

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

DANILO PIRES FERREIRA

**CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM SOJA SOB SUPLEMENTAÇÃO
LUMINOSA EM CAMPO**

**Monte Carmelo – MG
2025**

DANILO PIRES FERREIRA

**CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM SOJA SOB SUPLEMENTAÇÃO
LUMINOSA EM CAMPO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia, para
obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Orientador: Edson Aparecido dos Santos

DANILO PIRES FERREIRA

**CONTROLE QUÍMICO DE PLANTAS DANINHAS EM SOJA SOB SUPLEMENTAÇÃO
LUMINOSA EM CAMPO**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao curso de Agronomia, da
Universidade Federal de Uberlândia,
para obtenção do grau de Engenheiro
Agrônomo.

Aprovado pela Banca Examinadora em 2025

Prof. Dr. Edson Aparecido dos Santos
Orientador

Dr. Ernane Miranda Lemes - Wolf Hops
Membro da banca

André Abrão Vacari - Fundação Mato Grosso
Membro da banca

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
1 INTRODUÇÃO	6
2 OBJETIVOS	8
3 REVISÃO DE LITERATURA	9
3.1 Soja: Origem, Aspectos Morfológicos e Manejo Integrado de Plantas Daninhas	9
3.2 Suplementação Luminosa em Lavouras: Benefícios, Desafios e Perspectivas	11
4 MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Medições e Observações	17
5 RESULTADOS.....	19
6 DISCUSSÃO	26
7 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS.....	29

RESUMO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill) desempenha um papel fundamental na agricultura global, destacando-se como uma das principais fontes de proteína vegetal e óleo. Dentre as inovações voltadas à intensificação produtiva, a suplementação luminosa tem emergido como uma estratégia promissora, especialmente quando associada a sistemas de irrigação por pivô central. Este estudo teve como objetivo investigar a interação entre a iluminação artificial suplementar e a aplicação de herbicidas no manejo de plantas daninhas e no desenvolvimento da soja em condições de campo irrigado. A pesquisa foi conduzida em Monte Carmelo, MG, durante o ano de 2022, adotando um delineamento experimental com parcelas subdivididas em dois ambientes: um com suplementação luminosa fornecida por painéis de LED com espectros vermelho, verde e azul; e outro sem essa suplementação. Foram avaliadas diferentes combinações de herbicidas (glyphosate; diclosulam + glyphosate; s-metolachlor + glyphosate; fomesafen + clethodim; flumioxazin + clethodim), aplicados nas fases de pré e pós-emergência da cultura e das plantas daninhas. As análises incluíram a densidade de plantas daninhas aos 34 e 60 dias após o plantio (DAP), o controle visual aos 25 e 35 DAP, os estádios fenológicos da soja (florescimento e R8), além da produtividade final da cultura. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, a fim de verificar os efeitos significativos dos tratamentos e da suplementação luminosa. Os resultados demonstraram que a iluminação suplementar interferiu de maneira significativa na emergência e no controle das plantas daninhas pelos herbicidas, além de alterar o ciclo fenológico e a produtividade da soja, evidenciando uma complexa interação entre luz artificial, manejo químico e desenvolvimento da cultura em sistemas irrigados.

Palavras-chave: herbicida, pivô central, LED (*Light Emitting Diode*)

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma das principais mercadorias agrícolas do mundo e cultivada em aproximadamente 60 países. No Brasil é cultivada em área superior a 40 milhões de hectares e é o principal produto de exportação (FAOStat, 2023) CONAB 2025. Altos investimentos em tecnologias como biotecnologia, sensoriamento remoto, nutrição mineral e irrigação têm sido feitos na cultura da soja, em virtude da importância mundial da leguminosa. O aumento de rendimento da soja, com práticas sustentáveis de produção, é essencial para a oferta de alimentos e energia nos próximos anos (Pagano e Miransari, 2016; Mizik and Gyarmati, 2021).

Com relação à irrigação, a área irrigada no Brasil é superior a oito milhões de hectares e um dos métodos de irrigação é a aspersão por pivô central. Está sob estudo a suplementação luminosa em soja, com diodos emissores de luz (LED) instalados no pivô central de irrigação, com o propósito de melhorar as condições ambientais para aumento de rendimento e qualidade. A suplementação luminosa em soja no campo é capaz de proporcionar aumento de rendimento (Lemes *et al.*, 2021). A oferta suplementar de luz também influencia a qualidade dos grãos de soja (Zhang *et al.*, 2020).

Com o uso de LEDs na agricultura é possível ofertar luz com alta eficiência, baixo custo e alta qualidade para as plantas. A luz suplementar é uma tecnologia capaz de aumentar a produtividade e a qualidade dos alimentos (Taulavuori *et al.*, 2017). O LED pode aumentar os teores de fenóis, isoflavonas e fatores antioxidantes da soja (Azad *et al.*, 2018). Adicionalmente, a manipulação da qualidade de luz com o uso de LED permite mudanças na eficiência fotoquímica do fotossistema II, no coeficiente de extinção fotoquímica, na taxa de transporte de elétrons e na estrutura dos cloroplastos (Gao *et al.*, 2020).

A suplementação luminosa com LED interfere em muitos atributos vegetais, porém, as respostas são muito relativas às espécies envolvidas e à qualidade da luz (Bian *et al.*, 2018). O LED interfere na velocidade de crescimento das plantas, na taxa de germinação e no número de estômatos, clorofilas e carotenoides. O balanço entre o LED vermelho e o LED azul influencia a atividade das enzimas superóxido dismutase, catalase e peroxidase (Su *et al.*, 2014; Simlat *et al.*, 2016). Essas enzimas estão relacionadas à tolerância e seletividade de plantas de soja a herbicidas (Moldes *et al.*, 2008; Guan *et al.*, 2020). É provável, portanto, que a oferta suplementar de luz influencie no modo de ação dos herbicidas utilizados em soja, pois, os produtos atuam em rotas metabólicas diversas. Além disso, a suplementação pode influenciar

na comunidade de plantas daninhas da área, o que indiretamente influenciará a efetividade dos herbicidas.

Os estudos sobre a suplementação luminosa em campo, com painéis de LED instalados no pivô central de irrigação, ainda são incipientes. Nesse sentido, objetiva-se avaliar o efeito de herbicidas no controle de plantas daninhas e em atributos qualitativos e quantitativos da soja cultivada sob suplementação luminosa.

