brizantha* cv. Marandú e *B. decumbens* interferiram na germinação de sementes de *Stylosanthes guianensis*, e *B. decumbens* na germinação de *S. capitata* (Rodrigues *et al.*, 2012).

As novas tecnologias em cultivos consorciados têm sido avaliadas em diferentes condições no Brasil. A técnica de cultivo intercalar em fileiras consiste em cultivar plantas secundárias em fileiras alternadas com a cultura principal (Chen *et al.*, 2004). Os cultivos intercalares em faixas se desenvolvem em faixas amplas o suficiente para o cultivo individual, mas estreitas o bastante para permitir a interação ecológica entre cada cultura (Brennan, 2016). A semeadura intercalar antecipada, tanto de culturas produtoras de grãos como espécies forrageiras gramíneas e leguminosas, é uma prática eficaz para minimizar os riscos climáticos e potencializar a sustentabilidade dos sistemas de produção através da semeadura simultânea de duas ou mais culturas (Karam *et al.*, 2020; Maitra *et al.*, 2021). Já o cultivo intercalar defasado caracteriza-se pela semeadura sequencial de diferentes culturas ou coberturas vegetais, com períodos de sobreposição em seus ciclos de desenvolvimento, maximizando o uso do solo ao longo do ano (Parsons *et al.*, 2007).

A semeadura intercalar é vantajosa em áreas tropicais e subtropicais, onde as condições climáticas permitem a produção de várias culturas ao longo do ano (Altieri, 2009). A interação entre as plantas pode proporcionar uma série de vantagens, como o incremento da produtividade, conservação de recursos ecológicos, reciclagem de nutrientes, a resistência ao ataque de pragas, os altos níveis de biodiversidade, otimização do uso de água e qualidade do solo (Maitra *et al.*, 2021; Chamkhi *et al.*, 2022; Wang *et al.*, 2024b). No estudo de Schneider (2021), o cultivo intercalar de trigo-soja e milho em sucessão, facilitou a semeadura antecipada de *Zea mays* em 15 dias, proporcionando um aumento de produtividade de 1.956 kg ha⁻¹ em

relação ao cultivo convencional de milho após a soja.

Aliado a esse sistema, a diversidade de culturas pode atenuar a ameaça de insetos pragas, patógenos e plantas daninhas, uma vez que monocultivos podem ser mais propícios aos problemas fitossanitários (Jaworski *et al.*, 2023). O cultivo intercalar de grão-de-bico com linhaça reduziu a ocorrência e a severidade de queimadura de *Ascochyta* (*Ascochyta rabiei*) no grão-de-bico em até 67%, quando comparada ao monocultivo (Zhou *et al.*, 2023). No cultivo intercalar, as culturas milho, amendoim, sorgo, algodão e arroz favorecem ao menor efeito dos estresses ambientais (seca) através de sistema radicular profundo, proteção contra a radiação solar excessiva, redução de pragas e doenças, melhoria da estrutura do solo e estabilidade no fornecimento de nutrientes (Olaoye, 2012).

A adição de leguminosas pode auxiliar na fixação biológica de nitrogênio, essencial para o desenvolvimento das plantas (Nascimento *et al.*, 2024). A incorporação de leguminosas em sistemas intercalares de cultivo pode auxiliar na fixação biológica de nitrogênio, podendo elevar a produção de milho em até 35% (Phiri *et al.*, 2024; Chamkhi *et al.*, 2022; Lai *et al.*, 2022).

A prática do sistema intercalar requer um planejamento meticuloso, para selecionar culturas que não entrem em competição por recursos como luz, água e nutrientes (Bybee-Finley; Ryan, 2018). Se o planejamento for ineficiente, a produtividade pode ser afetada de forma negativa (Ndegwa *et al.*, 2023). No experimento de Vazeux- Blumental *et al.*, (2024), o milho e feijão no sistema intercalar ficaram prejudicados com a competição por água, nutrientes e espaço, em especial a leguminosa, resultando em menor produtividade mesmo com a melhoria na qualidade das sementes (Vazeux- Blumental *et al.*, 2024).

O manejo mais complexo requer um nível técnico maior por parte dos agricultores (Bannister; Nair, 1990), o que pode dificultar a implementação em maior escala, especialmente em regiões com pouca disponibilidade de informação e capacitação. Na implementação do sistema intercalar deve-se considerar as combinações de culturas adequadas, épocas de semeadura, maturidade das culturas e densidade das plantas para obter maior ganho de produtividade (Arina *et al.*, 2021). A colheita no sistema intercalar necessita de cautela, visto que as culturas envolvidas possuem diferentes desenvolvimentos fisiológicos (Wu *et al.*, 2021).

O sistema intercalar pode diminuir o risco financeiro dos agricultores ao oferecer diversas fontes de renda (Teshome, 2019). Se uma das culturas sofrer algum estresse devido a circunstâncias desfavoráveis, pode haver compensação da perda econômica pela cultura em

consórcio (Olaoye, 2012), conseqüentemente, há maiores retornos financeiros e a melhores relações custo-benefício (Fung *et al.*, 2019). A combinação de diversas culturas favorece a estabilidade da produção agrícola em contextos desafiadores, favorecendo, inclusive, pequenas propriedades, pela maior otimização da área e, principalmente, aproveitando de forma mais eficiente os recursos naturais disponíveis (Rahman *et al.*, 2021).

Além de outros benefícios, essa prática também contribui para a resiliência dos ecossistemas agrícolas. A combinação de diversas culturas pode gerar microclimas mais propícios às espécies consorciadas, reduzindo a perda de água por evapotranspiração (Tamburini *et al.*, 2020) e protegendo o solo contra processos erosivos e de degradação (Marcondes, 2022). O cultivo consorciado, ao mesclar diversas espécies vegetais, gera uma estrutura de vegetação mais complexa, capaz de alterar as condições microclimáticas. Por exemplo, plantas de porte mais elevado podem proporcionar sombra parcial para culturas de menor porte, minimizando o estresse térmico e a perda de água por evaporação (Gianoli *et al.*, 2006). Adicionalmente, a variedade de culturas no sistema intercalar pode incrementar a quantidade e a variedade de microrganismos benéficos presentes no solo, tais como bactérias e fungos (He *et al.*, 2023; Guo *et al.*, 2024). Essa comunidade microbiana mais abundante pode aprimorar a ciclagem de nutrientes, a estrutura do solo e a capacidade de reter água, criando um microclima do solo mais propício para o desenvolvimento das plantas (Yang *et al.*, 2022).

Esse sistema intercalar pode ser aplicado em diversas configurações espaciais. No cultivo intercalar misto, diversas culturas se desenvolvem ao mesmo tempo sem formações de fileiras distintas (Agegnehu *et al.*, 2008).

O sistema intercalar apresenta benefícios notáveis no âmbito da agricultura sustentável, fomentando uma maior resistência dos sistemas de produção, um melhor uso dos recursos, maior produtividade total, melhor saúde do solo, e redução de pragas e doenças. Isso faz com que a semeadura intercalar seja uma tática promissora para uma agricultura mais sustentável e eficiente. Contudo, é essencial um planejamento meticuloso e a disponibilização de informações técnicas apropriadas para que os agricultores possam aderir ao sistema de forma eficaz.

3 CONCLUSÃO

A agricultura brasileira enfrenta desafios crescentes devido às mudanças climáticas e à pressão por uma produção cada vez mais sustentável. Adotar práticas como a ILPF, SAFs,

o SPD e cultivos consorciados contribuem para a recuperação ambiental, mas também promovem a resiliência dos sistemas produtivos em face de fenômenos climáticos adversos. Tecnologias inovadoras, como os cultivos intercalares antecipados e o ZARC, demonstram ser efetivas na maximização da produtividade e na minimização de riscos climáticos, oferecendo oportunidades valiosas para os agricultores. É imperativo que se continue o investimento em pesquisa e capacitação técnica, assegurando que essas práticas sustentáveis sejam amplamente adotadas.

O futuro da agricultura brasileira depende da capacidade dos produtores em se adaptarem e inovarem, preservando assim tanto a segurança alimentar quanto os recursos naturais essenciais. A integração do conhecimento técnico com práticas sustentáveis é a chave para uma agropecuária que busca não apenas produtividade, mas também a harmonia com o meio ambiente.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior –Brasil (CAPES), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Fundação Agrisus (processo 3084/21) e Universidade Federal de Lavras (UFLA).

REFERÊNCIAS

AGEGNEHU, G.; A. GHIZAW A.; SINEBO W. Yield potential and land-use efficiency of wheat and faba bean mixed intercropping. **Agronomy for sustainable development**, v. 28, p. 257-263, 2008.

AGÊNCIA GOV. **Embrapa inicia execução de projeto inédito em apoio à agricultura de baixa emissão de carbono**: A iniciativa tem foco em sistemas integrados e intensificados de produção agropecuária, 2023. Disponível em: <https://agencia-gov.ebc.com.br/noticias/202311/embrapa-inicia-execucao-de-projeto-inedito-em-apoio-a-agricultura-de-baixa-emissao-de-carbono>. Acesso em: 18 nov. 2024.

ALCARDE, J. C.; RODELLA, A. A. O equivalente em carbonato de cálcio dos corretivos da acidez dos solos. **Scientia Agrícola**, v. 53, n. 2/3, p. 204-210, 1996.

ALTIERI, M. A.; LANA, M. A.; HENAO, A.; NICHOLLS, C. I. Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. **Agronomy for sustainable development**, v. 35, n. 3, p. 869-890, 2015.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. Una base agroecológica para el diseño de sistemas diversificados de cultivo en el tropico. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, n. 73, p. 8-20, 2004.

ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; SANTANA, D. P.; SILVEIRA, M. C. T.; BORGHI, E. (ed.). Quinze anos de integração lavoura-pecuária e dez anos de integração lavoura-pecuária-floresta na Embrapa Milho e Sorgo. In: GONTIJO NETO, M. M.; CAMPANHA, M. M.; COSTA, T.; SIMÃO, E. D. P.; MOREIRA, E. D. S.; PI-MENTEL, M. A. G.; ALVARENGA, R. C.; BORGHI, E.; LANA, Â. M. Q. **Avaliação do consórcio eucalipto-milho-capim do sistema de integração lavoura-pecuária-floresta**. Brasília, DF: Embrapa, 2024. p. 237-277.

ARAÚJO, A. A. M. **Avaliação agronômica e validação de genes candidatos a marcadores moleculares para tolerância à seca em grão-de-bico**. 2023. 97 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade de Brasília, Brasília, 2023.

ARMACOLO, N. M. **Atributos físico-químicos do solo e crescimento de raízes de aveia, braquiária e soja em sistema integração lavoura-pecuária-floresta**. 2024. 69 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade Estadual de Londrina, PR, Brasil, 2024.

AWAZI, N. P. Agroforestry for climate change adaptation, resilience enhancement and vulnerability attenuation in smallholder farming systems in Cameroon. **Journal of Atmospheric Science Research**, v. 5, n. 1, p. 25-33, 2022.

BAKER, T.; RODRIGUES, A. Decision support systems for agriculture: Mitigating risks and losses through early warning technology. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v. 22, n. 3, p. 456-467, 2024.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; DE MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; DOS SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, p. 1-12, 2012.

BALBINO, L. C.; CORDEIRO, L. A. M.; PORFÍRIO-DA-SILVA, V.; MORAES, A.; MARTÍNEZ, G. B.; ALVARENGA, R. C.; KICHEL, A. N.; FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R. Evolução tecnológica e arranjos produtivos de sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 10, p. 1-21, 2011.

BANDURSKA, H. Drought stress responses: coping strategy and resistance. **Plants**, v. 11, n. 7, p. 922, 2022.

BANNISTER, M. E.; NAIR, P. K. R. Alley cropping as a sustainable agricultural technology for the hillsides of Haiti: Experience of an agroforestry outreach project. **American Journal of Alternative Agriculture**, v. 5, n. 2, p. 51-59, 1990.

BARBOSA, F. A.; COSTA, P. M.; ANDRADE, V. J.; MAIA FILHO, G. H. B.; MACIEL, I. C. F.; LOPES, S. Q. Avaliação econômica e produtiva dos sistemas integrados de lavoura-pecuária-floresta. **Caderno de Ciências Agrárias**, v. 7, n. 1, p. 151-165, 2015.

BARBOSA, M. A. **Plantas de cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) transformadas geneticamente com o gene *AtBI-1* submetidas ao déficit hídrico em casa-de-vegetação**. 2013. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de

Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

BARMAN, D.; WATTS, A.; PADHAN, B. K.; SATHEE, L. Compatible solutes engineering to balance salt (Na⁺) and ROS-induced changes in potassium homeostasis. In: **Response of Field Crops to Abiotic Stress**. CRC Press, 2022. p. 139-152.

BARROS, A. P. **Prospecção de plantas atrativas para inimigos naturais e o seu uso no manejo de insetos fitófagos**. Seropédica: Instituto de agronomia, 2020.

BERWAL, M. K.; RAI, G. K.; HEBBAR, K. B.; PRAKASH, K.; KUMAR, R. Antioxidant defense system in plants against abiotic stress. In: **Abiotic stress tolerance mechanisms in plants**. CRC Press, 2021. p. 175-202.

BOLLINGER, A. Taking stock of the Brazilian zero-till revolution: a review of landmark research and farmers practices. **Advances Agronomy**, v. 91, p. 47-110, 2006.

BRAGA, I. **Ação de Gaba e Acetilcolina como bioreguladores na fisiologia de soja sob deficiência hídrica**. 2018. 136 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**. Instrução Normativa SPA/MAPA nº 2, de 9 de novembro de 2021. Estabelece critérios técnicos para a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2021a, p. 8.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA)**. **Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC): ferramenta para tomada de decisão no campo**. Brasília: MAPA, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura>. Acesso em: 20 nov. 2024.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. **Plano setorial para adaptação à mudança do clima e baixa emissão de carbono na agropecuária com vistas ao desenvolvimento sustentável (2020-2030): visão estratégica para um novo ciclo**/Secretaria de Inovação, Desenvolvimento Rural e Irrigação. – Brasília: MAPA, 2021, p. 133.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Política Agrícola. Instrução Normativa nº 2, de 5 de agosto de 2022. Altera a Instrução Normativa nº 1, de 21 de junho de 2022, que estabelece o método para classificação do solo em função da sua Água Disponível (AD) no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 2022.

