REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PONTAS DE APLICAÇÃO DE BIOINSUMOS E POPULAÇÕES DE PLANTAS NA DEPOSIÇÃO DE GOTAS NA CULTURA DA SOJA (*GLYCINE MAX* L.)

INFLUENCE OF DIFFERENT NOZZLES AND PLANT POPULATIONS ON DROPLET DEPOSITION DURING BIOINPUT APPLICATION IN SOYBEAN (*GLYCINE MAX* L.)

INFLUENCIA DE DIFERENTES BOQUILLAS Y POBLACIONES DE PLANTAS EN LA DEPOSICIÓN DE GOTAS DURANTE LA APLICACIÓN DE BIOINSUMOS EN EL CULTIVO DE SOJA (*GLYCINE MAX* L.)

Carlos Alberto Silva
Mestrando em Proteção de Plantas, Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Brasil
E-mail: carlos.alberto@ifgoiano.edu.br

Wallace Luan de Freitas Fernandes
Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano Campus Hidrolândia, Brasil
E-mail: wallace.luan@estudante.ifgoiano.edu.br

Henrique Naves Bernardes
Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano Campus Hidrolândia, Brasil
E-mail: henrique.bernardes@estudante.ifgoiano.edu.br

José Maurício Pereira Gonçalves Ogata
Engenheiro Agrônomo, Instituto Federal Goiano Campus Hidrolândia, Brasil
E-mail: jose.ogata@ifgoiano.edu.br

Marco Antônio Moreira de Freitas
Doutor em Fitotecnia, Instituto Federal Goiano Campus Urutaí, Brasil
E-mail: marco.freitas@ifgoiano.edu.br

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Resumo

A eficiência da aplicação de bioinsumos na soja está diretamente relacionada à tecnologia de pulverização, especialmente às características das pontas, ao estádio fenológico e à arquitetura do dossel. Objetivou-se avaliar a qualidade da aplicação de bioinsumos em diferentes estádios fenológicos da soja, considerando pontas de pulverização, populações de plantas e posições de deposição no dossel. O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcela sub subdividida, na parcela duas populações (160 e 240 mil plantas.ha^{-1}), na subparcela quatro pontas de pulverização tipo leque (TT110.04, TT110.015, TT110.02 e TT110.03), na sub subparcela duas posições de avaliação (superior e inferior) e três estádios fenológicos (V10, R1 e R5), em esquema de medida repetida. Foram avaliados número de gotas, cobertura, diâmetro médio volumétrico (DMV), índice de dispersão (Span) e volume de calda depositado em papéis hidrossensíveis, utilizando o software Gotas®. Os dados foram analisados pelo modelo linear generalizado Gamma, com comparação de médias pelo teste LSD (p≤0,05). O número de gotas foi influenciado pela interação entre ponta, população e estádio fenológico. A ponta TT110.02 apresentou maior deposição, cobertura e volume de calda nos estádios V10 e R5, enquanto a TT110.015 destacou-se em número de gotas no estádio R1. A deposição e a cobertura foram superiores na posição superior do dossel, indicando menor penetração das gotas nos estádios mais avançados. A TT110.04 apresentou maiores valores de DMV e Span, sem resultar em maior deposição. Conclui-se que a eficiência da aplicação depende da interação entre ponta, estádio fenológico e arquitetura do dossel, destacando-se a TT110.02 nos estádios V10 e R5 e a TT110.015 em R1.

Palavras-chave: Tecnologia de aplicação; Bioinsumos; Soja; Pontas de pulverização; Deposição de gotas.

Abstract

The efficiency of bioinput application in soybean is directly related to spray application technology, particularly nozzle characteristics, crop growth stage, and canopy architecture. This study aimed to evaluate the quality of bioinput application at different soybean growth stages, considering spray nozzles, plant populations, and deposition positions within the canopy. The experiment was arranged in a randomized complete block design with a split-split-plot scheme: two plant populations (160,000 and 240,000 plants ha^{-1}) in the main plots; four flat-fan nozzles (TT110.04, TT110.015, TT110.02, and TT110.03) in the subplots; and two sampling positions (upper and lower canopy) and three growth stages (V10, R1, and R5) in the sub-subplots, evaluated as repeated measures. The number of droplets, spray coverage, volume median diameter (VMD), relative span, and deposited spray volume were determined on water-sensitive papers using Gotas® software. Data were analyzed using a Gamma generalized linear model, and means were compared by Fisher's least significant difference (LSD) test ($p \leq 0.05$). The number of droplets was affected by the nozzle × plant population × growth stage interaction. The TT110.02 nozzle provided the highest deposition, coverage, and spray volume at V10 and R5, whereas the TT110.015 stood out for the number of droplets at R1. Deposition and coverage were higher in the upper canopy, indicating reduced droplet penetration at more advanced growth stages. The TT110.04 showed the highest VMD and span values, without resulting in greater deposition. In conclusion, application efficiency depends on the interaction among nozzle, growth stage, and canopy architecture, with the TT110.02 standing out at V10 and R5 and the TT110.015 at R1.