2 OBJETIVOS

Objetiva-se avaliar a dinâmica das plantas daninhas e as respostas ao controle químico, na soja, em ambiente aberto com suplementação luminosa amparada em pivô central.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Soja: Origem, Aspectos Morfológicos e Manejo Integrado de Plantas Daninhas

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) tem origem no leste da Ásia, no nordeste da China (Hymowitz, 1970). A planta é uma das culturas mais antigas e o seu primeiro relato no Brasil foi em 1882, por D'Ultra, tornando-se, posteriormente, a principal cultura do país. Pertence ao gênero *Glycine*, da família Fabaceae, subfamília Faboideae, tribo Phaseolae, subtribo Glycininae (Judd *et al.*, 2009).

A respeito dos aspectos morfológicos da cultura, é uma planta herbácea com ciclo de vida de 70 a 200 dias, com altura de planta entre 30 e 250 cm, altura de inserção do primeiro legume de 10 a 20 cm, tem hábito de crescimento ereto a prostrado com tipo de crescimento determinado, semideterminado ou indeterminado. O sistema radicular possui raiz principal e secundária (Sediyama *et al.*, 1985), onde podem ser encontradas nodulações que são resultado da simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*, fixadoras de nitrogênio do ar atmosférico. Quanto ao caule, na maioria das cultivares tem crescimento ortótopo, mas quando são condicionadas a longos fotoperíodos e baixa intensidade luminosa, tornam-se frágeis, com caules finos, podendo alcançar mais de três metros de comprimento. Em relação às folhas, pode apresentar quatro tipos distintos de folhas: cotiledonares, unifolioladas, trifolioladas e os prófilos (Lersten; Carlson, 2004; Müller, 1981).

Além do desafio relacionado à baixa luminosidade citado anteriormente, a cultura também enfrenta problemas com pragas, doenças e plantas daninhas. As plantas daninhas causam inúmeros prejuízos no desenvolvimento da soja por competirem por recursos como água e nutrientes presentes no solo, diminuem a qualidade dos grãos, causam maturação desuniforme, além de dificultar a colheita.

O manejo de plantas daninhas envolve a adoção de práticas que diminuem a competitividade das espécies infestantes, sem necessariamente erradicá-las ou eliminá-las por completo. O objetivo é reduzir a interferência das plantas daninhas a um nível onde as perdas na produção se equiparem ao custo do controle, garantindo a viabilidade econômica da cultura (Silva *et al.*, 1999). É essencial prestar atenção à seleção de espécies de plantas daninhas que são tolerantes ou resistentes a herbicidas e aquelas de difícil controle. Se as plantas remanescentes pertencem à mesma espécie, isso pode indicar a seleção de plantas resistentes, que devem ser eliminadas para impedir a produção de sementes na área. Existem vários

métodos de controle, alguns dos quais são indicados para aplicação antes da semeadura e outros após a semeadura.

O controle químico de plantas daninhas é o principal e mais eficiente método adotado. Entre as vantagens desse tipo de controle, estão a eficiência, praticidade e rapidez na operação. Ele evita a competição das plantas daninhas desde o início da cultura, permite o controle mesmo em períodos chuvosos, quando os métodos físicos ou mecânicos são impraticáveis, e não causa danos às raízes das culturas nem prejudica a estrutura física do solo. Além disso, o controle químico permite uma melhor distribuição das plantas da cultura na área e é eficaz no controle de plantas daninhas nas linhas da cultura. No entanto, o controle químico também apresenta desvantagens, como o custo mais elevado em comparação com outros métodos, a necessidade de equipamentos adequados, o potencial de toxicidade ambiental, a exigência de equipamentos de proteção para os operadores e a possibilidade de deixar resíduos no solo e nos alimentos.

Existem mais de 40 ingredientes ativos disponíveis para o controle de plantas daninhas de folhas largas e estreitas na cultura da soja convencional. A combinação de herbicidas é importante para ampliar o espectro de controle, reduzir custos, diminuir a pressão de seleção e, consequentemente, minimizar a seleção de plantas daninhas resistentes a herbicidas, além de reduzir a quantidade de herbicidas no ambiente. O controle seletivo de plantas daninhas na cultura da soja pode ser realizado em pré ou pós-emergência.

Os herbicidas utilizados em soja atuam em rotas que são direta ou indiretamente afetadas pela suplementação luminosa. A rota de formação de aminoácidos aromáticos é afetada pelo herbicida glyphosate (Steinrücken e Amrhein, 1980). A biossíntese de aminoácidos ramificados é interrompida pela ação do herbicida diclosulam (Shimizu *et al.*, 2002). O herbicida s-metolachlor inibe a biossíntese de flavonoides, antocianinas e dos ácidos graxos de cadeias muito longas (Böger, 2003). Os herbicidas fomesafen e flumioxazin inibem a protoporfirinogênio oxidase na rota de formação das clorofilas dentro dos cloroplastos (Zhou *et al.*, 2007). Por fim, o herbicida clethodim inibe a enzima acetil-coenzima A carboxilase e provoca a destruição das membranas celulares (Lichtenthaler, 2014).

Dessa forma, a combinação entre o manejo químico de plantas daninhas e a utilização de suplementação luminosa por meio de painéis de LED demonstra haver uma interação entre esses fatores, que pode resultar em efeitos positivos ou negativos sobre a produtividade da soja. Tal constatação reforça a importância de estudos mais aprofundados sobre a aplicação conjunta desses manejos, especialmente no contexto da adoção de novas tecnologias no sistema produtivo.

3.2 Suplementação Luminosa em Lavouras: Benefícios, Desafios e Perspectivas

A suplementação luminosa artificial, através da utilização de painéis de LED em sistemas de irrigação por pivô central, é uma tecnologia inovadora que tem se mostrado promissora para o aumento da produtividade agrícola. Esta prática é especialmente útil em regiões com limitações de luz solar ou durante períodos do ano em que a luz natural é insuficiente para otimizar o processo de fotossíntese das plantas (Lemes; Azevedo; Iida, 2022; Andrade *et al.*, 2023).

Diversos estudos, como o desenvolvido pelo Grupo Fienile®, demonstram que a aplicação de iluminação artificial pode incrementar a eficiência fotossintética das plantas, contribuindo para o aumento da produtividade. A tecnologia de suplementação luminosa tem sido aplicada com sucesso em lavouras de soja, milho e hortaliças, proporcionando um incremento significativo na produção, como observado no aumento de até 57,3% na produtividade da soja em Minas Gerais. A utilização de painéis de LED em pivôs de irrigação permite que a luz artificial seja fornecida de maneira controlada e contínua, promovendo o crescimento das plantas tanto à noite quanto em dias nublados, quando a luz solar é limitada (Lemes; Azevedo; Iida, 2022).