BRENNAN, E. B. Agronomy of strip intercropping broccoli with alyssum for biological control of aphids. **Biological Control**, v. 97, p. 109-119, 2016.

BUAINAIN, A. M.; SILVEIRA, R. L. F. **Manual de Avaliação de Riscos na Agropecuária**. 1. ed. Rio de Janeiro: Fundação Escola Nacional de Seguros - Funenseg, 2017.

BUNGENSTAB, D. J. **Sistemas de integração lavoura pecuária-floresta: a produção sustentável**. 2. ed. Campo Grande: Embrapa Gado de Corte, 2012. 239 p.

BYBEE-FINLEY, K.; RYAN, M.; MATTHEW R. Advancing intercropping research and practices in industrialized agricultural landscapes. **Agriculture**, v. 8, n. 6, p. 80, 2018.

CAMPELO, D. H.; LACERDA, C. F.; SOUSA, J. A.; BEZERRA, A. M. E.; ARAÚJO, J. D. M.; NEVES, A. L. R.; SOUSA, C. H. C. Características morfofisiológicas foliares e estado nutricional de seis espécies lenhosas em função da disponibilidade de água no solo. **Ciência Florestal**, v. 28, n. 3, p. 924-936, 2018.

CASAGRANDE, C. P.; MENEZES, G. R. Previsibilidade de preços das principais commodities agrícolas brasileiras. **Revista de Economia e Agronegócio**, v. 20, n. 3, p. 1-17, 2022.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; LLANILO, R.F. **Plantio direto no Sul do Bra- sil:** Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012. 77 p.

CHAMKHI, I.; CHETO, S.; GEISTLINGER, J.; ZEROUAL, Y.; KOUISNI, L.; BARGAZ, A.; GHOULAM, C. Legume-based intercropping systems promote beneficial rhizobacterial community and crop yield under stressing conditions. **Industrial Crops and Products**, v. 183, p. 114958, 2022.

CHEN, C.; WESTCOTT M.; NEILL, K.; WICHMAN, D.; M. KNOX. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. **Agronomy Journal**, v. 96, n. 6, p. 1730-1738, 2004.

CORDEIRO, L. A. M.; VILELA, L.; MARCHÃO, R. L.; KLUTHCOUSKI, J.; JÚNIOR, G. B. M. Integração lavoura-pecuária e integração lavoura-pecuária-floresta: estratégias para intensificação sustentável do uso do solo. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 32, n. 1/2, p. 15-53, 2017.

DAS, A.; MAHANTA, M.; PURKAYASTHA, S.; PRAMANIK, B. Genetically modified crops and crop species adapted to global warming in dry regions. In: **Enhancing Resilience of Dryland Agriculture Under Changing Climate: Interdisciplinary and Convergence Approaches**. Singapore: Springer Nature Singapore, 2023. p. 385-409.

DOS-SANTOS, L. F. C.; GARRUÑA, R.; RUÍZ-SÁNCHEZ, E.; ANDUEZA-NOH, R. H.; MIJANGOS-CORTÉS, J. O. Growth, chlorophyll fluorescence, and gas exchange of three maize landraces in southeastern Mexico. **Botanical Sciences**, v. 102, n. 4, p. 1216- 1230, 2024.

DUARTE, P. M.; SANTANA, V. T. P.; DALMAS, A. D.; FERRI, I. E. B. Integração Lavoura-Pecuária (ILP): Uma Revisão Literária. **Uniciências**, v. 22, n. 2, p. 106-109, 2018.

EL-SHARKAWY, M. A. Stress-tolerant cassava: the role of integrative ecophysiology-breeding research in crop improvement. **Open Journal of Soil Science**, v. 2, n. 02, p. 162, 2012.

ESMAEILI, N.; SHEN, G.; ZHANG, H. Genetic manipulation for abiotic stress resistance traits in crops. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1011985, 2022.

EVANGELISTA, B.A.; CAMPOS, L.J.M.; SILVA, F.A.M.; SIMON, J.; RIBEIRO, I.L.; VALE, T.M. Possíveis impactos das mudanças climáticas sobre o zoneamento agrícola de risco

climático da cultura da soja no estado do Tocantins. In: COLLIC-CHIO, E.; ROCHA, H.R. (Org.). **Agricultura e mudanças do clima no estado do Tocantins** [livro eletrônico]: vulnerabilidades, projeções e desenvolvimento. Palmas: EdUFT, 2022. p.167-184.

FAHAD, S.; SONMEZ, O.; SAUD, S.; WANG, D.; WU, C.; ADNAN, M.; TURAN, V. (Eds.). **Developing climate-resilient crops: improving global food security and safety**. CRC Press, 2021.

FANG, Y.; XIONG, L. General mechanisms of drought response and their application in drought resistance improvement in plants. **Cellular and molecular life sciences**, v. 72, p. 673-689, 2015.

FATHI A.; SHIADE S. R. G.; KIANERSI F.; ALTAF M. A.; AMIRI E.; NABATI E. **Photosynthesis in cereals under drought stress**. in handbook of photosynthesis (4th ed.). Taylor & Francis, 2024.

FERRARI, E.; PAZ, A.; SILVA, A. C. Déficit hídrico e altas temperaturas no metabolismo da soja em sementeiras antecipadas. **Nativa**, v. 3, n. 1, p. 67-77, 2015.

FOLLI-PEREIRA, M. S.; MEIRA-HADDAD, L. S.; BAZZOLLI, D. M. S.; KASUYA, M. C. M. Micorriza arbuscular e a tolerância das plantas ao estresse. **Revista Brasileira De Ciência Do Solo**, v. 36, n. 6, p. 1663-1679, 2012.

FONSECA, M. T. **O renascimento dos guardiões de sementes sob a luz da legislação e das políticas públicas: uma análise multidimensional da agrobiodiversidade e da sustentabilidade**. 2024. 115 F. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2024.

FUNG, K. M.; TAI, A. P.; YONG, T.; LIU, X.; LAM, H. M. Co-benefits of intercropping as a sustainable farming method for safeguarding both food security and air quality. **Environmental Research Letters**, v. 14, n. 4, 044011, 2019.

GIANOLI, E.; RAMOS, I.; ALFARO-TAPIA, A.; VALDÉZ, Y.; ECHEGARAY, E. R.; YÁBAR, E. Benefits of a maize-bean-weeds mixed cropping system in Urubamba Valley, Peruvian Andes. **International Journal of Pest Management**, v. 52, n. 4, p. 283-289, 2006.

GONZALEZ GUZMAN, M.; CELLINI, F.; FOTOPOULOS, V.; BALESTRINI, R.; ARBONA, V. New approaches to improve crop tolerance to biotic and abiotic stresses. **Physiologia plantarum**, v. 174, n. 1, p. e13547, 2022.

GRAÇA, Y. R.; FINICELLI, P. P.; OLIVEIRA, R. S.; SANTANA, G. P. Quebrando a cabeça com Lavoisier: uma proposta de aprendizagem de cálculos estequiométricos. **Scientia Amazônia**, v. 5, n. 3, p. 64-68, 2016.

GREGO, C. R.; SPERANZA, E. A.; SANCHES, G. M.; RODRIGUES, C. A. G.; LU CHIARI JÚNIOR, A. Aplicação da agricultura de precisão em cana-de-açúcar. In: DA SILVA, F. C.; FREIRE, F. J. **Inovação e desenvolvimento em cana-de-açúcar: Manejo, nutrição, bioinsumos, recomendação de corretivos e fertilizantes**. Brasília: Embrapa, 2024. p. 413-435.

GUO, C.; ZHU, L.; SUN, H.; HAN, Q.; WANG, S.; ZHU, J.; ZHANG, Y.; ZHANG, K.; BAI, Z.; LI, A.; LIU, L.; LI, C. Evaluation of drought-tolerant varieties based on root system architecture in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). **BMC Plant Biology**, v. 24, n. 1, p. 127, 2024.

GUO, X.; WANG, Y.; HOU, Y.; ZHOU, Z.; SUN, R.; QIN, T.; WANG, K.; FANG, L.; WANG, Y.; HUANG, Z.; XU, Y.; CAI, X. Genome-wide dissection of the genetic basis for drought tolerance in *Gossypium hirsutum* L. races. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 876095, 2022.

GUPTA, A.; RICO-MEDINA, A.; CAÑO-DELGADO, A. I. The physiology of plant responses to drought. **Science**, v. 368, n. 6488, p. 266–269, 17 abr. 2020.

GUPTA, R.; SINGH, R. L. Genetically modified organisms (GMOs) and environment. **Principles and Applications of Environmental Biotechnology for a Sustainable Future**, p. 425-465, 2017.

HARRIGAN, G. G.; SORBET, R.; NEMETH, M. A.; PESTER, T. A.; RIORDAN, S. G.; RIDLEY, W. P.; REEVES, W.; MILLER, K. D. The forage and grain of MON 87460, a drought-tolerant corn hybrid, are compositionally equivalent to that of conventional corn. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 20, p. 9754-9763, 2009.

HARVEY, C. A. Transformation of coffee-growing landscapes across Latin America. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 41, n. 5, p. 62, 2021.

HE, C.; HUANG, J.; WEI, Y.; WANG, H.; ZHOU, B. A first-year maize/cassava relay intercropping system improves soil nutrients and changes the soil microbial community in the symbiotic period. **Frontiers in Microbiology**, v. 14, p. 1087202, 2023.

HELLER, H. S. W.; POLLNOW, G. E. Restauração de áreas de preservação permanente e de reserva legal na agricultura familiar com sistemas agroflorestais: uma potencial opção. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, 2024.

HOFFMANN, A. A.; PARSONS, P. A. **Extreme environmental change and evolution**. Cambridge: Cambridge University Press, 1997.

HUANG, J.; WU, F.; HU, T.; LIU, L.; WANG, J.; WANG, X.; LIU, J. Interactive effects of drought–flood abrupt alternation on morpho-agronomic and nutrient use traits in rice. **Agronomy**, v. 11, n. 11, p. 2103, 2021.

ILYAS, M.; NISAR, M.; KHAN, N.; HAZRAT, A.; KHAN, A. H.; HAYAT, K.; ULLAH, A. Drought tolerance strategies in plants: a mechanistic approach. **Journal of Plant Growth Regulation**, v. 40, p. 926-944, 2021.

JAWORSKI, C. C.; THOMINE, E.; RUSCH, A.; LAVOIR, A. V.; WANG, S.; DESNEUX, N. Crop diversification to promote arthropod pest management: A review. **Agriculture Communications**, v. 1, n. 1, p. 100004, 2023.

JEZEER, R. E. Effects of shade and input management on economic performance of smallscale Peruvian coffee systems. **Agricultural Systems**, v. 162, p. 179–190, 2018.

JING, X.; ZHOU, M.; WANG, J.; WANG, Y.; WANG, W.; WANG, K. Effect of drought stress

on root morphology and leaf photosynthetic characteristics of good taste japonica rice from late stage of panicle differentiation to early stage of grain filling.

Chinese Journal Of Rice Science, v. 38, n. 1, p. 33, 2024.

KARAM, D. **Sistema antecipe como estratégia de produção de milho segunda safra no show rural Coopavel**. Brasília: EMBRAPA Transferência de tecnologia, automação e agricultura de precisão, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/68070385/sistema-antecipe-como-estrategia-de-producao-de-milho-segunda-safra-estao-show-rural-coopavel>. Acesso em: 15 maio 2023.

KHAN, R.; MA, X.; SHAH, S.; WU, X.; SHAHEEN, A.; XIAO, L.; WANG, S. Drought-hardening improves drought tolerance in *Nicotiana tabacum* at physiological, biochemical, and molecular levels. **BMC Plant Biology**, v. 20, p. 1-19, 2020.

KHOKHARVOYTAS, A.; SHAHBAZ, M.; MAQSOOD, M. F.; ZULFIQAR, U.; NAZ, N.; IQBAL, U. Z.; ALSHAQHAA, M. A. Genetic modification strategies for enhancing plant resilience to abiotic stresses in the context of climate change. **Functional & integrative genomics**, v. 23, n. 3, p. 283, 2023.

KUMAR, V. Mixed cropping system along with coconut. **EPRA International Journal of Agriculture and Rural Economic Research**, p. 16-20, 2024.

LAI, H.; GAO, F.; SU, H.; ZHENG, P.; LI, Y.; YAO, H. Nitrogen distribution and soil microbial community characteristics in a legume–cereal intercropping system: A review. **Agronomy**, v. 12, n. 8, p. 1900, 2022.

LANDAU, E. C.; MOURA, L.; GUIMARÃES, D. P. **Mapeamento das épocas aptas para a semeadura de milho consorciado com braquiária na segunda safra agrícola no Brasil**. Sete lagoas-MG: Embrapa CNPMS, 2013. 15 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/977537>. Acesso em: 28 dez. 2024.

LAVEZZO, A. B.; BOTASSINI, M. P.; RODRIGUES, A. D.; ZERA, F. S. Extrato de alga na germinação e desenvolvimento inicial de capim braquiária decumbens cv. basiliak. **Simpósio de Tecnologia Fatec Jaboticabal**, v. 11, n. 1, p. 9-13, 2020.

LI, X. D.; GAO, Y. Q.; WU, W. H.; CHEN, L. M.; WANG, Y. Two calcium-dependent protein kinases enhance maize drought tolerance by activating anion channel ZmSLAC1 in guard cells. **Plant Biotechnology Journal**, v. 20, n. 1, p. 143-157, 2022.

LIMA, J. F.; SOUZA, J. B.; BARBOSA, A. S. Sustentabilidade em sistemas produtivos no município de Serraria, Paraíba. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 1, p. 105-110, 2020.

LIU, J.; LIU, J.; ZHOU, G.; AHMAD, I.; WU, H.; ZHU, Y.; ZHOU, G.; WANG, X.; AHMAD, I.; WU, Y.; WU, H.; DONG, G.; ZHU, Y.; WANG, X.; WU, Y. Association between Reactive Oxygen Species, Transcription Factors, and Candidate Genes in Drought-Resistant Sorghum. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 25, n. 12, p. 6464, 2024.

MAITRA, S.; HOSSAIN, A.; BRESTIC, M.; SKALICKY, M.; ONDRISIK, P.; GITARI, H.; SAIRAM, M. Intercropping—A low input agricultural strategy for food and environmental

security. **Agronomy**, v. 11, n. 2, p. 343, 2021.