Keywords: Application technology; Bioinputs; Soybean; Spray nozzles; Droplet deposition.

Resumen

La eficiencia de la aplicación de bioinsumos en soja está directamente relacionada con la tecnología de

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

aplicación, especialmente con las características de las boquillas, el estadio fenológico del cultivo y la arquitectura del dosel. El objetivo fue evaluar la calidad de la aplicación de bioinsumos en diferentes estadios fenológicos de la soja, considerando boquillas de pulverización, poblaciones de plantas y posiciones de deposición en el dosel. El experimento se estableció en un diseño de bloques completos al azar, con esquema de parcelas sub-subdivididas: dos poblaciones de plantas (160.000 y 240.000 plantas ha^{-1}) en las parcelas principales; cuatro boquillas de abanico plano (TT110.04, TT110.015, TT110.02 y TT110.03) en las subparcelas; y dos posiciones de muestreo (superior e inferior) y tres estadios fenológicos (V10, R1 y R5) en las sub-subparcelas, evaluados mediante medidas repetidas. Se determinaron el número de gotas, la cobertura, el diámetro volumétrico mediano (DVM), el índice de dispersión (Span) y el volumen de caldo depositado en papeles hidrosensibles, utilizando el software Gotas®. Los datos se analizaron mediante un modelo lineal generalizado con distribución Gamma, y las medias se compararon mediante la prueba de diferencia mínima significativa (LSD) de Fisher ($p \leq 0,05$). El número de gotas fue afectado por la interacción boquilla × población × estadio fenológico. La boquilla TT110.02 presentó la mayor deposición, cobertura y volumen de caldo en V10 y R5, mientras que la TT110.015 se destacó en el número de gotas en R1. La deposición y la cobertura fueron mayores en la posición superior del dosel, lo que indica una menor penetración de las gotas en los estadios más avanzados. La boquilla TT110.04 presentó los mayores valores de DVM y Span, sin que ello resultara en mayor deposición. En conclusión, la eficiencia de la aplicación depende de la interacción entre boquilla, estadio fenológico y arquitectura del dosel, destacándose la TT110.02 en V10 y R5 y la TT110.015 en R1.

Palabras clave: Tecnología de aplicación; Bioinsumos; Soja; Boquillas de pulverización; Deposición de gotas.

1. Introdução

A soja (*Glycine max* L.) é uma das culturas mais relevantes do agronegócio mundial e ocupa posição estratégica na economia brasileira, sendo responsável por grande parte do valor gerado no setor agrícola. O Brasil consolidou-se como o maior produtor e exportador mundial, contribuindo significativamente para o abastecimento de proteínas vegetais e para a cadeia de produção de carnes, óleos e biocombustíveis. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2026), a safra de grãos 2025/2026 foi estimada em 176,1 milhões de toneladas, quantidade 2,7% maior que a da safra passada, o que significa dizer um aumento de 4,6 milhões de toneladas, atingindo novo recorde histórico. Entre 1991 e 2024, a produção nacional do grão cresceu de 19,4 para 154,6 milhões de toneladas, com aumento de área cultivada de 9,6 para 44,1 milhões de hectares e produtividade média de 3.507 $kg.ha^{-1}$ (VIEIRA FILHO, 2024).

O avanço tecnológico nas últimas décadas tem impulsionado a produtividade e a sustentabilidade do cultivo, integrando inovações como cultivares transgênicas, mecanização agrícola, agricultura digital, biotecnologia e manejo integrado de pragas

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

e doenças (CARVALHO et al., 2025). Essas tecnologias têm possibilitado o aumento da eficiência produtiva e a redução de impactos ambientais, transformando o país em referência mundial na adoção de práticas sustentáveis para a produção de soja (EMBRAPA, 2024). Além disso, a adoção de sistemas de pulverização mais precisos e o ajuste adequado da população de plantas exercem influência direta sobre a deposição de gotas e, consequentemente, sobre a eficiência no controle fitossanitário e no desempenho produtivo das lavouras (PEREIRA, 2022).