Entre os benefícios observados, destaca-se a possibilidade de prolongar a fotossíntese durante a noite, permitindo que as plantas utilizem a energia luminosa de forma mais eficiente. Isso é especialmente vantajoso em cultivos de alta demanda, como a soja e o milho, que se beneficiam da continuidade do processo fotossintético. Além disso, a tecnologia tem se mostrado eficaz na redução do consumo de água e insumos químicos, oferecendo vantagens ambientais e econômicas. A irrigação luminosa também permite um monitoramento mais preciso das lavouras, proporcionando dados que ajudam na gestão da produção e na tomada de decisões mais assertivas (Grupo Fienile, 2021).

Por outro lado, é importante destacar que a adoção dessa tecnologia não está isenta de desafios. A instalação dos sistemas de iluminação requer investimentos iniciais significativos, o que pode ser um fator limitante para pequenos e médios produtores. Ademais, a eficácia da suplementação luminosa pode variar dependendo da cultura, do ambiente e das condições climáticas locais, o que exige uma adaptação cuidadosa da tecnologia a cada situação. A manutenção dos equipamentos e a garantia de sua durabilidade também são questões a serem consideradas, visto que a instalação de painéis de LED em grandes áreas exige cuidados contínuos (Neutzling *et al.*, 2024).

Estudos mais recentes, como o realizado na Fazenda Conforto, em Goiás, também confirmam os benefícios dessa tecnologia, com aumentos de produtividade de até 30% em cultivos de soja e milho. Contudo, o impacto real da suplementação luminosa sobre as características qualitativas das plantas, como sabor e valor nutricional, ainda precisa ser mais explorado (Redação Prato do Amanhã, 2023).

Diante disso, a suplementação luminosa se apresenta como uma ferramenta com grande potencial para a agricultura moderna, especialmente quando associada ao uso de tecnologias de irrigação. No entanto, mais pesquisas são necessárias para avaliar de forma abrangente seus impactos econômicos, ambientais e agronômicos, bem como para otimizar sua aplicação em diferentes tipos de cultivo e condições de solo (Grazziotin, 2024).

4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi montado em janeiro de 2022, em uma fazenda situada em Monte Carmelo, MG, Brasil ($18^{\circ} 57' 04''\text{S}$ e $47^{\circ} 25' 38''\text{W}$). Os tratamentos foram distribuídos em parcelas com 15 m^2 , sendo seis linhas de soja, espaçadas a 0,5 m, com 5,0 metros de comprimento. O experimento foi montado sob pivô central em dois ambientes: com suplementação luminosa e sem suplementação luminosa.

Para a suplementação de luz, foram instalados painéis de LED (cada painel com potência de 50 a 200 Watts) no pivô central, a 4,0 metros do solo, que forneceram luzes vermelhas (59%), verdes (33%) e azuis (8%) todos os dias, por aproximadamente 20 minutos sobre a área experimental (velocidade aproximada de 250 m h^{-1}), em período compreendido entre 20h00min e 05h00min.

O processo de suplementação luminosa consumiu $0,06 \text{ W h}^{-1} \text{ m}^{-2}$ e os LEDs forneceram um fluxo luminoso de aproximadamente 30 lx para as plantas. O fornecimento de luz ocorreu com o giro do pivô.



Figura 1 - Pivô central de irrigação com LEDs para fornecer suplementação luminosa.

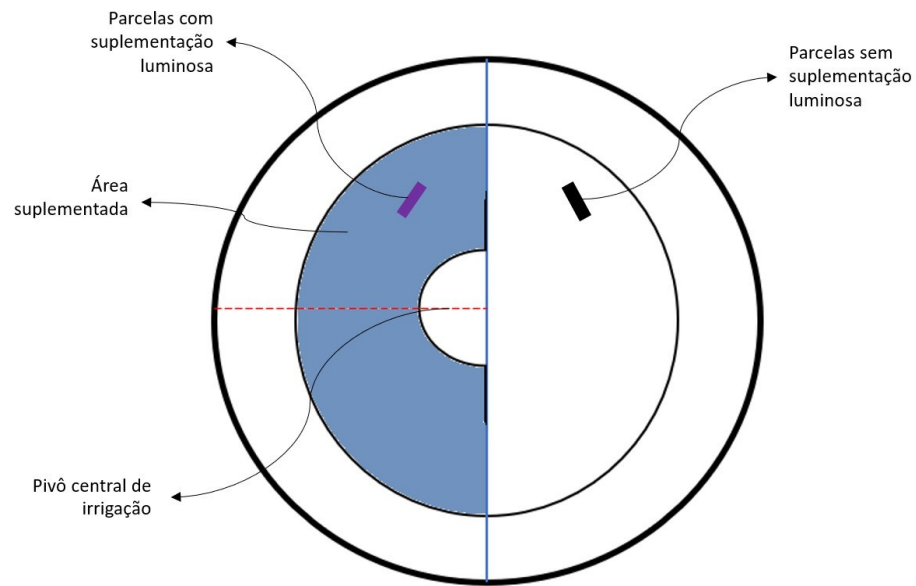


Figura 2 - Esquema de distribuição espacial do experimento na área de funcionamento do pivô.

Antes do plantio, a área foi preparada com aração e gradagem. Foram aplicados, na linha de plantio, 320 Kg ha^{-1} do formulado contendo NPK 04:14:08 após avaliação da análise de solo (Tabela 1).

Tabela1. Análise de solo (física e química).

Atributo Químico	Unidade	Valor
pH em CaCl ₂	-log [H ⁺]	5,5
Fósforo (Melich-1)	mg dm ⁻³	150
K ⁺	mg dm ⁻³	110
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	5,1
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,70
S-SO ₄ ²⁻	mg dm ⁻³	9,3
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,0
H ⁺ +Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	3,8
Soma de Bases (Ca ²⁺ + Mg ²⁺ + K ⁺)	cmol _c dm ⁻³	7,5
CTC a pH 7 (T)	cmol _c dm ⁻³	10,0
Saturação por bases (V)	%	75,0
Matéria Orgânica (M.O.)	%	2,5
Cobre (Cu)	mg dm ⁻³	8,6
Ferro (Fe)	mg dm ⁻³	34,0
Boro (B)	mg dm ⁻³	0,9
Manganês (Mn)	mg dm ⁻³	30,0
Zinco (Zn)	mg dm ⁻³	20,3
Atributo Físico	Unidade	Valor
Argila ²	%	57
Silte ²	%	27
Areia ²	%	16

Os tratamentos foram distribuídos em quatro blocos e em parcelas subdivididas no espaço. Todos os herbicidas (Tabela 2) foram aplicados em ambiente com e sem a suplementação luminosa. Foram utilizados herbicidas antes do plantio e aos 30 dias após o plantio, quando a soja estava no estágio V4.