MALISZEWSKI, E. **Estudo compara desempenho em três tipos de ILP**, 2021. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/noticias/estudo-compara-desempenho-em-tres-tipos-de-ilp448423.html>. Acesso em: 20 nov. 2024.

MANANDHAR, A.; PICHACO, J.; MCADAM, S. A. M. Abscisic acid increase correlates with the soil water threshold of transpiration decline during drought. **Plant, Cell & Environment**, v. 47, n. 12, p. 5067-5075, 2024.

MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Tecnologias do ABC+ (SPSabc)**, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/planoabc-abcmais/abc/tecnologias-do-abc-spsabc>. Acesso em: 18 nov. 2024.

MARCONDES, B. P. **Plantio antecipado de milho safrinha e intercalado nas entre-linhas da soja**. 2022. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Pitágoras UNOPAR, Londrina, 2022.

MARTINEZ, J.; GARCIA, P. Using satellite-based early warning systems for improving crop yield prediction and loss mitigation. **Field Crops Research**, v. 274, p. 107-115, 2024.

MATA, V. C.; FERNANDES, R. O.; JUNIOR, R. T. Descrição dos fatores que compõe a análise econômica de sistemas de integração no estado de Mato Grosso. **FLOVET- Boletim do Grupo de Pesquisa da Flora, Vegetação e Etnobotânica**, v. 2, n. 13, p. e2024008-e2024008, 2024.

MELICHER, P.; DVOŘÁK, P.; ŠAMAJ, J.; TAKÁČ, T. Protein-protein interactions in plant antioxidant defense. **Frontiers in Plant Science**, v. 13, p. 1035573, 2022.

MELLO, A. C. T. D.; CARNEVALLI, R. A.; SHIRATSUCHI, L. S.; PEDREIRA, B. C. E.; LOPES, L. B.; XAVIER, D. B. Improved grazing activity of dairy heifers in shaded tropical grasslands. **Ciência Rural**, v. 47, n. 2, p. e20160316, 2017.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A.; BUNGENSTAB, D. J.; FERREIRA, A. D. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. In: BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; BALBINO, L. C.; FERREIRA, A. D., eds. **ILPF: Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta**, Brasília: Embrapa, 2019. p. 429-454.

MENEZES, E.; FERNANDES, V. J.; DE SOUZA, T. S. **Plantas como fonte de polens para uso no controle biológico conservativo**. Controle alternativo de pragas e doenças: opção ou necessidade? EPAMIG, Belo Horizonte, 2021. p. 79.

MIRANDA, F. R. **Potencial de cafeeiros híbridos de timor para tolerância à deficiência hídrica**, 2023. 33 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2023.

MIRANDA, G. S.; ALMEIDA, V. G. S.; LIMA, R. S.; BRANDÃO, R. S.; SOUZA, C. M.; BARROS, F. V. V.; SILVA, A. S. Uso de leguminosas como componente arbóreo nos sistemas integrados de produção: Panorâmica sobre a sustentabilidade. **Revista Aracê**, v. 6, n. 3, p. 8578-8596, 2024.

MISHRA, R. R. Adoption of genetically modified crops can ensure food security in India. **National Academy Science Letters**, v. 43, n. 2, p. 213-217, 2020.

MOHANAVEL, W.; MUTHURAJAN, R.; MB N.; SWAIN, H. Improving Water Stress Resilient Crop Breeding Using Phenomics and Genomics Information Derived from Sorghum (*Sorghumbicolor* L.). **Madras Agricultural Journal**, v. 107, p. 1-5, 2020.

MONTEIRO, J. D. A.; CUADRA, S. V.; CUNHA, G. R.; BARIONI, L. G.; NAKAI, A. M. Estudo de caso de um Zoneamento Agrícola de Risco da Produtividade Climática (ZARPRO). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 21., 2019, Catalão. **Anais...** Catalão: CBAGRO: UFGO, 2019.

NASCIMENTO, D. B. D.; LOPES, M. L. S.; IZIDRO, J. L. P. S.; BEZERRA, R. C. A.; GOIS, G. C.; AMARAL, T. N. E. D.; DIAS, W. S.; BARROS, M. M. L.; OLIVEIRA, A. R. S.; FARIAS SOBRINHO, J. L.; COÊLHO, J. J. Ciclagem de Nitrogênio, Fósforo e Potássio em Ecossistemas de Pastagem. **Ciência Animal Brasileira**, v. 25, e-76743, 2024.

NDEGWA, J. K.; NJIRU, D. M.; MUCHERU-MUNA, M.; MUGWE, J. N.; GICHIMU, B. M. Integrated Soil Fertility and Water Management Practices for Enhanced Agricultural Productivity. **International Journal of Agronomy**, v. 2023, p. 1-8, 2023.

NERY, L. M.; SILVA, D. C. C.; SABONARO, D. Z. Transferência da tecnologia ILPF como estratégia para a minimização da degradação do solo. In: **ANAIS DO I SIMPÓSIO IBERO-AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO**, Seropédica, RJ, 2021.

NIERI, E. M.; MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; VENTURIN, R. P.; JUNIOR, J. A. P.; MELO, L. A. Silvicultural performance of forest species introduced in integrated livestock forest system in Lavras, MG, Brazil. **Ciência Rural**, v. 47, p. 1-8, 2017.

NUNES, A. L. P. **Qualidade estrutural do solo sob diferentes usos e manejos e relação com atributos microbiológicos e bioquímicos**. 2019. 90 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

OLAOYE, J. O. Challenges of weeding operation in intercropping and mixed cropping systems in Nigeria. **Agrociencia Uruguay**, v. 16, n. 3, p. 144-151, 2012.

OLIVEIRA, A. F.; BLIKSTAD, N. M. D.; VICTORIA, D. D. C.; CUADRA, S. V.; MONTEIRO, J. D. A. Avaliação dos impactos do ZARC ao produtor: o valor da informação para soja em MT. In: **Congresso brasileiro de agrometeorologia**, 22., 2023, Natal. A agrometeorologia e a agropecuária: adaptação às mudanças climáticas: Anais. Natal: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 2023. p. 1347-1350.

OLIVEIRA, L. T.; PEZZOPANE, J. E. M.; CECÍLIO, R. A. Potencial Impacto das Mudanças Climáticas no Zoneamento do Pinus no Espírito Santo. **Floresta e Ambiente**, v. 18, n. 1, p. 37-49, 2011.

PACHECO, F.; LAZZARINI, L. E.; ALVARENGA, I. Metabolismo relacionado com a fisiologia dos estômatos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 18, n. 36, 2021.

PARSONS, C. K.; DIXON, P. L.; COLBO, M. Relay cropping cauliflower with lettuce as a

means to manage first-generation cabbage maggot (Diptera: Anthomyiidae) and minimize cauliflower yield loss. **Journal of economic entomology**, v. 100, n. 3, p. 838- 846, 2007.

PEACE, N. Impact of climate change on insects, pest, diseases and animal biodiversity. **International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources**, v. 23, n. 5, p. 151-153, 2020.

PEREIRA, A. M. **O método de simular o déficit hídrico altera a classificação de ge- nótipos de eucalipto quanto à tolerância à seca?** 2024, 72 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Jaboticabal, 2024.

PEREIRA, A.V.; PACIULLO, D. S. C.; GOMIDE, C. A. M.; LÉDO, F. J. S. **Catálogo de forrageiras recomendadas pela Embrapa**. Brasília: Embrapa, 2016. 76 p.

PHIRI, A.; DIXON, A.; NJIRA, K. Comparative effects of legume-based intercropping systems involving pigeon pea and cowpea under deep-bed and conventional tillage systems in Malawi. **Agrosystems, Geosciences & Environment**, v. 7, n. 2, p. e20503, 2024.

PRŽULJ, N.; JANJIĆ, V.; TRKULJA, V. Current situation and challenges in production, use and control of the presence of genetically modified organisms (GMOs) in the world, European Union and Republic of Srpska. **ОДРЖИВИ РАЗВОЈ И УПРАВЉАЊЕ ПРИРОДНИМ РЕСУРСИМА РЕПУБЛИКЕ СРПСКЕ**, v. 3, n. 3, 2020.

RIBICHICH, K. F.; CHIOZZA, M.; ÁVALOS-BRITEZ, S.; CABELLO, J. V.; ARCE, A. L.; WATSON, G.; CHAN, R. L. Successful field performance in warm and dry environments of soybean expressing the sunflower transcription factor HB4. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, n. 10, p. 3142-3156, 2020.

RIBONI, M.; GALBIATI, M.; TONELLI, C.; CONTI, L. Gigantea enables drought escape response via abscisic acid-dependent activation of the florigens and suppressor of overexpression of constans1. **Plant Physiology**, v. 162, n. 3, p. 1706-1719, 2013.

RODRIGUES, A. P. D. C.; LAURA, V. A.; PEREIRA, S. R.; DEISS, C. Alelopatia de duas espécies de braquiária em sementes de três espécies de estilosantes. **Ciência Rural**, v. 42, p. 1758-1763, 2012.

ROSE, A. Economic principles, issues, and research priorities in hazard loss estimation. In: **Modeling spatial and economic impacts of disasters**. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2004. p. 13-36.

RUGGIERO, A.; PUNZO, P.; LANDI, S.; COSTA, A.; VAN OOSTEN, M. J.; GRILLO, S. Improving plant water use efficiency through molecular genetics. **Horticulturae**, v. 3, n. 2, p. 31, 2017.

SALLAM, A.; ALQUDAH, A. M.; DAWOOD, M. F. A.; BAENZIGER, P. S.; BÖRNER, A. Drought stress tolerance in wheat and barley: advances in physiology, breeding and genetics research. **International journal of molecular sciences**, v. 20, n. 13, p. 3137, 2019.

SAMI, A.; XUE, Z.; TAZEIN, S.; ARSHAD, A.; HE ZHU, Z.; PING CHEN, Y.; JIN ZHOU, K. CRISPR–Cas9-based genetic engineering for crop improvement under drought stress.

Bioengineered, v. 12, n. 1, p. 5814-5829, 2021.

SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S.; SPERA, S. T.; TOMM, G. O. Efeito de sistemas de produção integração lavoura-pecuária (ILP) sobre a fertilidade do solo em plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 4, p. 719-727, 2009.

SANTOS, M. F. A.; LINHARES, P. C. F.; ALVES, L. S.; CARLOS, K. G. S.; SILVA, U. L.; CARDOSO, E. A.; SOUSA, R. P.; ASSIS, J. P. Produtividade do consórcio de rúcula com coentro fertilizado com a mistura de palha de carnaúba (*Copernicia prunifera*) mais esterco bovino: Productivity of the intercropping of arugula with coriander with the mixture of carnauba straw (*Copernicia prunifera*) plus bovine manure. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 6, n. 2, p. 1727-1743, 2023.

SCHEEPENS, J. F.; DENG, Y.; BOSSDORF, O. Phenotypic plasticity in response to temperature fluctuations is genetically variable, and relates to climatic variability of origin, in *Arabidopsis thaliana*. **AoB Plants**, v. 10, n. 4, p. ply043, 2018.

SCHNEIDER, R. J. **Viabilidade do sistema de cultivo intercalar Trigo-Soja e Milho em sucessão**. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2021.

SHINOZAKI, K.; YAMAGUCHI-SHINOZAKI, K. Gene networks involved in drought stress response and tolerance. **Journal of experimental botany**, v. 58, n. 2, p. 221-227, 2007.

SILVA, E. E. Manejo orgânico da cultura da couve em rotação com o milho, consorciados com leguminosas para adubação verde intercalar em plantio direto. 2006. 69 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006.

SILVA, A. A. **Estudo da resistência à seca em soja: avaliações fisiológicas, metabólicas e moleculares**. 2017. 102 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

SILVA, T. Y. D. R.; GOSMANN, M. C. Avaliação do Programa de Subvenção ao Prêmio Seguro Agrícola (PSR) no RS na mitigação de perdas causadas por desastres climáticos na cultura da Soja. In: Congresso de Contabilidade da UFRGS (6.: 2024: Porto Alegre, RS). **Anais..** Porto Alegre, RS: PPGCONT/UFRGS, 2024.

SINGH, G. M.; GOLDBERG, S.; SCHAEFER, D.; ZHANG, F.; SHARMA, S.; MISRA, V. K.; XU, J. Biochemical, gas exchange, and chlorophyll fluorescence analysis of maize genotypes under drought stress reveals important insights into their interaction and homeostasis. **Photosynthetica**, v. 60, p. 376-388, 2022.

SINGH, S.; GUPTA, A. Early warning systems and their impact on agricultural risk management: A review. **Agricultural Systems**, v. 205, n. 1, p. 12-29, 2024.

SOTO-GÓMEZ, D.; PÉREZ-RODRÍGUEZ, P. Sustainable agriculture through perennial grains: Wheat, rice, maize, and other species. A review. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 325, p. 107747, 2022.

SOTTA, E. D.; SAMPAIO, F. G.; MARZALL, K.; SILVA, W. G. (Ed.). **Estratégia de**

adaptação à mudança do clima para a agropecuária brasileira. Brasília: Mapa, 2023. Disponível em: https://repositorio-dspace.agricultura.gov.br/bitstream/1/2120/4/PORTUGUES_NAP-Brazil-adaptation-report-pt- July03.pdf. Acesso em: 8 dez. 2024.

SZNITOWSKI-ADELICE, A. M.; QUEIROZ, A. A. F. S. L.; PADGETT-ROSAMARIA, R. C. M. L. Produzir com sustentabilidade: um estudo sobre as práticas circulares adotadas em uma propriedade rural em Mato Grosso, Brasil. 2022. In: ENCONTRO DA ANPAD, 46., 2022, on-line. **Anais...** Maringá: Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração, 2022. p. 20. Disponível em: <http://www.anpad.org.br>. Acesso em: 03 dez. 2022.

TAMBURINI, G.; BOMMARCO, R. T. C.; WANGER, C.; KREMEN, M. G.; VAN DER HEIJDEN, M. LIEBMAN, S.; HALLIN. Agricultural diversification promotes multiple ecosystem services without compromising yield. **Science advances**, v. 6, n. 45, p. eaba1715, 2020.