Uma aplicação tecnicamente adequada assegura que o ingrediente ativo alcance as diferentes camadas do dossel, garantindo cobertura e penetração suficientes para o controle dos agentes bióticos. No entanto, perdas por deriva, evaporação e má cobertura são fatores limitantes, podendo reduzir a eficácia do tratamento e gerar impactos ambientais. Conforme destacado por Pereira (2022), o tamanho das gotas, o volume de calda e o tipo de ponta de pulverização determinam a quantidade de produto que atinge efetivamente o alvo, sendo que gotas muito finas aumentam o risco de deriva e evaporação, enquanto gotas grandes reduzem a cobertura foliar. Assim, o domínio da tecnologia de aplicação é indispensável para garantir a eficiência dos tratamentos e a sustentabilidade do manejo na agricultura.

A deposição de gotas constitui um dos principais parâmetros que determinam a eficiência da pulverização na cultura da soja, uma vez que está diretamente relacionada à quantidade de produto que atinge o alvo biológico e à eficácia do tratamento fitossanitário. Esse processo refere-se ao acúmulo de calda pulverizada sobre as superfícies das plantas, sendo avaliado por indicadores como número de gotas, diâmetro médio volumétrico (DMV), cobertura percentual e uniformidade de distribuição (CUNHA et al., 2018). Uma deposição eficiente depende do tamanho e da energia cinética das gotas, fatores que influenciam sua capacidade de penetrar no dossel e atingir as folhas situadas nas camadas inferiores. Gotas muito finas podem garantir elevada cobertura, mas aumentam o risco de deriva e evaporação; por outro lado, gotas mais grossas reduzem a deriva, mas podem comprometer a homogeneidade da cobertura foliar (ZAMARCO, 2022).

Além disso, com a crescente adoção de bioinsumos na agricultura, evidencia-se uma carência ainda maior de pesquisas voltadas à tecnologia de aplicação

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

específica para bioinsumos, incluindo parâmetros de pulverização que considerem as particularidades físico-químicas desses produtos, suas formulações e respostas sobre o dossel. Essa necessidade é destacada em iniciativas de capacitação para o uso racional de bioinsumos, como a promovida pela Embrapa (2024), que ressalta a importância de tecnologias de aplicação adequadas para maximizar o desempenho desses insumos biológicos. Em vista disso, pesquisas que integrem tipos de bicos, características de dossel, métodos sensíveis de avaliação de deposição e requisitos específicos de bioinsumos são fundamentais para fornecer subsídios técnicos que otimizem tanto a eficiência quanto a sustentabilidade das aplicações.

Os bioinsumos têm ganhado relevância crescente na agricultura brasileira e mundial como alternativa sustentável ao uso intensivo de insumos químicos, contribuindo para o manejo integrado de pragas e para a redução de impactos ambientais (IWANICKI; DELALIBERA JÚNIOR, 2025). Na cultura da soja, destacam-se agentes biológicos como *Bradyrhizobium japonicum*, na fixação de nitrogênio e no crescimento vegetal, *Bacillus thuringiensis*, no controle de lagartas, *B. amyloliquefaciens* e *B. firmus*, no de nematóides, e *B. subtilis*, no de doenças como o mofo-branco (DENDENA, 2023). Entre os agentes entomopatogênicos, *Chromobacterium subtsugae* produz metabólitos secundários com atividade inseticida e tem se mostrado eficaz no controle de mosca-branca (DUARTE et al., 2026). Centros de pesquisa como o CEBIO têm contribuído para o desenvolvimento e a transferência de conhecimento nessa área (CEBIO BRASIL, 2026).

Apesar desse avanço, a maioria dos estudos concentra-se na eficácia biológica e nos aspectos microbiológicos desses produtos (LOUREIRO et al., 2020; PEÑA et al., 2018; LOURO et al., 2024), sendo ainda escassas as pesquisas sobre tecnologia de aplicação, especialmente deposição, cobertura e tamanho de gotas. Essa lacuna limita a eficiência dos bioinsumos no campo e justifica estudos que integrem esses produtos a técnicas de pulverização adequadas.

Um outro fator importante é a carência de trabalhos voltados para a avaliação de aplicação com diferentes bicos e diferentes populações, faltam trabalhos com essa interação, o que mais é encontrado são trabalhos de comparação de aplicações aéreas com drone e aplicações terrestres com pulverizador autopropelido, como no

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

trabalho de MACHADO, REYNALDO (2019). Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de diferentes bicos de pulverização e diferentes populações de plantas na deposição de gotas na cultura da soja, avaliadas com papel hidrossensível com enfoque na aplicação de produtos biológicos voltados ao controle de pragas nos estádios vegetativo e reprodutivo. A pesquisa visou identificar a combinação mais eficiente de densidade de semeadura e tecnologia de aplicação, promovendo maior sustentabilidade na produção da soja.