Tabela 2. Herbicidas, doses e momento de aplicação.

Herbicida(s)	Doses (g ha ⁻¹)	Momento de Aplicação
Glyphosate	1,08	30 DPP*
Diclosulam e glyphosate	40,0 e 1,08	Dic: 01 DAP**. Gly: 30 DPP
S-metolachor e glyphosate	1,44 e 1,08	S-met: 01 DAP. Gly: 30 DPP
Fomesafen + clethodim	250,0 + 84,0	(Tank mix)*** 30 DPP
Flumioxazin + clethodim	25,0 + 84,0	(Tank mix) 30 DPP

*Dias pós plantio. **Dias antes do plantio. *** Mistura em tanque

Para as pulverizações foi utilizado um pulverizador costal com pressão constante de 2,02 Kgf, mantida por CO₂ e monitorada por manômetros. A barra do pulverizador tem 1,5 m e duas pontas Teejet 11002 AI, com faixa de aplicação de 2,0 m. Foram utilizados 240 L ha⁻¹ de volume de calda.



Figura 3 - Pulverizador costal com pressão constante

A cultivar de soja utilizada foi a Brasmax desafio RR8472, com ciclo médio de 118 dias para a região do cerrado e população de 350 mil plantas ha⁻¹. Para o controle de pragas e doenças foram utilizados produtos registrados para a cultura em toda a área. Da mesma forma, a irrigação foi a mesma nas parcelas com suplementação e sem suplementação.

4.1 Medições e Observações

O número de plantas daninhas foi avaliado aos 34 e 60 DAP. Para isso, um quadrado de 0,5 x 0,5 m foi posicionado no meio da parcela e as plantas daninhas foram contadas.

O controle de plantas daninhas foi avaliado aos 25 e 35 DAP. Para isso, notas de 1 a 10 foram atribuídas às parcelas de acordo com a população de plantas daninhas e os efeitos dos herbicidas. Nota 10 para plantas completamente mortas e nota 1,0 para plantas saudáveis e sem injúrias por herbicidas (EWRC, 1964).

O número de dias até o florescimento e até o estágio R8 também foi determinado. Considerou o florescimento quando 50% das plantas apresentavam pelo menos uma flor.

A produtividade da soja foi estimada de acordo com os parâmetros de rendimento da cultura, sendo calculada de acordo com o número de plantas por área, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e o peso de mil grãos. (KURACHI, 1996).

Todos os dados experimentais foram digitados e submetidos à análise estatística. Foram utilizados os testes Shapiro-Wilk e Levene. Após, os dados foram submetidos à análise de variância ($\alpha \leq 0,05$) e as médias comparadas por meio do teste de Tukey. Foram utilizados os programas Excel, SpeedStat 3.2 e Sisvar.



Figura 4 - Medições realizadas em laboratório

5 RESULTADOS

A densidade de plantas daninhas foi influenciada pelos herbicidas e pela suplementação luminosa. Aos 34 DAP o número de plantas daninhas foi muito superior na área sob suplementação. Foram contadas, em média, 9,3 plantas m^{-2} sob o LED e 2,8 plantas m^{-2} nas parcelas sem suplementação. Para as parcelas com glyphosate e com fomesafen+clethodim, na área com suplementação, a população de plantas daninhas foi 77% e 50% superior, respectivamente (Gráfico 1).

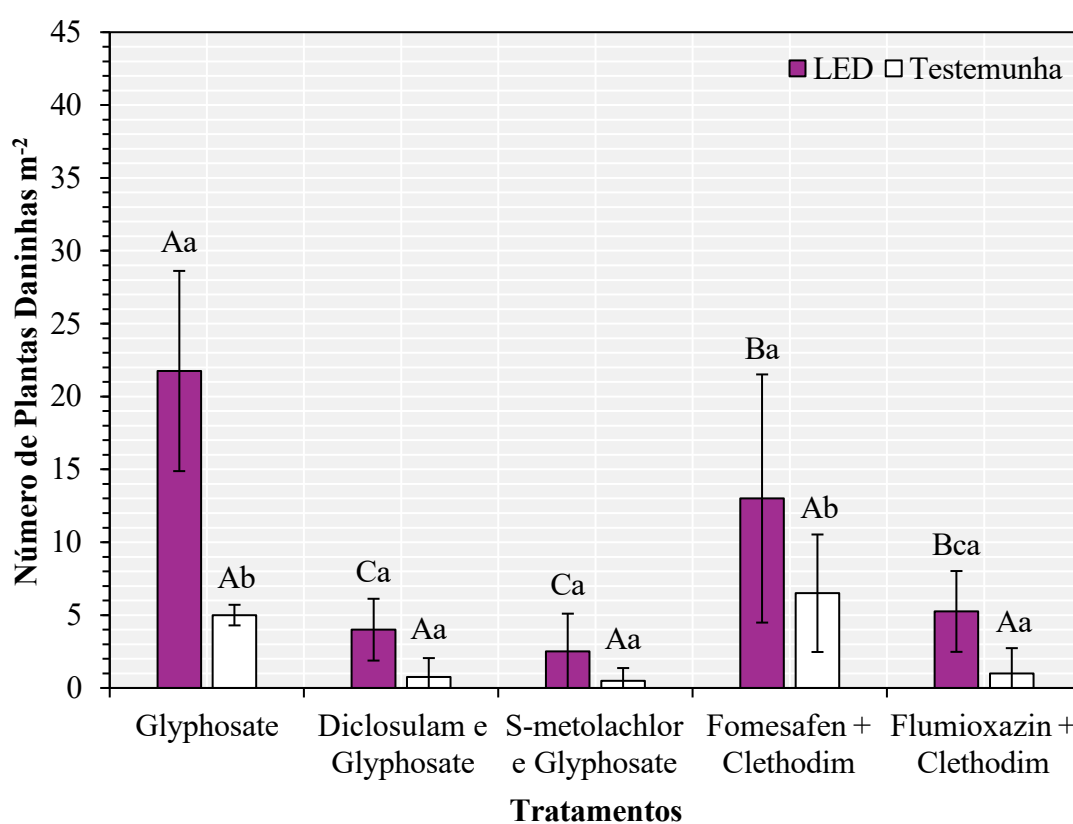


Gráfico 1. Número de plantas daninhas aos 34 DAP, em função dos herbicidas utilizados nas áreas com LED. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Aos 60 DAP o número de plantas daninhas nas áreas aumentou. A população de plantas daninhas sob a suplementação foi de 23,2 plantas m^{-2} e nas áreas sem suplementação foi de 6,3 plantas m^{-2} . Uma diferença de 73%. Para todos os herbicidas, havia mais plantas daninhas nas parcelas com suplementação (Gráfico 2).