TAN, W.; LI, W.; LI, J.; LIU, D.; XING, W. Drought resistance evaluation of sugar beet germplasms by response of phenotypic indicators. **Plant Signaling & Behavior**, v. 18, n. 1, p. 2192570, 2023.

TESHOME, S. Review on strategy of developing intercropping practices. **International Journal of Current Research and Academic Review**, v. 7, p. 61-67, 2019.

THARANYA, M.; KHOLOVA, J.; SIVASAKTHI, K.; THIRUNALASUNDARI, T.; VADEZ, V. "Pearl millet," in Water-Conservation Traits to Increase Crop Yields in Water-Deficit Environments: *Case Studies*, ed. Sinclair T. R. **Springer**, p. 73-83, 2017.

THEODORO, J. M. V. **Efeito da farinha de milho germinado (*pennisetum glaucum* (L.) r. br.) nas alterações metabólicas de ratos alimentados com dieta rica em gordura saturada e frutose.** 2021. 105 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2021.

TILMAN, D; WEDIN, D; KNOPS, J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. **Nature**, v. 379, p. 718-720, 1996.

TOROMADE, A. S.; SOYOMBO, D. A.; KUPA, E.; IJOMAH, T. I. Reviewing the impact of climate change on global food security: Challenges and solutions. **International Journal of Applied Research in Social Sciences**, v. 6, n. 7, p. 1403-1416, 2024.

TORRENS, J. C. S. Sistemas Agroalimentares: impactos e desafios num cenário post pandemia. **P2P e Inovação**, v. 7, p. 192-211, 2020.

VASSURA, Y.; CASTRO, E. M.; SILVA, O. B.; PEREIRA, M. P.; BRITO, O. G.; ANDRADE JUNIOR, V. C.; PEREIRA, F. J. Anatomia e fisiologia foliar de cultivares de alho relacionadas à tolerância a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 59, n. AB, p. 03368, 2024.

VAZEUX-BLUMENTAL, N.; PAYSANT-LE ROUX, C.; ENJALBERT, J.; FLUTRE, T.; BAULAND, C.; CAIUS, J.; PARNAUDEAU, V.; MULLER, D.; MANICACCI, D.; LE GUILLOUX, M.; LE CADRE, E.; MOENNE-LOCCOZ, Y.; MATHIEU, L.; TE-NAILLON,

M. I.; MARMAGNE, A.; TRABAC, T.; LAGARDERE, B.; CARRA-RETTO, M.; PALAFFRE, C. A multidisciplinary on-farm survey of maize-bean inter-cropping highlights key considerations for reviving traditional agricultural systems. **bioRxiv**, p. 10-24, 2024.

WANG, C.; GUO, L.; LI, Y.; WANG, Z. Systematic Comparison of C3 and C4 Plants Based on Metabolic Network Analysis. **BMC Systems Biology**, v. 6, n. Suppl 2, p. S9, 2012.

WANG, J.; YIN, M.; DUAN, Y.; WANG, Y.; MA, Y.; WAN, H.; KANG, Y.; QI, G.; JIA, Q. Enhancing water and soil resources utilization via wolfberry–alfalfa intercropping. **Plants**, v. 13, n. 17, p. 2374, 2024.

WANG, T.; CHEN, Q.; GUO, Y.; GAO, W.; ZHANG, H.; LI, D.; CHEN, Q. The Drought Tolerance Function and Transcriptional Regulation of GhAPX7 in *Gossypium hirsutum*. **Plants**, v. 13, n. 15, p. 2032, 2024a.

WU, Y.; YONG, T.; YAN, Y.; YANG, F.; YANG, W.; WANG, X.; PU, T.; GONG, W.; LIU, J. Dynamic of recovery growth of intercropped soybean after maize harvest in maize–soybean relay strip intercropping system. **Food and Energy Security**, v. 11, n. 1, p. e350, 2022.

YAHAYA, M. A.; SHIMELIS, H.; NEBIE, B.; MASHILO, J.; POP, G. Response of african sorghum genotypes for drought tolerance under variable environments. **Agronomy**, v. 13, n. 2, p. 557, 2023.

YANG, J.; JIANG, Y.; ZHOU, F.; ZHANG, J.; LUO, H.; TIAN, S. Effects of PEG simulated drought stress on seedling morphology and physiological characteristics of different drought-resistance maize varieties. **Crops**, v. 37, n. 1, p. 82-89, 2021.

YANG, R.; SONG, S.; CHEN, S.; DU, Z.; KONG, J. Adaptive evaluation of green manure rotation for a low fertility farmland system: Impacts on crop yield, soil nutrients, and soil microbial community. **Catena**, v. 222, p. 106873, 2023.

YU, T.; MAHE, L.; LI, Y.; WEI, X.; DENG, X.; ZHANG, D. Benefits of crop rotation on climate resilience and its prospects in China. **Agronomy**, v. 12, n. 2, p. 436, 2022.

ZAIB, M.; ZEESHAN, A.; ASLAM, S.; BANO, S.; ILYAS, A.; ABBAS, Z.; MUM-TAZ, S. Drought Stress and Plants Production: A Review with Future Prospects. **International Journal of Scientific Research and Engineering Development**, v. 6, n. 04, p. 1278-1293, 2023.

ZHOU, Y.; KHAN, Q.; CHEN, C.; MCPHEE, K.; FRANCK, W. L.; FRANCK, S.; MCVAY, K.; CRUTCHER, F. K. Intercropping chickpea–flax for yield and disease management. **Agronomy Journal**, v. 115, n. 2, p. 726-743, 2023.

Artigo 2- Redigido conforme a norma do periódico científico	
Título do artigo:	Sistema Antecipe com milho e sorgo: Impacto na produtividade da soja e sustentabilidade dos cultivos intercalares
Autores:	Lara Nascimento Guimarães Adenilson Henrique Gonçalves Décio Karam Emerson Borghi Nathália Nascimento Guimarães Caíke de Sousa Pereira Tiago Yukio Inoue Isabela Goulart Custódio
Periódico:	Revista Contribuciones a Las Ciencias Sociales
ISSN	1988-7833
DOI	-

Sistema Antecipe com milho e sorgo: Impacto na produtividade da soja e sustentabilidade dos cultivos intercalares

Anticipate System with corn and sorghum: Impact on soybean productivity and sustainability of intercrops

Sistema de anticipación con maíz y sorgo: impacto en la productividad de la soja y la sostenibilidad de los cultivos intercalados

Lara Nascimento Guimarães

Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil
E-mail: laranascimentoaguimaraes96@gmail.com

Décio Karam

Doutor em Ciências de Plantas Daninhas
Instituição: Colorado State University
Endereço: Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil
E-mail: decio.karam@embrapa.br

Adenilson Henrique Gonçalves

Doutor em Ciências de Plantas Daninhas
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Lavras, Minas Gerais, Brasil
E-mail: adenilsonhg@ufla.br

Emerson Borghi

Doutor em Agronomia área de concentração em Agricultura
Instituição: Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP)
Endereço: São Carlos, São Paulo, Brasil E-mail: emerson.borghi@embrapa.br

Nathália Nascimento Guimarães

Doutoranda em Agronomia/Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Sete Lagoas, Minas Gerais, Brasil
E-mail: nathalianascimento92@gmail.com

Caíke de Sousa Pereira

Doutor em Agronomia/Fitotecnia
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Lavras, Minas Gerais, Brasil
E-mail: cksousa7@gmail.com

Tiago Yukio Inoue

Doutorando em Genética e Melhoramento de Plantas
Instituição: Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Endereço: Lavras, Minas Gerais, Brasil
E-mail: tiagoyukio2014@live.com.pt

Isabela Goulart Custódio

Doutora em Produção Vegetal

Instituição: Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) Endereço:

Diamantina Minas Gerais, Brasil

E-mail: Isabela.custodio@ufvjm.edu.br

RESUMO

O sistema de produção agrícola influencia diretamente o desempenho e a produtividade das culturas ao longo das safras. Entre os fatores determinantes, destacam-se a definição da janela de plantio e colheita e o arranjo das culturas em sucessão ou consorciação, fundamentais para a sustentabilidade produtiva. Nesse contexto, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto da implantação do Sistema Antecipe na produtividade da soja, considerando o tráfego da semeadora-adubadora, bem como analisar o efeito do cultivo intercalar antecipado da segunda safra, comparado ao sistema pós-soja. O Sistema Antecipe está alinhado aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, especialmente às metas 2.3 e 2.4, que visam aumentar a produtividade agrícola, garantir segurança alimentar e promover a agricultura sustentável. Os tratamentos consistiram na avaliação do efeito do tráfego da semeadora-adubadora no cultivo da soja e no cultivo de milho e sorgo após a colheita da soja, no sistema convencional, ou de forma intercalar à cultura em desenvolvimento, no Sistema Antecipe. Na soja foram avaliadas altura de plantas, altura de inserção da primeira vagem, número de vagens, número de grãos, massa de mil grãos e produtividade. Para o milho analisaram-se índice de espiga, estande, componentes da espiga e produtividade. No sorgo avaliaram-se número de panículas, estande e produtividade. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, ao nível de 5% de significância. Os resultados das safras 2022-2023 e 2023-2024 indicaram produtividade semelhante da soja com e sem tráfego, enquanto milho e sorgo apresentaram produtividade superior no Sistema Antecipe avaliado experimentalmente.

Palavras-chave: sistema intercalar, safrinha, soja, milho, sorgo, produtividade.

ABSTRACT

The agricultural production system directly influences the performance and productivity of crops throughout the seasons. Among the determining factors, the definition of the planting and harvesting window and the arrangement of crops in succession or intercropping, fundamental for productive sustainability, stand out. In this context, this study aimed to evaluate the impact of the implementation of the Anticipate System on soybean yield, considering the seeder-fertilizer traffic, as well as to analyze the effect of the early intercropping of the second crop, compared to the post-soybean system. The Anticipate System is aligned with the UN Sustainable Development Goals, especially targets 2.3 and 2.4, which aim to increase agricultural productivity, ensure food security, and promote sustainable agriculture. The treatments consisted of evaluating the effect of seeder-fertilizer traffic on soybean cultivation and on corn and sorghum cultivation after soybean harvest, in the conventional system, or interspersed with the crop under development, in the Anticipate System. In soybean, plant height, first pod insertion height, number of pods, number of grains, weight of one thousand grains and yield were evaluated. For corn, ear index, stand, ear components and yield were analyzed. In sorghum, panicle number, stand and yield were evaluated. The data were submitted to analysis of variance by the F test, at the level of 5% of significance. The results of the 2022-2023 and 2023-2024 harvests indicated similar productivity of soybeans with and without traffic, while corn and sorghum showed higher productivity in the experimentally evaluated Anticipate System.

Keywords: intercropping system, second crop, soybean, corn, sorghum, yield.

RESUMEN

El sistema de producción agrícola influye directamente en el rendimiento y la productividad de los cultivos a lo largo de las estaciones. Entre los factores determinantes destaca la definición del periodo de siembra y cosecha y la disposición de los cultivos en sucesión o intercalado, fundamentales para la sostenibilidad productiva. En este contexto, este estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto de la implementación del Sistema Anticipate en el rendimiento de la soja, considerando el tráfico de sembradora-fertilizante, así como analizar el efecto del intercalado temprano del segundo cultivo, en comparación con el sistema posterior a la soja. El Sistema de Anticipación está alineado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, especialmente con los objetivos 2.3 y 2.4, que buscan aumentar la productividad agrícola, garantizar la seguridad alimentaria y promover la agricultura sostenible. Los tratamientos consistieron en evaluar el efecto del tráfico de sembradora-fertilizante en el cultivo de soja y en el cultivo de maíz y sorgo tras la cosecha de soja, en el sistema convencional o intercalados con el cultivo en desarrollo, en el Sistema Anticipate. En la soja se evaluaron la altura de la planta, la altura de la primera inserción de vainas, el número de vainas, el número de granos, el peso de mil granos y el rendimiento. Para maíz, índice de mazorcas, soporte, componentes de mazorca y rendimiento. En el sorgo, se evaluaron el número de panículas, el soporte y el rendimiento. Los datos se sometieron a análisis de varianza mediante la prueba F, al nivel del 5% de significación. Los resultados de las cosechas 2022-2023 y 2023-2024 indicaron una productividad similar de la soja con y sin tráfico, mientras que el maíz y el sorgo mostraron una mayor productividad en el sistema Anticipate evaluado experimentalmente.

Palabras clave: sistema de interleaver, temporada baja, soja, maíz, sorgo, productividad.

1 INTRODUÇÃO

As condições climáticas adversas são fatores que vem limitando a produção agrícola brasileira. Eventos como estiagens déficit hídrico ou excesso de precipitação afetam a agricultura tanto tropical quanto a de áreas temperadas, principalmente quando associadas ao aumento de temperaturas (Assad, 2024).

A implantação de culturas de segunda safra fora da janela de cultivo recomendada no Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), aumenta significativamente a probabilidade de ocorrência de estresses climáticos como: seca, excesso de chuva e temperaturas extremas (ZARC, 2023). Esses estresses em estágios fenológicos sensíveis comprometem o potencial produtivo das culturas, intensificando a vulnerabilidade dos sistemas agrícolas (Coelho, 2025).

Além dos fatores ambientais, perdas durante o tráfego de máquinas agrícolas também têm contribuído para a redução da produtividade, sendo essas influenciadas tanto pelas características da cultura quanto por aspectos técnicos dos equipamentos utilizados (Ferreira et al., 2007; Carvalho Filho *et al.*, 2005). No caso da soja, cuja produção é totalmente mecanizada, a regulação adequada dos equipamentos para o tráfego na lavoura torna-se essencial. Essa

regulagem deve considerar a cultura, a característica genética, o teor de umidade dos grãos na colheita e a velocidade das operações (Chioderoli *et al.*, 2012).

Como forma de minimizar os efeitos negativos das intempéries climáticas, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) desenvolveu o Sistema Antecipe, que consiste no cultivo intercalar antecipado de culturas de segunda safra, como o milho e o sorgo. O objetivo dessa tecnologia é mitigar os efeitos das mudanças climáticas sobre estas culturas quando coincidem com o cultivo nos maiores riscos climáticos ou fora do período recomendado por ZARC. Nesse sistema, a cultura de sucessão é semeada nas entrelinhas da soja durante o ciclo reprodutivo entre os estádios R6 e R7 (Karam *et al.*, 2020).