2. Metodologia

O experimento foi conduzido entre outubro de 2025 e fevereiro de 2026, no campo experimental, localizado no IF Goiano – Campus Hidrolândia, na Estrada São Brás, km 04, Zona Rural, no município de Hidrolândia, Goiás. A área experimental está situada nas coordenadas geográficas 17°00'52" S e 49°12'00" O. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, a região apresenta clima do tipo Aw (tropical sazonal), com temperatura média anual de 22,8 °C e precipitação média de 1520 mm (WEATHERSPARK, 2026).

O projeto foi realizado na área do campo experimental, em sistema de plantio direto. Inicialmente, foram realizados testes de germinação e vigor das cultivares BMX Ataque I2X, BMX Domínio IPRO, HO Nobres I2X e BMX Sparta I2X, a cultivar com melhor índice de germinação foi a HO Nobres I2X. Posteriormente foi feita a dessecação da área utilizando os herbicidas à base de glifosato (Sumô) e outro à base de imazetapir com flumioxazina (Zethamaxx), com aplicação em dose recomendada para controle total das ervas daninhas encontradas, sendo 3 $L.ha^{-1}$ de glifosato e 0,5 $L.ha^{-1}$ de Imazetapir com flumioxazina. Assegurando a condição ideal para o plantio.

O cultivo da soja foi estabelecido conforme as recomendações técnicas para cultivar HO Nobres I2X. As semeaduras foram efetuadas de forma manual com o auxílio de enxada, respeitando as populações de 160 e 240 mil plantas por hectare, considerando a taxa de germinação de 92%, com o espaçamento entre linhas de 0,50 metros. Foram plantadas duas áreas nas proporções de 6 metros de largura por 25 metros de comprimento, totalizando 150 metros quadrados por área. Devido a

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

escassez de chuva no plantio inicial, foi necessário o replantio, respeitando as condições de plantio estabelecidas anteriormente.

As sementes foram tratadas com o fungicida à base de tiofanato-metílico e fluazinam (Certeza N) e com o inseticida/nematicida à base de abamectina (Avicta 500 FS), nas doses de 200 mL de Certeza N por 100 kg de sementes e 125 mL de Avicta por 100 kg de sementes, respectivamente. A adubação de base foi feita com o fertilizante formulado NPK (5-25-15), priorizando 100 $Kg.ha^{-1}$ de fósforo, visando suprir as exigências nutricionais iniciais da cultura. Após o plantio, foi realizada também a aplicação de *Priestia aryabhattai*, sob dose de 3 $L.ha^{-1}$, com o objetivo de auxiliar na mitigação do estresse hídrico e promover o crescimento das plantas.

No vegetativo estádio inicial da cultura, foi necessário a aplicação de inseticidas químicos a base de triflumurom (WASP 480 SC) e a base de flubendiamida (BELT), sob doses de 100 $mL.ha^{-1}$ e 50 $mL.ha^{-1}$ respectivamente, visando o controle de lagartas. Foi realizado também o controle de formigas cortadeiras com o uso do granulado à base de Sulfluramida (MIREX-S), com uma concentração de 2 $g.kg^{-1}$ ou 0,2%, respeitando a dose de bula.

Durante o ciclo, foram realizadas aplicações de herbicidas em pré-emergência e pós-emergência da cultura, para isso foi utilizado o herbicida à base de glifosato (Sumô), respeitando recomendações a dose de bula de 3 $L.ha^{-1}$, a decisão de aplicar foi tomada devido a avaliações diárias, que indicaram a necessidade de proporcionar uma condição viável para o desenvolvimento da soja. O glifosato foi escolhido devido a resistência da cultivar ao herbicida.

Ao final do ciclo, após a conclusão das avaliações experimentais, foram realizadas aplicações fitossanitárias complementares para o controle de problemas observados na área. Para o controle do oídio (*Erysiphe diffusa*), identificado pela presença de micélio pulverulento branco sobre folhas e hastes, aplicou-se calda bordalesa (sulfato de cobre e cal) em concentração de 0,5% a 1%, seguida de fungicida à base de carbendazim (Rodazim 500 SC), na dose de 0,5 $L.ha^{-1}$, para o controle de doenças fúngicas da parte aérea de final de ciclo. Para o controle do percevejo-verde-pequeno (*Piezodorus guildinii*) e da mosca-branca (*Bemisia tabaci*), que causam prejuízos ao enchimento de grãos pela sucção de seiva, foram realizadas

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

duas aplicações em mistura de tanque dos inseticidas Verdavis (isocicloseram e lambda-cialotrina) e Inzak Zeon (acetamiprido e lambda-cialotrina), nas doses recomendadas em bula.