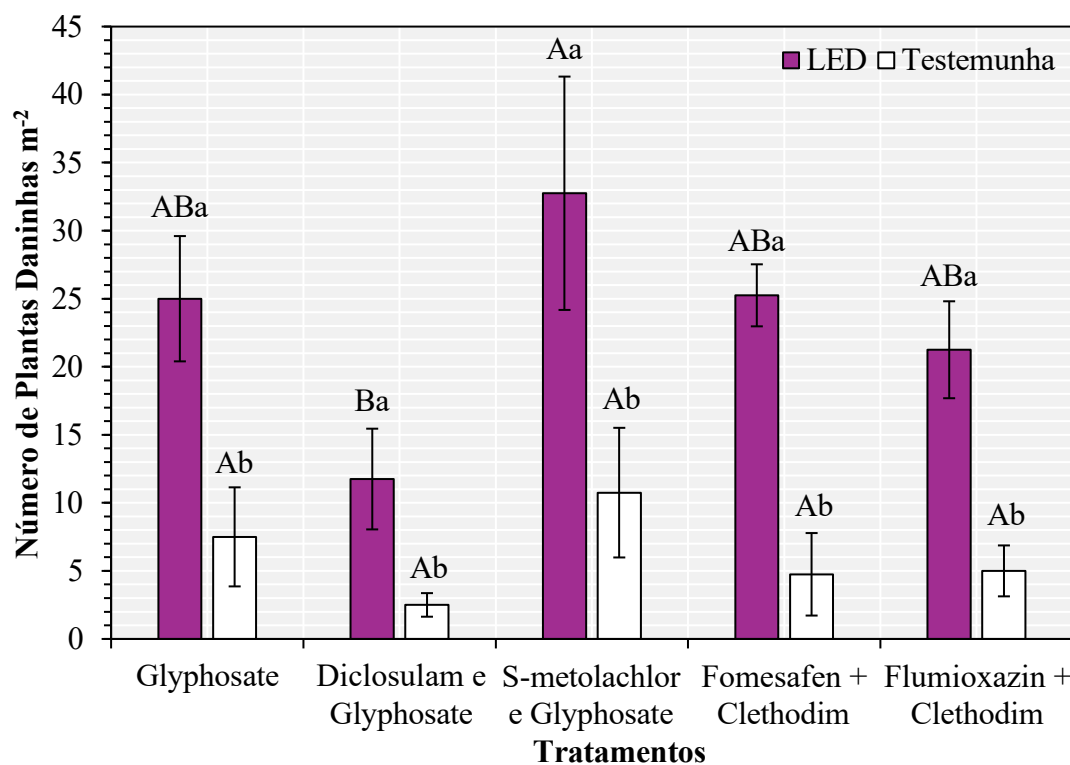


Gráfico 2. Número de plantas daninhas aos 60 DAP, em função dos herbicidas utilizados nas áreas com LED e testemunha. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As notas de controle de plantas daninhas também foram influenciadas pela suplementação luminosa e pelos herbicidas. Aos 25 DAP a média de controle na área sob suplementação foi superior à área sem suplementação. As notas de controle nas parcelas com s-metolachlor e glyphosate foram superiores em 16% na área sob suplementação em relação à área sem a suplementação (Gráfico 3).

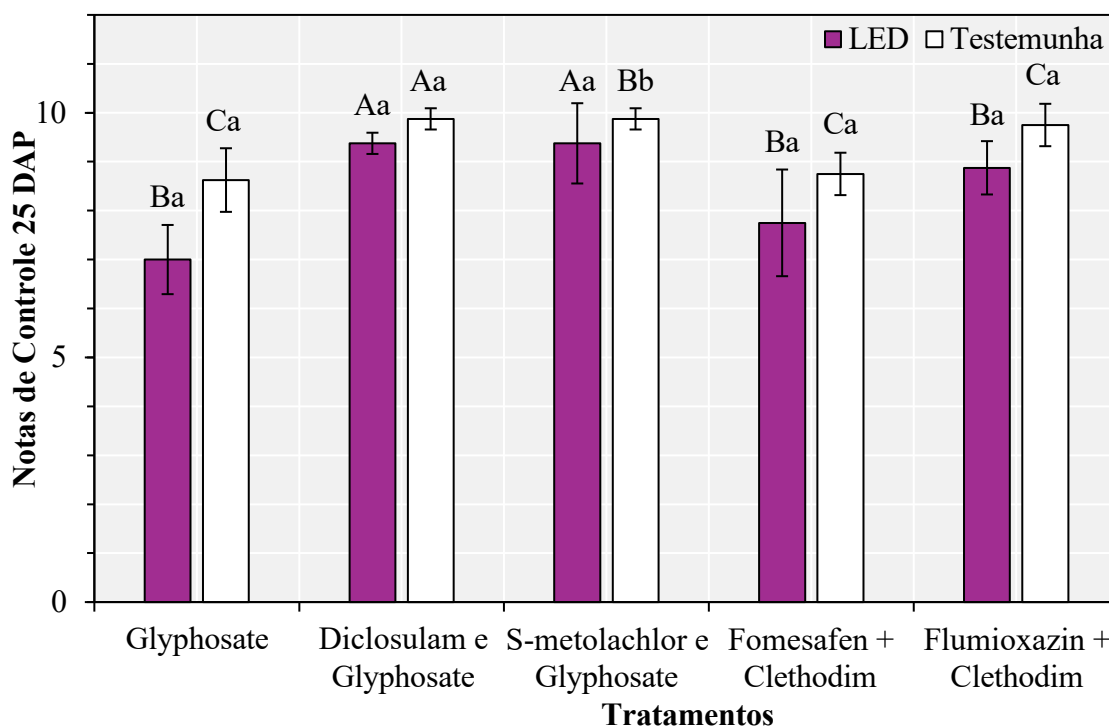


Gráfico 3. Notas de controle (0-10) aos 25 DAP, em função dos herbicidas utilizados. CV 25 DAP: 6,38%. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foram comparadas também as médias das notas de controle de todos os tratamentos em conjunto em função do ambiente e a diferença foi significativa, segundo a comparação feita pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, expressando notas de controle aproximadamente 10% inferiores no ambiente com a utilização dos LEDs (Gráfico 4).