Com isso, o Sistema Antecipe se torna uma alternativa para favorecer o desenvolvimento vigoroso da segunda safra devido ao maior período de precipitação proporcionado pela antecipação do cultivo, resultando em incremento de produtividade dentro do sistema produtivo quando comparado a semeadura realizada no final da janela de plantio ou fora dela (Karam *et al.*, 2020).

O tráfego de semeadora-adubadora desenvolvida para o Sistema Antecipe, utilizada na semeadura intercalar de diferentes arranjos de culturas de cobertura, não comprometeu a produtividade da soja (Guimarães *et al.*, 2024). Entre os arranjos avaliados, o cultivo intercalar com *Urochloa ruziziensis*, *Cajanus cajan* e *Stylosanthes spp.* apresentou melhor desempenho na produtividade de soja (3.736,8 kg ha⁻¹), superando os demais: *Raphanus sativus* + *Urochloa brizantha* + *Stylosanthes spp.* (3.512,4 kg ha⁻¹), *Crotalaria breviflora* + *Panicum maximum* + *Stylosanthes spp.* + *Stylosanthes guianensis* (3.428,7 kg ha⁻¹), e o sistema convencional sem pousio (3.215,6 kg ha⁻¹).

A antecipação da semeadura do milho em 17 dias proporcionou um incremento médio de 16,7% na produtividade, por favorecer o estabelecimento das plantas e minimizar os riscos climáticos (Borghetti *et al.*, 2021). Além disso, o sistema promove a melhoria das propriedades do solo, resultando em sistemas agrícolas mais resilientes e produtivos (Borghetti *et al.*, 2021; Magalhães *et al.*, 2020).

Contudo, este estudo teve como objetivo avaliar o impacto do tráfego da semeadora adubadora nas entrelinhas da soja para a implantação do sistema de cultivo antecipado e o efeito do Sistema Antecipe na produtividade das culturas do sorgo e do milho em cultivo intercalar antecipado. Este sistema produtivo está alinhado com os objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU das metas 2.3 e 2.4, que visam acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar, melhorar a nutrição e promover a agricultura sustentável (Organização das Nações Unidas, 2015).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos na área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, localizada no município de Sete Lagoas, Minas Gerais, situada a 19°28' de latitude sul, 44°15' de longitude oeste e a uma altitude de 732 metros. Os experimentos foram realizados em dois ciclos agrícolas consecutivos, correspondentes às safras de 2022-2023 e 2023-2024. A caracterização climática da região, de acordo com a classificação de Köppen (1936), corresponde ao tipo Cwa, ou seja, clima tropical de altitude com estação seca no inverno e verão chuvoso, apresentando temperatura média anual de 21,8 °C e precipitação média de 1.345 mm (Instituto Nacional De Meteorologia., 2025) com maior incidência entre os meses de outubro e março. O solo da área foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) (Santos *et al.*, 2018), textura argilosa e histórico de uso agrícola superior a 30 anos com cultivos sucessivos de soja, milho e/ou sorgo e períodos de pousio nas entressafras.

A escolha das cultivares foi baseada na recomendação devido à boa adaptação às condições locais. As cultivares utilizadas foram: soja RK 7518 IPRO (Grupo de maturação 7.5) (Gomes, 2022), milho K9960 Vip 3, sorgo BRS 3318 para a safra 2022-2023 e para a safra 2023-2024 foram: soja BRS 5980 IPRO (GM: 5.9) (Arruda *et al.*, 2022), milho KWS 9068, sorgo K200.

Os experimentos foram dispostos em faixas no esquema fatorial 2x2, onde o primeiro fator foi composto por dois sistemas de cultivo das culturas de segunda safra: o sistema intercalar (Sistema Antecipe), com tráfego da semeadora nas entrelinhas da cultura de verão e o sistema convencional pós-soja, sem tráfego nas entrelinhas da soja. O Sistema Antecipe foi caracterizado pela semeadura mecanizada de milho ou sorgo nas entrelinhas da soja em estágio de maturação (R7) e o sistema convencional que consistiu na implantação das culturas da segunda safra após a colheita da soja. O segundo fator correspondeu aos dois anos agrícolas (2022-2023 e 2023-2024).

O cultivo da soja no ano agrícola de 2022 foi realizado nas seguintes datas: semeadura 27/10/2022 e colheita 09/03/2023 e para o ano agrícola de 2023 a soja foi semeada no dia 10/11/2023 e colhida no dia 27/03/2024. O ciclo da cultura do milho e sorgo no sistema convencional, na safra 2022-2023 correspondeu a 137 dias, e na safra 2023-2024 foi de 154 dias. Já no sistema de cultivo antecipado foram 161 dias e 170 dias para as safras 2022-2023 e 2023-2024, respectivamente.

A população de soja foi estabelecida em 360.000 plantas ha⁻¹. Para avaliar o desempenho agrônômico nos sistemas com e sem tráfego da semeadora-adubadora foi realizada a coleta das

plantas em 5 metros com 10 repetições e dessas foram separadas 10 plantas por repetição para a determinação da altura da planta, altura de inserção da primeira vagem, número total de vagens por planta, número de vagens com 1 a 4 grãos e número total de grãos por planta. O peso de 1.000 grãos foi determinado após homogeneização dos grãos de quatro repetições, posteriormente pesados e corrigido para umidade de 13%. Essa mesma correção da umidade foi utilizada para a variável produtividade da soja.

O milho e o sorgo foram semeados utilizando semeadora-adubadora desenvolvida pela Embrapa (BR 10 2020 009566 8) para a implementação do sistema de cultivo antecipado. A densidade populacional do milho foi de 66.000 plantas ha^{-1} e o sorgo 200.000 plantas ha^{-1} . O espaçamento entrelinhas utilizado para todas as culturas foi de 0,50 m.

As avaliações de estande, número de espigas ou panícula ha^{-1} e índice de espigas foram realizadas antes da colheita das culturas de segunda safra. A contagem de plantas e de espigas ou panículas foram realizadas em 2 linhas de 5 metros de comprimento com 5 repetições cada, sendo os valores expressos em plantas ha^{-1} e espigas ha^{-1} . Através da relação do número de espigas e do estande de plantas foi calculado o índice de espigas, e para quantificar o número de fileiras e número de grãos por espiga do milho foi realizada a coleta aleatória de 10 espigas nas 2 linhas.

A produtividade de grãos foi estimada a partir das espigas/panículas de 2 linhas de 5 repetições. Os grãos foram pesados e as subamostras foram separadas para ser avaliada a massa de 1.000 grãos e a umidade dos grãos. Os dados destas duas variáveis foram ajustados para 13% de umidade.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA), utilizando o esquema fatorial: sistema e/ou tráfego x ano de cultivo. O teste F foi utilizado para verificação da significância dos efeitos dos tratamentos e quando significativo procedeu-se à comparação de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVAS DA CULTURA DA SOJA

A análise de variância (Tabela 1) apresentou diferenças significativas para a cultura da soja nas variáveis: altura de inserção da primeira vagem, vagens com 3 grãos, peso de 1.000 grãos e produtividade, avaliadas ao nível de 5% de probabilidade, indicando a existência de variabilidade entre as safras de 2022-2023 e 2023-2024 e o tráfego de maquinário (com e sem) na soja. Esta variação pode ter sido influenciada por diversos fatores ambientais, incluindo a

precipitação que variou de uma safra para outra. No cultivo da soja a precipitação acumulada foi de 1.183 mm na safra de 2022-2023 e 733 mm na safra de 2023-2024. Esta variação de precipitação influencia no potencial de rendimento da produtividade da cultura. Segundo Gava (2014), o alcance do potencial produtivo da soja depende do volume de precipitação acumulada que deve ser considerado durante o seu ciclo de 450 a 850 mm, levando em consideração as variações do clima durante o crescimento da cultura e a variedade implantada.

Tabela 1: Análise de variância da altura de planta, altura de inserção de primeira vagem, número de vagens com 1, 2, 3 e 4 grãos, grãos por planta, peso de 1.000 grãos e produtividade, em função de diferentes sistemas de cultivo e safra.

Fator	Altura		N° total	Grãos				Peso ¹	(kg ha ⁻¹) ²	
	Planta	Inserção 1 ^a vagem		Vagens						
			1	2	3	4	Planta			
Tráfego	123,3 ^{ns}	18,2 ^{**}	418,6 ^{ns}	5,6 ^{ns}	5,5 ^{ns}	134,9 ^{ns}	0,9 ^{ns}	6.2x10 ^{3ns}	15,4 ^{**}	14,0x10 ^{3 ns}
Ano	1.8x10 ^{3**}	62,7 ^{**}	10.7x10 ^{3**}	605,3 ^{**}	4.9x10 ^{3**}	103,2 ^{ns}	0,1 ^{ns}	29.4x10 ^{3ns}	153,3 ^{**}	12.3x10 ^{6 ns}
Tráfego x Ano	34,8 ^{ns}	27,4 ^{**}	321,6 ^{ns}	0,2 ^{ns}	13,9 ^{ns}	256,0 [*]	0,3 ^{ns}	4.3x10 ^{3**}	15,4 ^{ns}	2.3x10 ^{6 ns}
Erro	37,2	2,2	252,8	8,1	33,5	45,4	0,3	1,7x10 ³	1,0	38,2x10 ⁴
CV (%)	1,0	1,1	3,5	8,4	6,0	2,1	3,5	3,2	1,2	1,2

^{ns} sem diferença estatística; * estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade; ** estatisticamente diferente ao nível de 1% de probabilidade, CV - coeficiente de variação (%), ¹ Peso de 1.000grãos; ² Produtividade (kg ha⁻¹).

O tráfego da semeadora-adubadora realizado no cultivo antecipado não afetou a altura das plantas de soja, assim como a interação entre os fatores ano e tráfego (Tabela 1 e 2). Em 2023, observou-se que a altura média das plantas da cultivar RK 7518 IPRO de 97,29 cm, foi superior à da cultivar BRS 5980 IPRO (2024) com 83,72 cm. Esta resposta foi próxima à observada por Correia (2021), para a cultivar BRS 5980 IPRO, com altura de 93,45 cm, sem aplicação de herbicida no tratamento. De acordo com o avaliado por Santos et al., (2019) a altura da cultivar RK 7518 IPRO, variou de acordo com o município em que foi cultivada sendo que, em Capão Bonito - SP a altura das plantas foi de 95,00 cm, em Pindorama – SP 85,70 cm, em Mococa - SP 67,50 cm e em Mogi Mirim - SP 99,00 cm.

Tabela 2. Características agrônômicas e produtividade da soja, sob diferentes sistemas de produção.

Altura (cm)			Altura Inserção 1ª vagem (cm)			
Tráfego	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Com	98,11aA	86,41aA	92,26a	20,39aA	19,53aA	19,96 ^a
Sem	96,47aA	81,04aA	88,75a	20,70aA	16,49bB	18,59b
Média	97,29 A	83,72 B	90,51	20,55 A	18,01B	38,55
Nº total de vagens			Vagens com 1 grão			
Tráfego	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Com	50,16aA	89,08aA	69,62a	1,52aA	9,16aA	5,34a
Sem	49,35aA	76,77aA	63,06a	2,13aA	10,05aA	6,09a
Média	49,76 B	82,92 A	66,34	1,83 B	9,61 A	5,72
Vagens com 2 grãos			Vagens com 3 grãos			
Tráfego	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Com	10,39aA	34,38aA	22,38a	33,36aB	41,97aA	37,66a
Sem	10,84aA	32,39aA	21,62a	34,80aA	32,88bA	33,84a
Média	10,62 B	33,38 A	22,00	34,08 A	37,42 A	35,75
Vagens com 4 grãos			Nº total de grãos planta ⁻¹			
Tráfego	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Com	1,71aA	1,79aA	1,75a	138,76aA	215,19aA	176,97a
Sem	1,58aA	1,31aA	1,45a	134,53aA	169,05aA	151,79a
Média	1,65 A	1,55 A	1,60	176,65B	192,12A	164,38
Peso de 1000 grãos			Produtividade (kg ha ⁻¹)			
Tráfego	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Com	155,2bA	128,5aB	141,8b	3336,4aB	4460,5aA	3.898,5a
Sem	180,0aA	128,5aB	154,5a	3649,6aA	4094,4aA	3.872,0a
Média	167,6A	128,5B	148,2	3493,0 B	4277,5 A	3.885,3

Médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). Letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna diferentes indicam diferenças significativas entre os tratamentos.

A altura de inserção da primeira vagem foi significativa para os fatores separados e para a interação (Tabela 1). Na safra 2022-2023, a cultivar RK 7518 IPRO obteve altura média de inserção da primeira vagem de 20,55 cm, enquanto na safra 2023-2024 para a cultivar BRS

5980 IPRO foi de 18,01 cm (Tabela 2). Para esta última, Braga (2025) e IGA (2020) relataram a altura de inserção de 19,70 cm e 16,70 cm, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados para a cultivar RK 7518 IPRO com 24,10 cm (IGA, 2020) e 19,00 cm (Almeida *et al.*, 2024).

O número total de vagens por planta foi significativamente maior na safra 2023-2024 (81,97), do que na safra 2022-2023 (48,30), independentemente do tráfego da semeadora-adubadora nas entrelinhas da soja (Tabela 2). Ressalta-se que a diferença de aproximadamente 3 vezes a mais para a cultivar BRS 5980 IPRO pode estar relacionada as diferentes cultivares utilizadas nas safras em estudo. Essa diferença está associada a diferença estatística observada para o número de vagens com um e três grãos (Tabela 2). Neste estudo o valor observado para a cultivar BRS 5980 IPRO foi superior aos 68,60; 58,76 e 56,20 observados em outros municípios de Minas Gerais: Cordisburgo, Machado e Buritis, respectivamente (Braga, 2025; Silva *et al.*, 2019; Arruda *et al.*, 2022). Para a cultivar RK 7518 IPRO foi observado o valor de 48,30 vagens por planta superior às 35,70 relatadas por Almeida *et al.*, (2024).