A aplicação dos tratamentos teve início no estádio vegetativo pleno da soja (V10), quando foi realizada a primeira aplicação de bioinsumos visando o controle de lagartas e mosca branca, utilizando os produtos Tec Catp Pro à base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* e Tec Bug à base de *Chromobacterium subtsugae*, sob doses de 3 $L.ha^{-1}$. Já no estádio reprodutivo, foram realizadas duas aplicações (R1 e R5) com os mesmos produtos da primeira aplicação, à base de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* e *Chromobacterium subtsugae* visando o controle de pragas de finais de ciclo, principalmente lagartas do complexo *Spodoptera* e a mosca branca (*Bemisia tabaci*). Os Bioinsumos foram multiplicados na unidade do CEBIO do próprio campus.

As aplicações foram realizadas com pulverizador costal elétrico com capacidade de 10 litros, utilizando diferentes tipos de pontas de aplicação do tipo leque (TT110.04 vermelha, TT110.02 amarela, TT110.03 azul e TT110.015 verde). Utilizou-se a pressão de trabalho de campo (1,5 bar), mantida constante em todas as aplicações, e não a pressão nominal recomendada para cada ponta. A velocidade de deslocamento do aplicador também foi mantida constante, em 3,6 $km.h^{-1}$. Como as pontas foram operadas sob a mesma pressão e velocidade, e não em suas pressões nominais, a vazão e o volume de calda aplicado variaram entre elas, de modo que o volume não foi considerado como critério de comparação, sendo avaliada apenas a qualidade da deposição das gotas. As condições meteorológicas (Tabela 01) ficaram dentro das faixas usualmente recomendadas para a tecnologia de aplicação.

Tabela 01 - Cronologia das aplicações e condições meteorológicas às 08:00 (horário local).

Estádio	Data	DAS	Temperatura (ºC)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento ($km.h^{-1}$)
V10	16/01/2026	32	21,8	88	5,4

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

R1	29/01/2026	45	20,5	94	7,5
R5	23/02/2026	70	22,2	85	4,3

Fonte: WEATHERSPARK, 2025.

A deposição das gotas foi avaliada com o uso de papéis hidrossensíveis posicionados na sub subparcela em duas posições da planta: terço superior e inferior, com o lado sensível voltado para cima e presos com grampos, imediatamente antes de cada aplicação, para analisar a uniformidade da cobertura foliar e penetração da pulverização, conforme demonstrado na figura 01. Após a aplicação, os cartões foram fotografados sob iluminação padronizada e distância fixa, em seguida foram analisados com o software Gotas® (2000), como é mostrado na figura 02, permitindo a quantificação de parâmetros como número de gotas, porcentagem de cobertura, volume de calda, diâmetro médio volumétrico (DMV) e índice Span (uniformidade da aplicação) calculado pela seguinte equação:

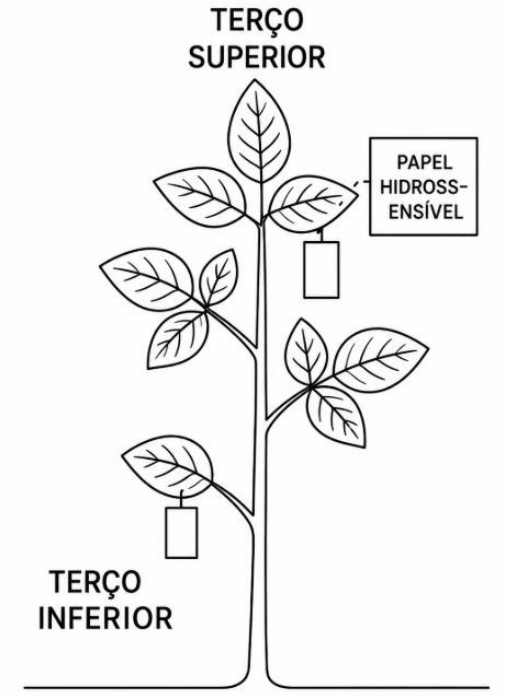
$$Span = (DV_{0,9} - DV_{0,1})/DV_{0,5}$$

onde:
$DV_{0,1}$= Diâmetro de 10% do volume acumulado;
$DV_{0,5}$ = Diâmetro de 50% do volume acumulado;
$DV_{0,9}$ = Diâmetro de 90% do volume acumulado.

Todos os papéis foram analisados com os mesmos parâmetros.