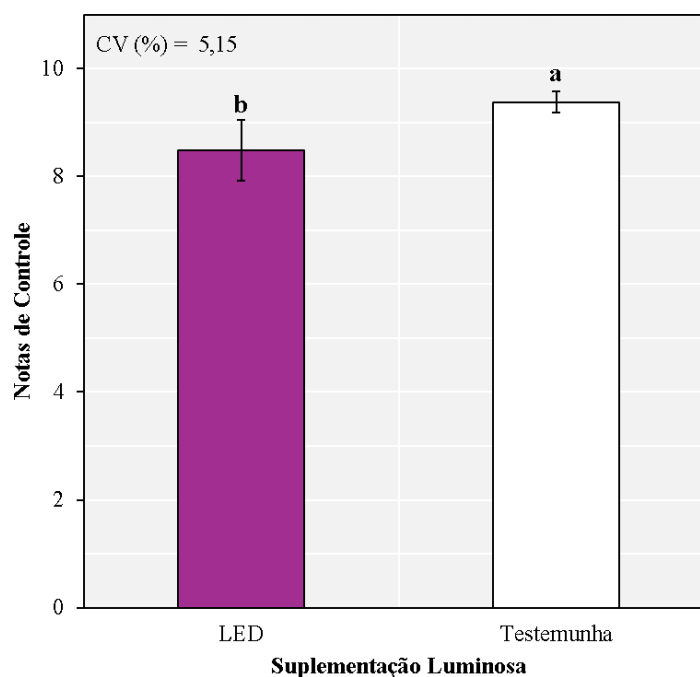


Gráfico 4. Efeito do ambiente nos tratamentos. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A média das notas de controle também foi comparada de forma conjunta, nos dois ambientes em cada tratamento, a fim de se observar apenas o efeito dos herbicidas (Gráfico 5). Foi possível constatar que o campo que recebeu o tratamento com glyphosate recebeu notas de controle menos satisfatórias, quando comparado com os outros tratamentos.

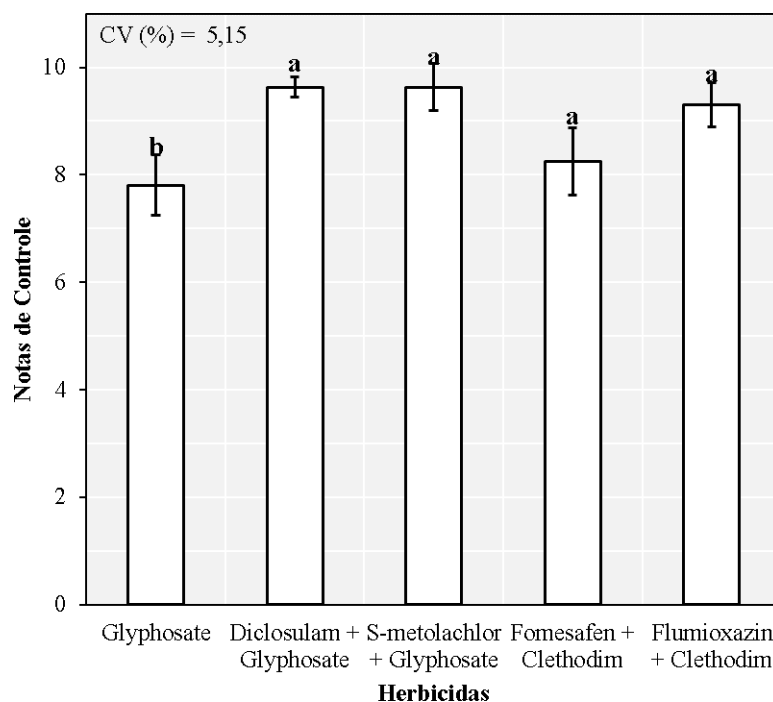


Gráfico 5. Média das notas de controle para os tratamentos analisados de forma conjunta nos dois ambientes. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Foi observado que a soja floresceu aos 59 DAP na área sem suplementação e aos 66 DAP na área com suplementação. Além disso, as plantas de soja na área sem suplementação luminosa chegaram ao estágio R8 aos 116 DAP. Na área com suplementação as plantas chegaram ao R8 aos 129 DAP. Os estádios não foram influenciados pelos herbicidas (Gráfico 6).

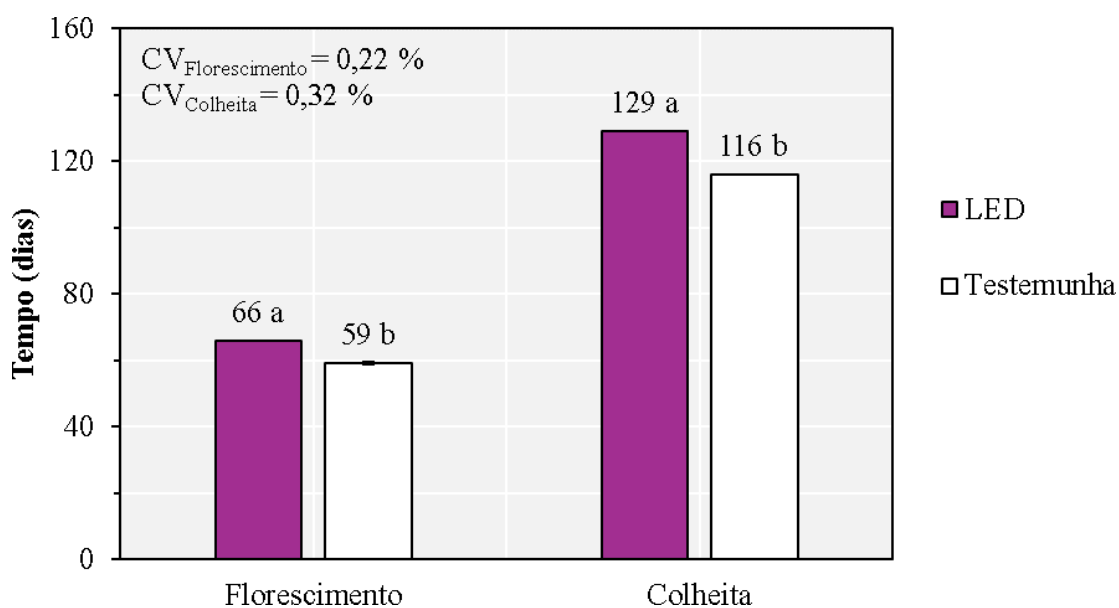


Gráfico 6. Tempo de florescimento e colheita (estádio R8) da soja nas áreas com e sem suplementação luminosa. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

A suplementação luminosa também aumentou a produtividade da soja. Nas parcelas com o LED a produtividade foi 21% superior. As parcelas com diclosulam e glyphosate e flumioxazine+clethodim produziram 31% e 59%, respectivamente, a mais quando cultivadas sob a suplementação luminosa. Nas parcelas sem a suplementação de luz, flumioxazin+clethodim proporcionaram menor produtividade em relação aos demais herbicidas. Nas parcelas com a suplementação de luz, o tratamento s-metolachlor e glyphosate proporcionou maior rendimento em relação à mistura de flumioxazin+clethodim (Gráfico 7).