A mesma tendência foi detectada para o número de grãos por planta nas safras de 2022-2023 e 2023-2024, que condiz com a diferença de cultivares utilizadas, sendo que a BRS 5980 IPRO foi 40,6% superior a RK 7518 IPRO. De acordo com Leite., (2021), a cultivar RK 7518 IPRO, em plantas sem sombreamento, produziu em média 2,53 grãos por vagem, enquanto neste estudo a média observada foi de 3,55 grãos por vagem. Porém, a tendência observada para o peso de 1.000 grãos evidenciou um aumento de 39,10 gramas na cultivar RK 7518 IPRO (167,60 g) quando comparada à BRS 5980 IPRO (Tabela 2). O valor de 128,50 g por 1.000 grãos é inferior aos descritos na literatura de 157,70 g e 171,82 g (Silva *et al.*, 2019; Correia, 2021). Apesar disso, em condições de 630 mm de precipitação, Pereira (2020) observou que peso de 1.000 grãos para essa cultivar de 103,40 g, muito inferior ao observado nesse estudo.

O trânsito da semeadora-adubadora nas entrelinhas da soja não ocasionou danos à cultura da soja, o que refletiu na ausência de diferença estatística para o fator tráfego. Quanto à produtividade da cultura da soja, observou-se que a cultivar BRS 5980 IPRO (safra 2022-2023) apresentou maior rendimento do que a cultivar RK 7518 IPRO (safra 2023-2024) o que pode estar atrelado ao potencial genético da cultivar aliado às condições ambientais às quais foram conduzidas no trabalho (Tabelas 1 e 2). Essa maior produtividade da BRS 5980 IPRO está associada ao maior número de vagens e grãos por planta observado em relação a RK 7518 IPRO (Tabela 2).

A produtividade média observada (4.277,50 kg ha⁻¹) para a cultivar BRS 5980 IPRO é superior e condizente com valores observados na literatura de 3.500,00 kg ha⁻¹ (Silva *et*

al.,2020) e 3.940,00 kg ha⁻¹ (Correia, 2021), entretanto, inferior ao valor de 5.077,40 kg ha⁻¹ observado por Silva et al., (2019). As cultivares M5947 IPRO e 95R95 IPRO, que possuem o mesmo grupo de maturação (superprecoce 5.9) produziram 5.039,00 e 2.690,00 kg ha⁻¹, respectivamente, o que pode ser atribuído à combinação de fatores genéticos, fatores morfológicos como altura de planta e peso de grãos além do manejo adequado, que juntos favorecem o aproveitamento dos recursos ambientais e a eficiência da cultura (Gibson e Mullen., 2001).

A cultivar RK 7518 IPRO produziu menos do que a cultivar BRS 5980 IPRO, com produtividade média de 3.493,00 kg ha⁻¹, aproximadamente 8,3% inferior ao observado por Matos., (2021) em estudo realizado na região de Chapadão do Céu GO durante a safra 2020-2021, e 15,1% menor que a produtividade encontrada por Almeida., (2024), de 4.019,40 kg ha⁻¹ em Ipiranga do Norte MT. Para cultivares que possuem GM (7.4), quando cultivadas na região de Lavras-MG, a produtividade é similar a descrita no presente trabalho, sendo estas: 3.518,60 kg ha⁻¹ (TMG 1179 RR), 3.282,30 kg ha⁻¹ (TMG 1181 RR), 3.695,00 kg ha⁻¹ (FMT 08061.708/2) e 3.160,70 kg ha⁻¹ (TMG 123) (Gesteira *et al.*, 2015). Essas variações na produtividade da cultivar são decorrentes das condições climáticas de cada região de cultivo.

Este resultado positivo foi alcançado com a semeadora adubadora trafegando na área de cultivo quando a cultura da soja estava no estágio R7. Contrariando este fato, o tráfego pulverizadores na cultura da soja em estágio reprodutivo R1 e R5, ocasiona perda na produtividade de 156 kg ha⁻¹ ou 3,68% (Costa., 2009). Esta perda também foi observada por Hanna *et al.*, (2007) devido ao amassamento de plantas podendo ser de 0,8% e 6,3%.

A eficiência operacional no cultivo da soja reforça a importância de práticas agrícolas que maximizem o desempenho produtivo, sem comprometer o desenvolvimento da cultura, possibilitando o cultivo de duas culturas simultaneamente durante um breve período, tornando vantajoso o aproveitamento de precipitação para ambas as culturas. Nesse contexto, foi possível observar que o cultivo antecipado de milho e sorgo apresentou maior aproveitamento da precipitação em comparação ao cultivo em sistema convencional pós-soja (Figuras 1 e 2).

3.2 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVAS DA CULTURA DO MILHO

Na safra 2022-2023, o cultivo antecipado registrou 181,40 mm de precipitação durante o período de desenvolvimento das culturas, enquanto o convencional pós-soja, acumulou apenas 98,2 mm, com 84,7% mais água no milho cultivado nas entrelinhas da oleaginosa. Situação semelhante ocorreu na safra 2023-2024, onde o cultivo antecipado acumulou 152 mm e o pós-soja 892 mm, ou seja, 63 mm a mais. Esses resultados demonstram que a antecipação

do plantio das culturas de segunda safra é economicamente mais eficiente, já que o maior aproveitamento das chuvas contribui diretamente para melhorias nos componentes produtivos dessas culturas.

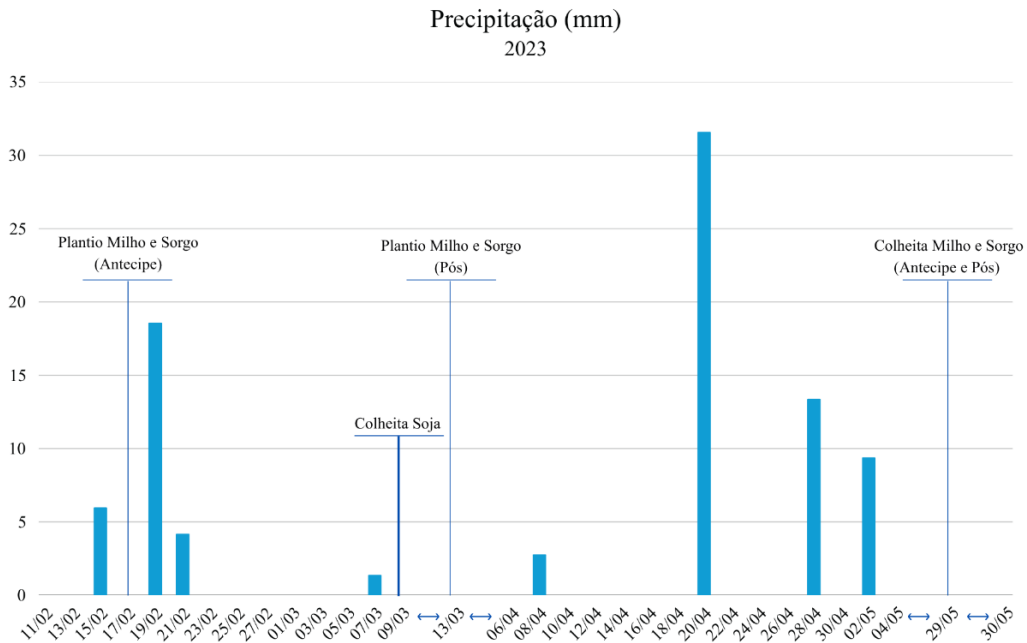


Figura 1: Precipitação (mm) entre os anos de 2022 e 2023, no município de Sete Lagoas, MG em área de cultivo das culturas do milho e sorgo. Na horizontal, estão representados os dias, e na vertical o volume de precipitação em milímetros.

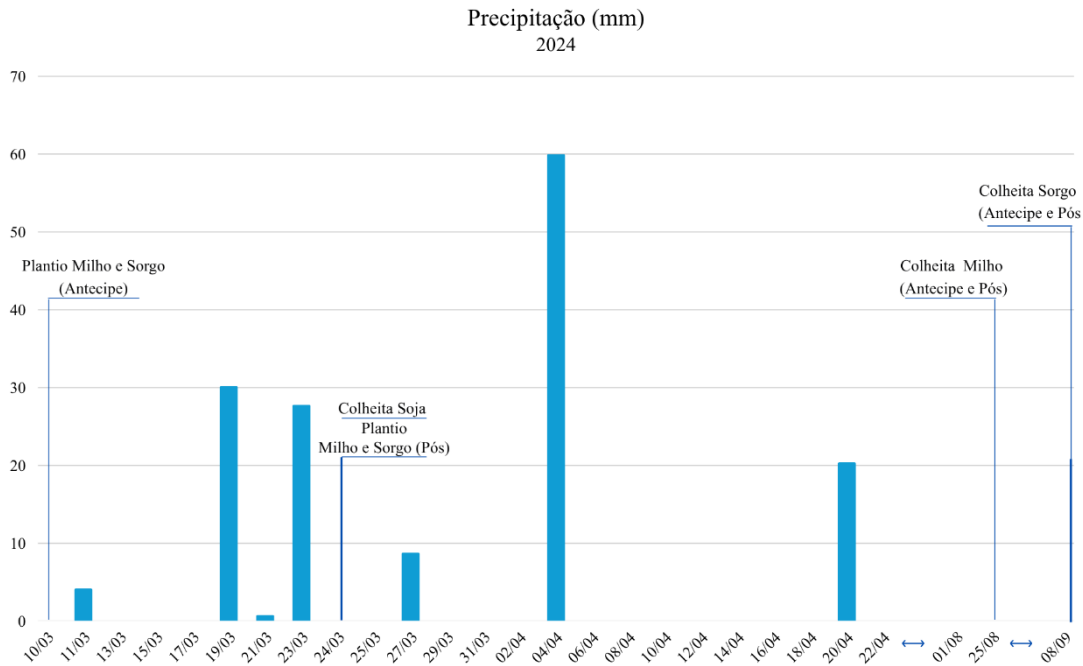


Figura 2: Precipitação (mm) entre os anos de 2023 e 2024, no município de Sete Lagoas, MG em área de cultivo das culturas do milho e sorgo. Na horizontal, estão representados os dias, e na vertical o volume de precipitação em milímetros.

A interação entre os fatores sistema de semeadura e safras 2022-2023 e 2023-2024 foi significativa para os parâmetros: índice de espiga, número de grãos por fileira e estande avaliados a 5% de probabilidade (Tabela 3).

Tabela 3. Valores de F da análise de variância para as características agrônômicas do milho, em função dos sistemas de cultivo e das safras 2022-2023 e 2023-2024.

QM – MILHO						
Variáveis	Índice de Espigas	Espiga (ha ⁻¹)	Nº Fileiras	Grãos Fileira ⁻¹	Estande	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Sistema	0,40**	3,01 x 10 ^{9**}	9,57 ^{ns}	43,09*	4,41 x 10 ^{7 ns}	9,33 x 10 ^{6**}
Ano	5,74**	2,24 x 10 ^{10**}	161,46**	3.015,34**	2,02 x 10 ^{9**}	1,22 x 10 ^{8**}
Sistema x Ano	0,13*	1,12 x 10 ^{8ns}	3,13 ^{ns}	52,64*	3,48 x 10 ^{8**}	1,25 x 10 ^{6 ns}
Erro	0,02	1,01 x 10 ⁸	4,48	9,28	4,57 x 10 ⁷	2,19 x 10 ⁵
CV (%)	60,9	58,6	24,3	39,6	13,8	84,4

^{ns} sem diferença estatística; * estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade; ** estatisticamente diferente ao nível de 1% de probabilidade, CV - coeficiente de variação (%).

O cultivo intercalar antecipado apresentou maior IE, com média de 0,792, superando estatisticamente o sistema pós-soja, que obteve 0,593. Os índices médios foram de 1,07 no ano de 2023, e 0,31 em 2024. As diferenças entre anos dentro de cada sistema evidenciam que o Sistema Antecipe demonstrou maior resiliência, enquanto o pós-soja foi mais suscetível às condições adversas, comprometendo seu desempenho reprodutivo no segundo ano avaliado. O IE pode ser influenciado também pelo sistema de preparo do solo conforme observado por Silva et al., (2001) quando cultivado no sistema de semeadura direta (SD) com maior IE (1,30) quando comparado ao arado de aiveca (AA) (0,9), arado de disco (AD) (1,20), grade pesada (GP) (1,10) e enxada rotativa (ER) (1,0).

Tabela 4. Características agrônômicas e produtividade do milho, sob diferentes sistemas de produção.

Índice de espiga			Espiga ha ⁻¹			
Sistema	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Antecipe	1,11aA	0,47aB	0,792a	78.400aA	33.777aA	56.088,89a
Pós-soja	1,03aA	0,16bB	0,593b	64.200aA	12.800aA	38.500,00b
Média	1,072 A	0,314 B	0,69	71.300,00A	23.288,89B	47.294.44
N° de Fileiras			Grãos fileiras ⁻¹			
Sistema	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Antecipe	13,96aA	9,26aA	11,61a	35,03aA	14,83 aB	24,93a
Pós-soja	14,39aA	10,84aA	12,61a	30,54bA	15,06aB	22,80b
Média	14,18 A	10,05 B	12,12	32,79 A	14,94 B	23,87
Estande (plantas ha ⁻¹)			Produtividade (Kg ha ⁻¹)			
Sistema	Ano		Média	Ano		Média
	2023	2024		2023	2024	
Antecipe	70.600aB	78.900aA	74.750a	4.764,27aA	752,15aB	2.758,21a
Pós-soja	62.600bB	82.700aA	72.650a	3.386,2bA	113,54bB	1.749,87b
Média	66.600 B	80.800 A	73.700	4.075,24 A	432,84 B	2.254,04 ⁵

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A variável número de espigas por hectare, apresentou diferença estatística entre os sistemas de cultivo e os anos avaliados. O Sistema Antecipe se destacou com a média de 56.089 espigas ha⁻¹, enquanto o sistema pós-soja obteve apenas 38.500 espigas ha⁻¹, totalizando 17.589 espigas ha⁻¹ a mais no cultivo antecipado (Tabela 4). No ano de 2023, as condições de cultivo proporcionaram acréscimo na média de 71.300 espigas ha⁻¹, valor cerca de três vezes superior ao observado em 2024 (23.289,0 espigas ha⁻¹). A cultivar de milho K9960 VIP3, semeada em 2023, expressou maior potencial de formação de espigas em comparação à cultivar KWS 9668 VIP3 utilizada em 2024. Essa diferença pode ser atribuída a fatores genéticos da cultivar, que conferem maior adaptabilidade à região, aliado às condições ambientais ocorrentes naquele período. No experimento conduzido em Coimbra Mg, com semeadura realizada em 5 de março, observou-se estande final semelhante ao sistema pós soja descrito no presente trabalho (Silva *et al.*, 2001). No sistema de cultivo antecipado verificou-se vantagem no estabelecimento da cultura, confirmando o favorecimento desse sistema para maior produtividade.