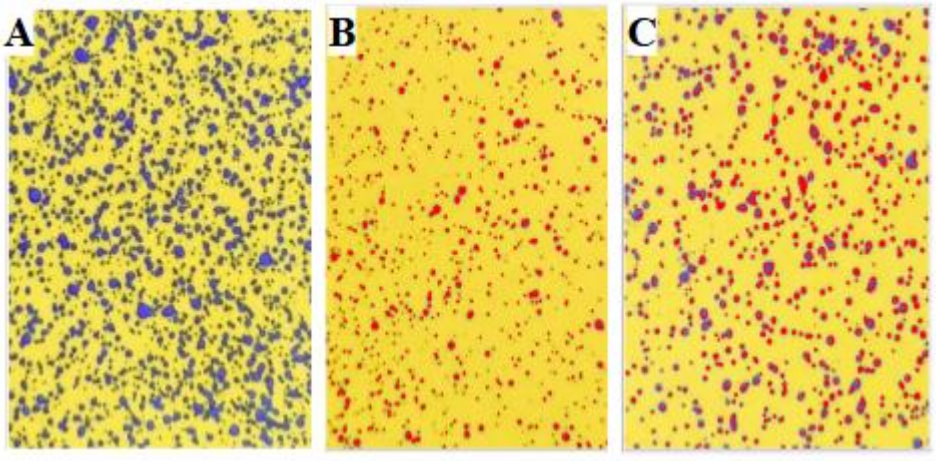
Figura 01. Esquema do posicionamento do papel hidrossensível nas posições: terço superior e inferior.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30



Fonte: autoria própria.

Figura 02. Papel hidrossensível submetido à análise por meio do software Gotas®. (A) Imagem antes da análise; (B e C) imagens após o processamento e a análise pelo software.



Fonte: software Gotas® (2000).

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro blocos, em esquema de parcelas sub subdivididas com medidas repetidas

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

no tempo. A parcela foi constituída pela população de plantas (160 e 240 mil plantas.ha^{-1}), a subparcela pela ponta de pulverização (TT110.04, TT110.02, TT110.03 e TT110.015) e a sub subparcela pela posição na planta (superior e inferior), na qual foi alocado um papel hidrossensível por unidade. As avaliações foram repetidas nas mesmas unidades em três estádios fenológicos (V10, R1 e R5), totalizando 192 observações por variável. A posição constituiu local de amostragem, e não fator casualizado.

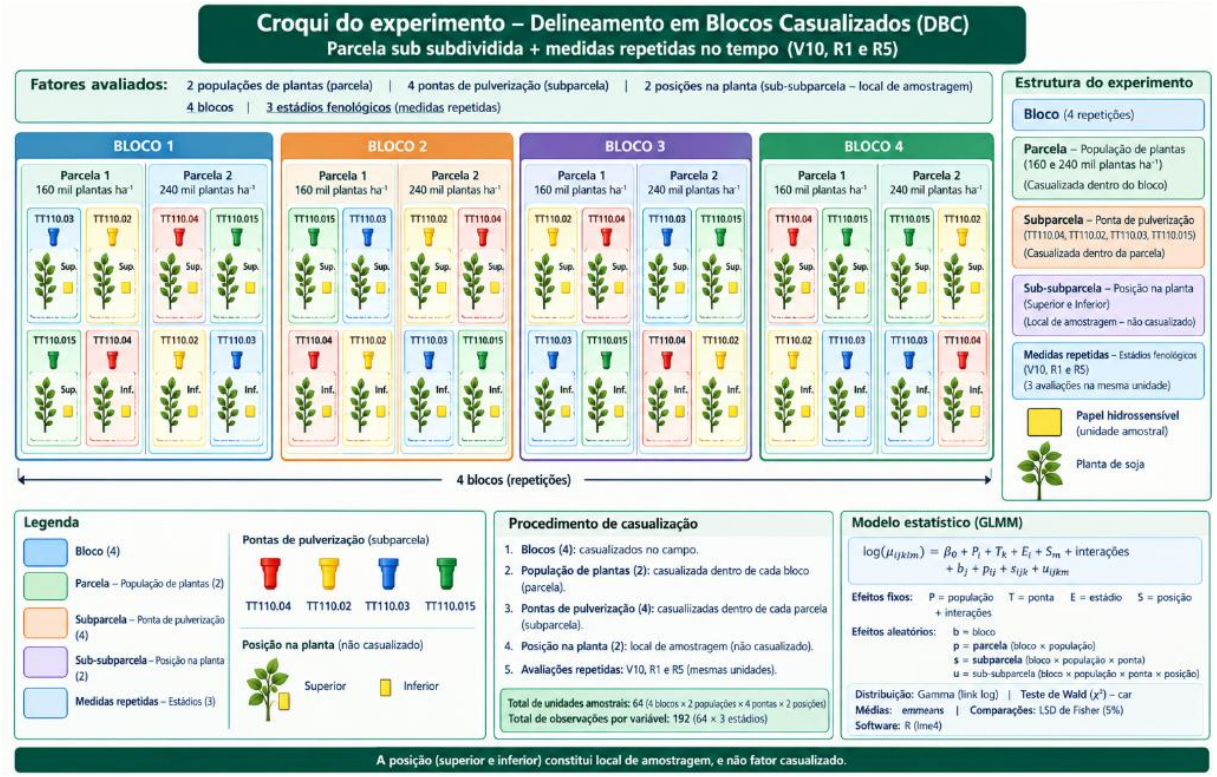
O número de gotas, a cobertura, o diâmetro médio volumétrico (DMV), o volume de calda e o Índice Span foram analisados por modelos lineares generalizados com distribuição Gamma, escolhida pela análise gráfica dos resíduos e pela ausência de valores iguais a zero. Os efeitos fixos foram estádio, população, ponta, posição e suas interações. Os efeitos aleatórios foram bloco, parcela (bloco × população), subparcela (bloco × população × ponta) e sub subparcela (bloco × população × ponta × posição). Esse último representa a unidade avaliada nos três estádios e modela a correlação das medidas repetidas (simetria composta).