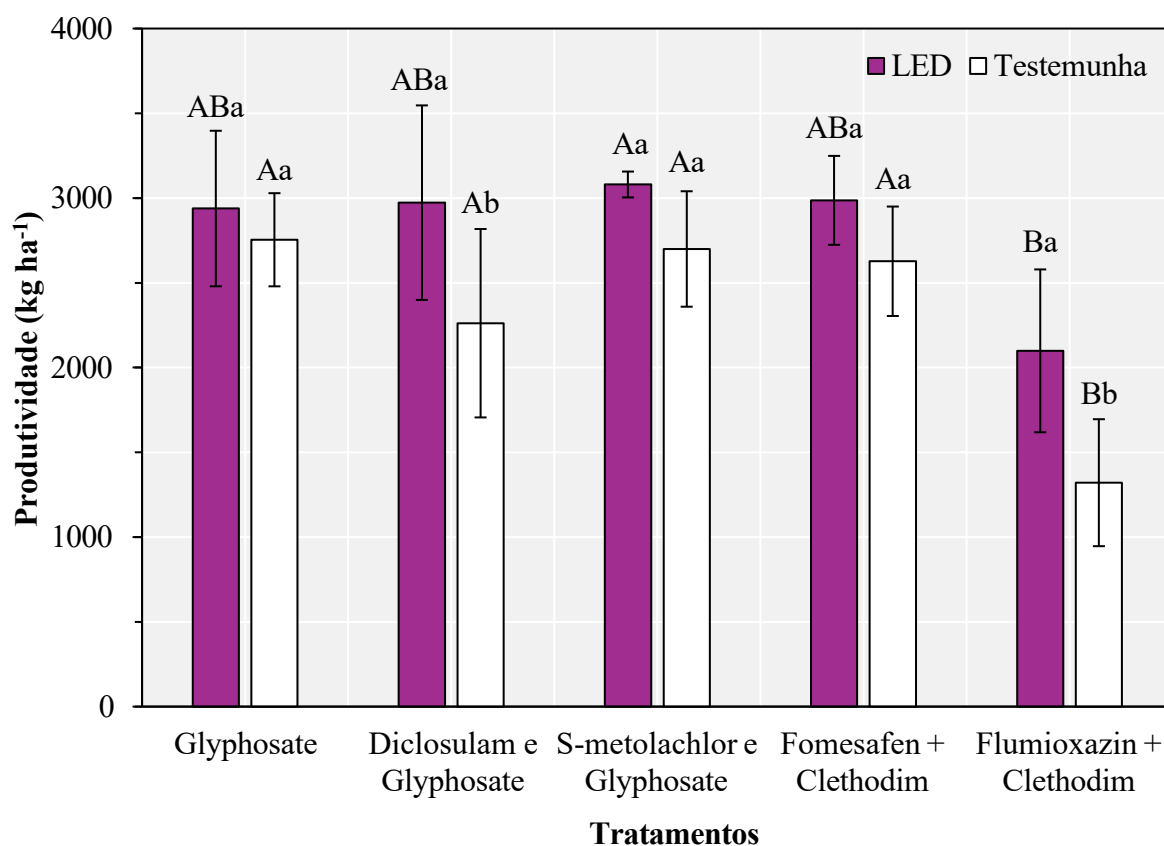


Gráfico 7. Produtividade em kg ha⁻¹ em função dos herbicidas utilizados nos ambientes com e sem suplementação luminosa. Médias seguidas de mesma letra minúscula dentro de cada fator e da mesma letra maiúscula entre fatores, não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

6 DISCUSSÃO

A exposição das parcelas de soja aos minutos diários de LED foi mais influente nos resultados em relação aos herbicidas. Aos 24 DAP os herbicidas pós-emergentes (glyphosate, fomesafen e clethodim) não haviam sido aplicados. Assim, foi possível observar que o número de plantas daninhas foi muito maior nas parcelas que recebiam o LED. Após a aplicação dos herbicidas pós-emergentes, o número de plantas daninhas diminuiu, porém, nas parcelas com LED a quantidade de plantas daninhas continuou maior, especialmente aos 60 DAP.

De acordo com as características desse plantio de soja, antes da metade do ciclo da cultura as plantas crescem e impedem a chegada de luz ao solo. O tempo entre o plantio e o fechamento da entre linha é relativo a muitos fatores. Dessa forma, a diminuição no número de plantas daninhas na avaliação aos 60 DAP pode ter ocorrido em virtude do aumento da cobertura do solo proporcionado pelo crescimento vegetativo da soja. Assim, boas práticas agrícolas diminuem a incidência de plantas daninhas na área (Holt, 1991; Van Acker, 2009).

Os herbicidas pré-emergentes diclosulam e s-metolachlor, que têm efeito residual que pode superar 60 dias (Long *et al.*, 2014; Yoder *et al.*, 2000), tiveram a eficácia prejudicada nas parcelas com LED. Aos 34 DAP não havia diferença causada pelo fator LED, porém, aos 60 DAP nas parcelas com LED havia mais que o dobro de plantas daninhas.

A oferta suplementar de luz na forma de LED pode aumentar a porcentagem de germinação de plantas e as espécies respondem de forma diferente de acordo com os comprimentos de luz (Simlat *et al.*, 2016). Portanto, as características proporcionadas por essa suplementação de luz, em área de soja, influenciaram a emergência das plantas daninhas. Nessa pesquisa, a exposição à luz artificial ocorreu por poucos minutos, porém, sabe-se que a luz vermelha (predominante nesse experimento) pode aumentar a germinação de plantas em relação à luz natural (Lal and Sachan, 2017).