Quanto ao número de fileiras por espiga, não houve diferença significativa entre os sistemas de cultivo (Tabela 3). A variação ocorreu apenas entre os anos de cultivo, sendo que em 2023 a média foi de 14,2 fileiras, superior ao observado em 2024 (10,05 fileiras) (Tabela 4). Esse resultado foi inferior ao observado por Daniel *et al.* (2020), que observaram 17,6 fileiras por espiga, resultado semelhante com os valores relatados por Fernandes *et al.* (2024), em sistema de plantio direto no Pará (15,2 fileiras por espigas).

Na variável número de grãos por fileira, houve diferença estatística para todos os fatores avaliados (Tabela 3). O Sistema Antecipe apresentou média de 24,9 grãos por fileira, superior ao sistema pós-soja (22,8 grãos por fileira). O ano de 2023 se destacou novamente, com 32,8 grãos por fileira, enquanto 2024 apresentou aproximadamente a metade (14,9 grãos por fileira). Esses resultados estão de acordo com o observado por Daniel *et al.* (2020) de 27,3 grãos por fileira para milho cultivado solteiro e 31,2 grãos por fileira em sistema de plantio direto (Fernandes *et al.*, 2024).

O estande de plantas ha^{-1} , embora não tenha apresentado diferença significativa entre os sistemas de cultivo, mostrou diferença estatística para a interação entre sistema e ano (Tabela 3). A combinação do ano 2023 com o cultivo antecipado resultou em maior número de plantas ha^{-1} , quando comparada ao mesmo ano no cultivo pós-soja. Em 2024, tanto o sistema Antecipe quanto o pós-soja se equipararam, não diferindo estatisticamente (Tabela 3). Para esse ano, o estande final foi de 78.900 plantas ha^{-1} no Antecipe e 82.700 plantas ha^{-1} no pós-soja, com média de 80.800 plantas ha^{-1} . A variação observada entre os anos não se deve aos tratamentos, mas sim em função de fatores não controlados (ao acaso). A média geral de 73.700 plantas ha^{-1} observada neste experimento, foi equivalente a relatada por Fountoura *et al.*, (2005), que observaram estandes de 60.000 e 75.000 plantas ha^{-1} , com produtividade similar independente do estande avaliado (4.313,50 kg ha^{-1} e 4.567,40 kg ha^{-1}). De forma semelhante, o estande inferior de 55.000 plantas ha^{-1} do híbrido DKB 350 avaliado por Pereira *et al.*, (2009) resultou em produtividade de 4.474,50 kg ha^{-1} .

Por fim, a produtividade revelou-se altamente sensível aos dois fatores avaliados. O sistema Antecipe apresentou maior média entre os anos de cultivo (2.758,20 kg ha^{-1}) em comparação ao sistema pós-soja (1.749,90 kg ha^{-1}). O ano agrícola teve impacto marcante, sendo 2023 mais produtivo, com média de 4.075,20 kg ha^{-1} , enquanto em 2024 os rendimentos caíram para apenas 432,80 kg ha^{-1} . Essa tendência foi confirmada pela interação entre sistema e ano onde, a produtividade do sistema Antecipe reduziu de 4.764,30 kg ha^{-1} em 2023 para 752,20 kg ha^{-1} em 2024, já no sistema pós-soja a produtividade foi ainda mais acentuada, de 3.386,20 kg ha^{-1} para apenas 113,54 kg ha^{-1} . Esses resultados indicam que, apesar das variações,

o Sistema Antecipe apresentou maior estabilidade produtiva frente às adversidades ambientais no segundo ano.

O período de semeadura afeta diretamente a produtividade da cultura do milho, reduzindo o rendimento de grãos em 66 kg ha⁻¹ por dia de atraso (Gontijo Neto et al., 2013). Diversos autores relatam produtividades o em condições de segunda safra em proporções similares às observadas neste estudo, como e 6.739,30 kg ha⁻¹ com estande de 600.000 plantas ha⁻¹ e 6.810,00 kg ha⁻¹ com estande de 58.000 plantas ha⁻¹ (Daniel *et al.*, 2020; Fernandes *et al.*, 2024).

Esta variação de produtividade deve-se principalmente ao estande de plantas e ao período de semeadura. A semeadura antecipada do milho, realizada até o dia 10 de março, proporciona maiores produtividades por aproveitar condições climáticas mais favoráveis e reduzir riscos de estresse hídrico (Cunha *et al.*, 2020). Na região norte do Paraná, a produtividade foi de aproximadamente 5.800,00 kg ha⁻¹ quando semeado antes de 10 de março e de 4.800,00 kg ha⁻¹ quando semeado após essa data (Cunha *et al.*, 2020). Esses resultados confirmam que a semeadura antecipada contribui para maior estabilidade produtiva, reforçando a relevância do zoneamento agrícola como estratégia para reduzir riscos climáticos. Quanto mais tardia for a semeadura, menor será o potencial produtivo e maior o risco de perdas por geadas e/ou seca (Pereira *et al.*, 2009).

3.3 CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS E PRODUTIVAS DA CULTURA DO SORGO

A análise de variância apresentada na Tabela 6 revelou que não houve diferença significativa na interação entre sistema e ano para nenhuma das variáveis avaliadas (Tabela 5). A diferença estatística para sistema de cultivo foi observada apenas no estande de sorgo por sua vez, a produtividade e o estande diferiram significativamente entre anos de cultivo. Já para a variável número de panículas não foi observado significância estatística (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de F e níveis de probabilidade (p) da análise de variância para as características agronômicas do sorgo, em função dos sistemas de cultivo (Antecipe e pós-soja), e dos anos agrícolas 2022-2023 e 2023-2024.

QM - SORGO			
Variáveis	Nº de Panículas	Estande plantas ha ⁻¹	Produtividade (kg.ha ⁻¹)
Sistema	32,40 ^{ns}	7,89 x 10 ^{9**}	5,26 x 10 ^{7**}
Ano	6,40 ^{ns}	1,30 x 10 ^{10**}	6,99 x 10 ^{6**}
Sistema x Ano	0,40 ^{ns}	5,22 x 10 ^{8 ns}	1,37x 10 ^{6 ns}
Erro	43,20	2,78 x 10 ⁸	9,07 x 10 ⁵
CV(%)	25,4	50,8	23,4

^{ns} sem diferença estatística; * estatisticamente diferente ao nível de 5% de probabilidade; ** estatisticamente diferente ao nível de 1% de probabilidade, CV - coeficiente de variação (%).

O número de panículas da cultura do sorgo não apresentou diferenças estatísticas significativas (Tabela 5). Foi mantido um padrão de produtividade tanto no sistema Antecipe, com média de 26,1 panículas, e de 24,3 panículas no sistema pós soja. Entre os anos avaliados, a similaridade foi mantida, com apenas 0,8 panículas a mais em 2024 (25,6) quando comparado a 2023 (24,8) (Tabela 6). Em uma análise do desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-GO, foram avaliados 15 híbridos, sendo a média desta variável igual a 163.593 panículas ha⁻¹, destacando-se o híbrido AS4610, que produziu 204.444 panículas ha⁻¹ (Silva *et al.*, 2015).

Tabela 6. Características agrônômicas e produtividade do sorgo, sob diferentes sistemas de produção.

		Nº panículas			Estande (plantas ha ⁻¹)		
Sistema	Ano		Média	Ano		Média	
	2023	2024		2023	2024		
Antecipe	25,6aA	26,6aA	26,1a	117.500aA	162.100aA	139.800a	
Pós-soja	24,0aA	24,6aA	24,3a	96.000 aA	125.700aA	110.850b	
Média	24,8 A	25,6 A	25,2	106.750 B	143.900 A	125.325	
		Produtividade (kg.ha ⁻¹)					
Sistema	Ano		Média				
	2023	2024					
Antecipe	4887,43aA	3663,86aA	4275,64a				
Pós-soja	2186,7aA	1714,73aA	1950,74b				
Média	3537,09 A	2689,29 B	3.113,19				

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

O estande de plantas, em relação aos fatores sistema e ano, apresentou variações expressivas (Tabela 6). O Sistema Antecipe destacou-se com 28.950 plantas ha⁻¹ a mais que o sistema pós-soja, alcançando 139.800 plantas ha⁻¹, enquanto o pós-soja obteve 110.850 plantas ha⁻¹. No ano de 2024, foi observada maior média no estande (143.900 plantas ha⁻¹) em comparação a 2023 (106.750 plantas ha⁻¹), com diferença estatística entre anos (Tabela 6). Apesar de a interação entre sistema e ano não ter sido estatisticamente significativa, o padrão de superioridade do sistema Antecipe manteve-se em ambos os anos avaliados, indicando maior estabilidade no estabelecimento da cultura.

No sorgo granífero avaliado em consórcio com braquiária na safrinha o estande apresentou média de 130.700 plantas ha⁻¹ (Horvathy *et al.*, 2014) valor próximo ao observado no sistema de cultivo antecipado, que foi significativamente superior ao sistema pós soja.

A produtividade foi significativamente afetada pelo sistema de cultivo e pelo ano agrícola (Tabelas 5). O sistema Antecipe resultou em produtividade superior ($4.275,60 \text{ kg ha}^{-1}$), mais que o dobro do sistema pós-soja que obteve $1.950,74 \text{ kg ha}^{-1}$ (Tabela 6). Os anos agrícolas mostraram-se igualmente relevantes para a expressão da produtividade do sorgo, em 2023, o sistema Antecipe atingiu $4.887,40 \text{ kg ha}^{-1}$, enquanto o pós-soja obteve $2.186,70 \text{ kg ha}^{-1}$, e em 2024, os valores foram de $3.663,90 \text{ kg ha}^{-1}$ para o Antecipe e $1.714,70 \text{ kg ha}^{-1}$ para o pós-soja. Apesar de a interação entre sistema e ano não ter sido significativa, o sistema Antecipe manteve desempenho superior em ambos os anos, reforçando sua robustez frente às variações sazonais.

A produtividade do sistema Antecipe foi semelhante à observada por Borges *et al.*, (2024) no milho cultivado dentro do zoneamento agrícola com menor risco climático com valores de $4.483,00 \text{ kg ha}^{-1}$ em 2019 e $2.489,00 \text{ kg ha}^{-1}$ em 2021, diferenciando-se entre safras devido à interferência de fatores climáticos. De forma semelhante, Leal *et al.*, (2011), em Selvíria, MG relataram produtividade de $4.718,00 \text{ kg ha}^{-1}$ na safra de e na região de Ipameri, GO, Rego Junior, (2021) registrou a produção de $4.880,00 \text{ kg ha}^{-1}$, confirmando a consistência dos resultados obtidos neste estudo.

O sorgo apresenta maior eficiência no uso da água quando em comparação ao milho, devido a sua maior eficiência do seu sistema radicular (Sans, 2009). Devido a essa característica, o período antecipado de semeadura afetou positivamente a produtividade no sistema Antecipe, em comparação ao pós soja. O sistema antecipe proporciona a cultura maior disponibilidade de precipitação no início do desenvolvimento, favorecendo o estabelecimento e contribuindo para maior estabilidade produtiva.

4 CONCLUSÃO

O tráfego da semeadora-adubadora específica para o cultivo do Sistema Antecipe (BR 10 2020 009566 8) não afeta a produtividade da cultura da soja.

O cultivo intercalar antecipado (Sistema Antecipe) reduz o risco climático e favorece o estabelecimento e a produção do milho e do sorgo como segunda safra.

O cultivo intercalar antecipado pode ser considerado como tecnologia para estabilidade de produção de segunda safra.

5 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. V.; MACHADO, T. M.; VALE, W. G. do; VIEIRA, C. V. Influência do espaçamento e densidade de semeadura na produtividade de grãos na cultura da soja. **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 9, p. 1–27, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n9-034. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/6558>. Acesso em: 21 out. 2025.

ARRUDA, G. G. C.; SANTOS, J. C.; MAXIMIANO, C. V. **Efeito da inoculação de *Bradyrhizobium japonicum* no desenvolvimento da cultura soja**. In: SIMPÓSIO DE TCC DO CENTRO UNIVERSITÁRIO ICESP, 2022. v. 24, p. 26-31.

ASSAD, E. D.; ASSAD, M. L. R. C. L. Mudanças do clima e agropecuária: impactos, mitigação e adaptação. Desafios e oportunidades. **Estudos Avançados**, v. 38, n. 112, p. 271–292, 2024. DOI: 10.1590/s0103-4014.202438112.015.

BORGHI, E.; KARAM, D.; FOLONI, J. S. S.; MAGALHÃES, P. C.; GARCIA, R. A. **Aspectos agronômicos da cultura da soja a serem considerados na implantação do cultivo intercalar antecipado - Antecipe**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2021. 7 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Comunicado Técnico, 251).

BORGES, L. P.; REGO JUNIOR, J. S. do; SANTOS, B. C. dos; AMORIM, V. A.; MATOS, F. S. Desempenho agronômico do sorgo granífero cultivado na safrinha submetido à aplicação de brassinosteróide. **Revista Caribeña de Ciencias Sociales**, 2024.

BRAGA, I. C. M. **Correlação entre caracteres morfológicos e produtivos de cultivares de soja**. 12 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônômica) – Universidade Federal de São João del-Rei, Sete Lagoas, MG, 2025. Disponível em: <https://ufsj.edu.br/>. Acesso em: 12 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Portaria SPA/MAPA nº 125, de 08 de maio de 2025**. Aprova o Zoneamento Agrícola de Risco Climático – ZARC para a cultura do sorgo granífero no estado de Minas Gerais, ano-safra 2025/2026. Diário Oficial da União: seção 1, n, Brasília, DF, 12 maio 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/sa>

fra-vigente/minas-gerais/PORTN125SORGOGRANIFEROMG .pdf. Acesso em: 05 de dezembro de 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. **Manual do Gestor ZARC – Zoneamento Agrícola de Risco Climático**. Brasília, DF: MAPA, 2023. p. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/ManualdoGestorZARC.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2025.