O modelo foi: $\log(\mu_{ijklm}) = \beta_0 + P_i + T_k + E_l + S_m + \text{interações} + b_j + p_{ij} + s_{ijk} + u_{ijkm}$ em que μ é a média esperada; P, T, E e S são os efeitos fixos de população, ponta, estádio e posição; e b, p, s e u são os efeitos aleatórios de bloco, parcela, subparcela e sub subparcela, assumidos normais com média zero. Os efeitos fixos foram avaliados pelo teste de Wald (χ^2) do pacote car. As médias marginais estimadas foram obtidas com o pacote emmeans. Quando houve efeito significativo, as médias foram comparadas por contrastes pareados sem ajuste de multiplicidade (LSD de Fisher), a 5% de probabilidade. Os valores após o sinal ± nas tabelas correspondem ao erro-padrão da média estimada. As análises foram realizadas no software R, com o pacote lme4 (LENTH, 2026). Para ilustrar o esquema estatístico podemos ver a figura 03.

Figura 03. Croqui do modelo estatístico desenvolvido anteriormente à instalação do projeto no campo.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30



Fonte: autoria própria.

3. Resultados e Discussão

A eficiência da aplicação de bioinsumos na cultura da soja depende diretamente da capacidade das gotas alcançarem o alvo biológico em quantidade suficiente e com distribuição adequada ao longo do dossel. Nesse contexto, os resultados demonstraram que a deposição das gotas foi influenciada pela interação entre pontas de pulverização, estádio fenológico da cultura, população de plantas e posição de avaliação no dossel, evidenciando que a eficiência da tecnologia de aplicação não é constante ao longo do ciclo da cultura.

Considerando a variável número de gotas, a análise revelou interação significativa entre pontas de pulverização, população de plantas e estádio fenológico, indicando que o desempenho das pontas variou em função da densidade de plantas e do momento de aplicação (Tabela 02). No estádio V10, as pontas amarela TT110.02 e azul TT110.03 apresentaram os maiores valores de deposição na população P1 (160 mil plantas.ha^{-1}), enquanto na população P2 (240 mil plantas.ha^{-1}) a ponta

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

amarela TT110.02 manteve desempenho superior às demais. Já no estádio R1, na população P1, a ponta verde TT110.015 proporcionou a maior deposição de gotas (938 gotas.cm⁻²), diferindo das demais pontas avaliadas. A ponta azul TT110.03 apresentou desempenho intermediário, enquanto as pontas amarela TT110.02 e vermelha TT110.04 apresentaram os menores valores. Enquanto que na população P2, observou-se comportamento distinto, com as pontas amarela TT110.02 e verde TT110.015 formando o grupo de maior deposição, evidenciando que o aumento da população alterou a resposta das pontas de pulverização.

Tabela 02 - Número de gotas (n.cm^{-2}) em função das pontas dentro das populações e dos estádios fenológicos.

Pontas	Médias do número de gotas + erro padrão (n.cm^{-2})					
	V10 P1	V10 P2	R1 P1	R1 P2	R5 P1	R5 P2
TT110.04 Vermelha	483 c +/- 68,7	631 b +/- 89,9	270 c +/- 38,5	331 b +/- 47,1	364 b +/- 51,7	597 a +/- 85
TT110.02 Amarela	902 a +/- 128	949 a +/- 135	304 c +/- 43,2	818 a +/- 116	722 a +/- 103	569 a +/- 81
TT110.015 Verde	589 bc +/- 83,8	530 b +/- 75,5	938 a +/- 134	795 a +/- 113	267 b +/- 38	476 ab +/- 67,8
TT110.03 Azul	840 ab +/- 119	475 b +/- 67,6	598 b +/- 85,1	280 b +/- 39,8	631 a +/- 89,8	389 b +/- 55,3

p-valor interação = 0,0002363

P1 = 160 mil plantas.ha⁻¹; P2 = 240 mil plantas.ha⁻¹;