S-metolachlor e diclosulam são herbicidas pré-emergentes utilizados em áreas de soja. Em função do maior número de plantas daninhas que emergiam nas parcelas sob LED, foi observado que o herbicida s-metolachlor teve a eficácia prejudicada. Porém, o diclosulam apresentou as mesmas taxas de controle. Isso ocorreu, provavelmente, porque o diclosulam apresenta efeito residual e espectro de controle maiores em relação ao s-metolachlor (Barnes *et al.*, 1998; Clewis *et al.*, 2007; Zemolin *et al.*, 2014).

Os herbicidas pré-emergentes desempenham um papel fundamental no manejo de plantas daninhas em lavouras de soja, especialmente em situações onde o solo sofre algum tipo de distúrbio, como observado nesta pesquisa. Esses produtos atuam de forma preventiva,

reduzindo a emergência de plantas invasoras e favorecendo o estabelecimento inicial da cultura. As principais plantas daninhas que ocorriam na área experimental eram *Amaranthus deflexus*, *Cyperus rotundus*, *Eleusine indica*, *Galinsoga parviflora*, *Nicandra physalodes*, *Oxalis latifolia* e *Portulaca oleraceae* que são muito influenciadas pelo preparo do solo (Van Acker, 2009). Dessa forma, nas parcelas tratadas com os herbicidas pré-emergentes (s-metolachlor e diclosulam) o controle foi superior em relação àquelas tratadas com glyphosate. Tal efeito não foi observado para fomesafen e fluimoxazin, pois, a avaliação ocorreu apenas cinco dias após a aplicação.

7 CONCLUSÕES

Os resultados deste estudo demonstram que a suplementação luminosa com luzes de LED influenciou significativamente tanto a densidade quanto o controle de plantas daninhas, em comparação ao uso isolado de herbicidas, revelando um aumento expressivo na emergência dessas plantas nos estádios iniciais da soja, mesmo após a aplicação dos defensivos, o que indica um impacto direto da luz na germinação e desenvolvimento das espécies infestantes. Herbicidas pré-emergentes como diclosulam e s-metolachlor apresentaram eficácia reduzida sob luz suplementar, possivelmente devido à estimulação da germinação pelas radiações vermelhas emitidas pelos LEDs.

Além disso, a cultura da soja foi impactada pela alteração no fotoperíodo, com atraso no florescimento e prolongamento do ciclo em treze dias. Ainda assim, as parcelas submetidas à luz artificial apresentaram um aumento médio de 21% na produtividade de grãos, sugerindo que a suplementação luminosa favoreceu o desenvolvimento da soja a ponto de compensar a maior competição com as plantas daninhas.

Diante desses achados, conclui-se que a luz suplementar interfere de forma relevante tanto na dinâmica das espécies invasoras quanto no desempenho da cultura da soja, sendo fundamental considerar seus efeitos no planejamento do manejo agrícola, e que estudos futuros sobre diferentes espectros luminosos e formulações herbicidas são essenciais para otimizar o controle de plantas daninhas e o aproveitamento produtivo em sistemas que utilizam tecnologias de iluminação artificial.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, R. S. de *et al.* Light-emitting diodes (LEDs) in development and response to water stress in *Eucalyptus benthamii* seedlings (Myrtaceae). **Ciência Rural**, [S.L.], v. 53, n. 11, p. 1-8, 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20220365>.
- BRAZAITYTĖ, A. *et al.* The effects of LED illumination spectra and intensity on carotenoid content in Brassicaceae microgreens. **Food Chemistry**, v. 173, p. 600-606, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.10.077>.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sétimo levantamento, abril 2021**. Brasília: CONAB, 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 27 abr. 2021.
- DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O. Cerrado, revolução verde e a evolução no consumo de agrotóxicos. **Sociedade & Natureza**, v. 29, n. 3, p. 469-484, 2017. DOI: <https://doi.org/10.14393/SN-v29n3-2017-8>.
- FAN, X. X. *et al.* Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. **Scientia Horticulturae**, v. 153, p. 50-55, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.017>.
- GRAZZIOTIN, N. **Desenvolvimento de luminária com espectro dedicado para suplementação luminosa no cultivo de flores**. 2024. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2024.
- GRUPO FIENILE. **Irrigação de luz sobre a lavoura traz benefícios aos agricultores**. 2021. Disponível em: <https://mundoagrobrasil.com.br/irrigacao-luz-lavoura-beneficios-agricultores/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- KOPSELL, D. A. *et al.* Shoot tissue pigment levels increase in “Florida Broadleaf” mustard (*Brassica juncea* L.) microgreens following high light treatment. **Scientia Horticulturae**, v. 140, p. 96-99, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.04.004>.
- KURACHI, C. A. **Soja: manejo para alta produtividade**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996.
- LEMES, E. M.; AZEVEDO, B.; IIDA, M. **Irrigação de luz: o próximo salto da produção agrícola**. 2020. Grupo Fienile. Disponível em: <https://grupofienile.com/luz-no-campo-a-maior-inovacao-do-mundo-na-agricultura/>. Acesso em: 24 abr. 2025.
- MARTINS, E. A.; CARDOSO, C. D. V. Diagnóstico da adoção de tecnologias de agricultura de precisão em propriedades rurais do Rio Grande do Sul. **Revista Interação**, v. 10, n. 1, p. 120-129, 2019. DOI: <https://doi.org/10.5902/2357797536692>.
- NEUTZLING, A. *et al.* **Suplementação Luminosa com LED para a produção de flores e hortaliças**. 2024. Disponível em: <https://institucional.ufpel.edu.br/projetos/id/u3709>. Acesso em: 24 abr. 2025.

REDAÇÃO PRATO DO AMANHÃ. **Fazenda de GO usa suplementação luminosa para reduzir consumo de água.** 2023. Disponível em: <https://pratodoamanha.com.br/fazenda-de-go-usa-suplementacao-luminosa-para-reduzir-custos/>. Acesso em: 24 abr. 2025.

ROSCOE, R.; MIRANDA, R. A. S. **Manejo da adubação do milho safrinha.** 2019. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/base/www/fundacaoms.org.br/media/attachments/184/184/newarchive-184.pdf>. Acesso em: 27 abr. 2021.

SAMUOLIENĖ, G. *et al.* Red light-dose or wavelength-dependent photoresponse of antioxidants in herb microgreens. *PLoS ONE*, v. 11, n. 9, p. 1-10, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163405>.

SAUSEN, D. *et al.* Biotecnologia aplicada ao manejo de plantas daninhas. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 23150-23169, 2020. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-027>.

VARGAS, B. D. *et al.* Biotecnologia e alimentos geneticamente modificados: uma revisão. **Revista Contexto & Saúde**, v. 18, n. 35, p. 19-26, 2018. DOI: <https://doi.org/10.21527/2176-7114.2018.35.19-26>.