CARVALHO, W. P. A. **A aviação agrícola - parâmetros técnicos de aplicação aérea**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO DE PRODUTOS FITOSSANITÁRIOS, 1., 1997, Jaboticabal. Anais 1997. p. 140.

CARVALHO FILHO, A.; CORTEZ, J. W.; SILVA, R. P.; ZAGO, M. S. Perdas na colheita mecanizada de soja no Triângulo Mineiro. **Revista Nucleus**, v. 3, n. 1, p. 57–60, 2005. Disponível em: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4030891>. Acesso em: 06 dez. 2025.

CHIODEROLI, C. A. et al. Perdas de grãos e distribuição de palha na colheita mecanizada de soja. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 112–121, 2012. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/brag/a/FXg3jPwqTbhTQKJh9stTrfP/?format=pdf>. Acesso em: 22 out. 2025.

COELHO, A. M. **Situação atual e perspectivas para o sorgo granífero cultivado na segunda safra no Brasil**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2025. 29 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 283).

CORREIA, N. M. **Sensibilidade de cultivares de soja da Embrapa a herbicidas do grupo químico sulfonilureias**. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 2021. 24 p. (Embrapa Cerrados. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 380). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1135431/sensibilidade-de-cultivares-de-soja-da-embrapa-a-herbicidas>. Acesso em: 18 nov. 2025.

COSTA, D. I. **Eficiência e qualidade de aplicações de fungicidas, por vias terrestre e aérea, no controle de doenças foliares e no rendimento de grãos de soja e milho**. 2009. 132 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

Disponível em: <https://repositorio.upf.br/items/eb7143db-6b5d-4edb-b7bc-5583bd7fba7c>.
Acesso em: 08 de outubro de 2025

CUNHA, B. A. da; SILVA, D. D.; SANTOS, F. L.; OLIVEIRA, J. R.; PEREIRA, M. A.; LIMA, C. S.; ALMEIDA, R. F. Influência da época de semeadura na severidade de doenças foliares e na produtividade do milho safrinha. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 45, n. 4, p. 1–6, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-5405/188038>.

DANIEL, D. F.; DALLACORT, R.; BARBIERI, J. D. Evapotranspiração e produtividade de milho safrinha consorciado com crotalária. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, e890986196, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6196.

FERNANDES, M. de M; BARREIRA, R.Q.; BARBOSA.V.S.; CASSOL. L. C.; SANTOS. J. V. L. Avaliação de caracteres agrônômicos em genótipos de milho (*Zea mays* L.) Safrinha em área agrícola da Amazônia no município de Conceição do Araguaia-PA. **Revista Observatório de la Economía Latinoamericana**, v. 22, n. 2, p. 16, 2024. DOI: 10.55905/oelv22n2-020.

FERREIRA, I. C.; SILVA, R. P.; LOPES, A.; FURLANI, C. E. A. Perdas quantitativas na colheita de soja em função da velocidade de deslocamento e regulagens no sistema de trilha. **Engenharia na Agricultura**, v. 15, n. 2, p. 141-150, 2007.

FONTOURA, D. **Influência do espaçamento, população de plantas e híbridos na intensidade de doenças e fatores de produção de milho safrinha**. 2005. 102 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2005.

GAVA, R. **Os efeitos do estresse hídrico na cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill)**. 110 f. Tese (Doutorado em Ciências – Área de concentração: Irrigação e Drenagem). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014.

GESTEIRA, G. de S.; ZAMBIAZZI. E.V; BRUZZI. A.T; SOARES. I.O; REZENDE.P.M; SILVA. K.B. Seleção fenotípica de cultivares de soja precoce para a região Sul de Minas Gerais. **Revista Agrogeoambiental**, v. 7, n. 3, p. 79–88, 2015.

GIBSON, L.; MULLEN, R. Mineral concentrations in soybean seeds produced under high day and night temperatures. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 81, n. 4, p. 883–886, 2001.

GOMES, E. S. **Crescimento e desenvolvimento da cultura da soja sob restrição luminosa**. 44 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unai, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufvjm.edu.br/jspui/handle/123456789/3101>. Acesso em: 12 dez. 2025.

GONTIJO NETO, M. M.; MAY, A.; VANIN, A.; SILVA, A. F. da; SIMAO, E. de P.; SANTOS, E. A. dos; QUEIROZ, L. R.; BARCELOS, V. G. F. **Avaliação de cultivares e épocas de semeadura de milho safrinha na região de Rio Verde (GO)**. In: SEMINÁRIO NACIONAL [DE] MILHO SAFRINHA, 12., 2013, Dourados. Estabilidade e produtividade: anais. Brasília, DF: Embrapa; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2013. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/981428>. Acesso em: 12 dez. 2025.

GUIMARÃES, N. N.; GONÇALVES, A. H.; KARAM, D.; SIMEÃO, R. M.; BORGHI, E.; SILVEIRA, M. C. T.; GUIMARÃES, L. N.; LARA, J. P.; INOUE, T. Y.; SILVA, R. V. A. Produtividade da soja em sistema de cultivo intercalar com plantas de coberturas. **Observatorio de la Economía Latinoamericana**, v. 23, n. 2, p. 77, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n2-077. Disponível em: <https://www.eumed.net/rev/oel/23/soja-cultivo-intercalar.html>.

HANNA, S.; CONLEY, S. P.; SHANER, G.; SANTINI, J. **Effect of soybean row spacing and fungicide application timing on spray canopy penetration and grain yield**. Madison: Purdue University Agronomy, 2008. Disponível em: <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.2134/agronj2007.0135>. Acesso em: 12 dez. 2025.

HORVATHY NETO, A.; SILVA, A.G.; TEIXEIRA, I.R.; COSTA, K.A.P.; ASSIS, R.L. Consórcio de sorgo granífero e braquiária na safrinha para produção de grãos e forragem. **Revista Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 132–141, jul./set. 2014.

INSTITUTO GOIANO DE AGRICULTURA (IGA). **Desempenho agrônomo de variedades de soja semeadas em duas épocas de plantio no Sudoeste Goiano**. Rio Verde:

Instituto Goiano de Agricultura, 2023. Disponível em: <https://www.iga.org.br/publicacoes/soja-epocas-plantio>. Acesso em: 12 dez. 2025.

INSTITUTO GOIANO DE AGRICULTURA (IGA). **Desempenho agrônômico de cultivares de soja no Sudeste Goiano – 2021**. Rio Verde: IGA, 2020. 8 p. (Circular Técnica, n. 3). Disponível em: <https://iga-go.com.br/publicacoes/circular-tecnica-1-desempenho-agronomico-de-cultivares-de-soja-no-sudeste-goiano-2021>. Acesso em: 10 out. 2025.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Banco de Dados Meteorológicos**. Brasília: INMET. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A001>. Acesso em: 20 ago. 2025.

KARAM, D. **Sistema antecipe como estratégia de produção de milho segunda safra no show rural Coopavel**. Brasília: EMBRAPA Transferência de tecnologia, automação e agricultura de precisão, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/68070385/sistema-antecipe-como-estrategia-de-producao-de-milho-segunda-safra-esta-no-show-rural-coopavel>. Acesso em: 15 maio 2025.

KARAM, D.; BORGHI, E.; MAGALHAES, 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. 120 p.

KÖPPEN, W. **Das Geographische System der Klimatologie**. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936. 44 p.

LEAL, S. T; TARSITANO, M. A. A.; GOIS, R. J; TAKASU, A. T.; RODRIGUES, R. A. F.; ARF, O.; ROSSETTO, J. E.; LEAL, C. T. Análise econômica da produção de sorgo na safrinha com diferentes fontes de nitrogênio em cobertura. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 85–91, 2013. DOI: 10.18512/1980-6477/rbms.v12n2p85-91.

LEITE, J. P. R. **Comportamento de genótipos de soja sob diferentes níveis de sombreamento**. 42 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Unaí, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufvjm.edu.br/jspui/handle/123456789/3212>. Acesso em: 10 out. 2025.

MAGALHAES, P. C.; BORGHI, E.; KARAM, D.; PEREIRA FILHO, I. A.; RIOS, S. de A.; ABREU, S. C.; LANDAU, E. C.; GUIMARAES, L. J. M.; PASTINA, M. M.; DURAES, F. O. M. **Desenvolvimento do milho segunda safra: fatores genético-fisiológicos, plataforma de conhecimento e práticas de manejo de cultivo e uso, visando sustentabilidade de produção e produtividade no binômio soja/milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 42 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Documentos, 258).

MATOS, M. dos R. B. **Potencial produtivo de cultivares de soja no sudoeste goiano**. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Faculdade Dr. Francisco Maeda, Ituverava, 2021. Disponível em: <https://repositorio.feituverava.com.br/items/97636017-1e38-4a7e-b472-584db2b3178d/full>. Acesso em: 10 out. 2025.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONU BR). **A Agenda 2030**. Brasília: ONU Brasil, 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 21 jan. 2025.

PEREIRA, J. L. A. R.; PINHO, R.G.V; BORGES, I. D; PEREIRA, A. M. A. R; LIMA, T.G. Cultivares, doses de fertilizantes e densidades de semeadura no cultivo de milho safrinha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 3, p. 676–683, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000300003.

PEREIRA, L. F. **Validação de sensores e avaliações fisiológicas em soja: uma abordagem integrada**. 118 f. Tese (Doutorado) – Universidade de Brasília, Brasília, 2020. Disponível em: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/40087/1/2020_LucasFelisbertoPereira.pdf. Acesso em: 30 set. 2025.

REGO JUNIOR, J. S. **Desempenho agrônomico do sorgo granífero submetido ao regulador vegetal brassinosteróide na safrinha**. 31 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Estadual de Goiás, Câmpus Ipameri, Ipameri, 2021. Disponível em: <https://www.btdt.ueg.br/bitstream/tede/1082/2/Dissertacao%20-%20Desempenho%20Agronomico%20do%20Sorgo%20%28Versao%20Corrigida%29.pdf>. Acesso em: 10 out. 2025.

SANS, L. M. A. **Influência dos atributos climáticos na implantação do milho e sorgo em safrinha**. In: SEMINÁRIO NACIONAL DO MILHO SAFRINHA, 10., 2008, Dourados. Anais. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2009. v. 10, p. 67–73.

SANTOS, G. X. L.; BÁRBARO-TORNELI, I. M.; MARTINS, M. H.; CORDEIRO JUNIOR, P. S.; POLLI, K. C.; CORREIA, A. N.; FINOTO, E. L.; BARROS, V. L. N. P.; GALLO, P. B.; SOARES, M. B. B.; DONA, S.; NAKAYAMA, F. T.; SÁ, L. A. D.; LEÃO, P. C. L. Desempenho agrônômico de cultivares de soja em diferentes regiões do estado de São Paulo, safra 2018/19. **Nucleus**, Edição Especial, p. 91-104, jul./dez. 2019. DOI:10.3738/1982.2278.3629

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; ARAUJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

SILVA, A. G.; FRANCISCHINI, R.; GOULART, M. M. P. Desempenho agrônômico e econômico de híbridos de sorgo granífero na safrinha em Montividiu-GO. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 14, n. 1, p. 17–30, 2015.

SILVA, F. A. M.; SILVA NETO, S. P.; FREIRE, M. O.; PEREIRA, A. F.; MULLER, A. G.; MALAQUIAS, J. V. **Aspectos ecofisiológicos da cultivar de soja BRS 5980 IPRO em Planaltina-DF**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2019. 28 p.

SILVA, M. P. L. **Avaliação de três sistemas de aplicação de produtos fitossanitários líquidos**. 2004. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SILVA, V. R.; BENEZ, S. H.; ALMEIDA, F. P.; FURLANI, C. E. A. Sistemas de preparo do solo para o cultivo do milho safrinha. **Bragantia**, v. 60, n. 2, p. 123–129, 2001. DOI: 10.1590/S0006-87052001000200003.

WU, W.; YUE, W.; BI, J. ZHANG, LI. XU. D.; PENG, C.; CHEN, X.; WANG, S. Influence of climatic variables on maize grain yield and its components by adjusting the sowing date. **Frontiers in Plant Science**, v. 15, p. 1–11, 2024.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A agricultura exerce papel estratégico na economia brasileira, consolidando o país como um dos principais produtores mundiais de commodities. Devido a intensificação do uso da terra, a pesquisa, inovação e tecnologia permite que o uso de estratégias voltadas à minimização dos riscos climáticos, se tornam frequentes para um agronegócio sustentável.

As tecnologias intensificadas sustentáveis como a Integração Lavoura-Pecuária (ILP), a Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF), sistemas Agroflorestais (SAFs) e consórcios agrícolas, diversificam os sistemas produtivos e promovem maior estabilidade por meio do fortalecimento e da preservação das interações ecológicas. Algumas estratégias promissoras tais como os cultivos consorciados e antecipados configuram tecnologias capazes de reduzir os riscos climáticos, contribuindo para o aumento da resiliência dos sistemas agropecuários no Brasil.

Os efeitos climáticos enfrentados pelas culturas de segunda safra quando semeadas ou cultivadas fora do período recomendado por Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC), acarretam perdas devido ao regime de chuvas, limitações de radiação solar e pelas temperaturas baixas durante o final do ciclo (Brasil., 2025). O ZARC define o período de semeadura para o cultivo das culturas em: 20%, 30%, 40% dos riscos climáticos (Brasil., 2025).

Com a proposta de redução de risco climático a EMBRAPA desenvolveu o Sistema Antecipe que é fundamentado na estabilidade da produção de culturas de sucessão pós a cultura de verão através do cultivo intercalar antecipado. Para a produção da cultura de sucessão é utilizada uma semeadora-adubadora específica para a implantação do Sistema Antecipe. O tráfego dessa semeadora-adubadora nas entrelinhas da soja, permite a preservação da estrutura da oleaginosa não afetando a produtividade quando comparado ao sistema de cultivo tradicional da cultura da segunda safra após a colheita da soja.

A não interferência na produtividade da soja devido ao tráfego em R7 da semeadora-adubadora específica do Sistema Antecipe é um benefício em prol do cultivo antecipado da segunda safra, permitindo que seja aproveitada a melhor janela de semeadura do milho ou do sorgo. O Sistema Antecipe é indicado para o produtor que através de um planejamento prévio da safra, identifica que o período de semeadura não será o mais adequado para concluir a área de semeadura devido ao zoneamento climático (ZARC), com isso, a antecipação evitar períodos de maior risco climático.