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

A alteração no comportamento das pontas de pulverização entre as populações avaliadas evidencia que a arquitetura do dossel exerceu influência direta sobre a dinâmica de deposição das gotas. Embora a população de 240 mil plantas.ha^{-1} proporcione maior interceptação da pulverização em razão do incremento da área foliar, a resposta variou conforme a ponta utilizada e o estádio fenológico da cultura. Holtz et al. (2014), ao avaliarem a deposição de calda em soja sob diferentes arranjos espaciais, não observaram efeito isolado da população de plantas (160 e 240 mil plantas.ha^{-1}) sobre a deposição. Verificaram, porém, que o arranjo espacial, em especial o espaçamento entrelinhas, alterou a deposição no terço inferior da planta, o que atribuíram à distribuição das folhas ao longo da haste e ao menor efeito guarda-chuva em espaçamentos maiores. Esses resultados indicam que o efeito da densidade sobre a deposição depende da arquitetura resultante do arranjo das plantas. Isso ajuda a explicar por que, no presente estudo, a população não influenciou a cobertura e alterou o número de gotas apenas na interação com as pontas e o estádio fenológico.

No presente estudo, essa influência ficou evidente no estádio R1, no qual o aumento da população promoveu alteração na resposta das pontas de pulverização, permitindo que as pontas amarela TT110.02 e verde TT110.015 constituíssem o grupo de maior deposição na população de 240 mil plantas.ha^{-1}, enquanto na população de 160 mil plantas.ha^{-1} a superioridade foi observada exclusivamente para a verde TT110.015. Esses resultados indicam que o aumento da densidade populacional modifica a arquitetura do dossel e, consequentemente, a trajetória das gotas durante a pulverização, reforçando a necessidade de adequação da tecnologia de aplicação às características estruturais da cultura para maximizar a chegada dos bioinsumos ao alvo (THEODORO et al., 2026).

Em relação à ponta azul TT110.03, que produziu gotas relativamente grossas na posição superior do dossel (DMV de 894 e 890 µm em V10 e R1, respectivamente; Tabela 06), observou-se que esses atributos não resultaram em maior deposição de gotas. Na maioria das condições, a ponta apresentou menor número de gotas que as pontas amarela e verde, como na população P2 (475, 280 e 389 gotas.cm^{-2} em V10, R1 e R5; Tabela 01), além de menores coberturas e volumes depositados em diversas

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

situações (Tabelas 03 e 06). Esse comportamento é coerente com o descrito por Fontes et al. (2024), que, ao compararem as pontas TT110.02 e TT110.03 na cultura do melão, observaram que a densidade de gotas na face adaxial das folhas diminuiu com o aumento do volume de calda, em razão da união das gotas sobre o alvo, e não aumentou. Nesse estudo, a TT110.02, apresentou maior densidade de gotas que a TT110.03 no menor volume avaliado (140 $L.ha^{-1}$), tanto com assistência de ar (52,9 contra 27,8 gotas.cm^{-2}) quanto sem ela (64,8 contra 47,2 gotas.cm^{-2}). Os autores atribuem o bom desempenho de cobertura da TT110.02 justamente ao seu espectro de gotas menor, e verificaram que pontas de gotas maiores, com indução de ar, são mais adequadas para reduzir a deriva, mas apresentaram deposição, cobertura e densidade de gotas insatisfatórias nas superfícies de difícil acesso da planta. Fontes et al. (2024) lembram ainda, com base em Wang et al. (2019), que produtos de contato demandam densidades de gotas mais elevadas, de 50 a 70 gotas.cm^{-2}. Dessa forma, a maior vazão e o maior tamanho de gotas da ponta azul não compensaram a menor densidade de gotas e a menor cobertura, o que a torna menos indicada que as pontas amarela e verde para as condições avaliadas.

Em aplicações de bioinsumos, elevadas densidades de gotas são desejáveis, uma vez que aumentam a probabilidade de contato dos microrganismos com as superfícies vegetais e com os insetos-praga presentes na cultura. Tal comportamento é particularmente importante para aplicações de *Bacillus thuringiensis* e *Chromobacterium subtsugae*, cuja eficiência depende do contato direto com o alvo biológico (HEWITT et al., 2024).

No estádio R5, observou-se redução geral da deposição em comparação aos estádios anteriores, especialmente nas posições inferiores da planta (Tabela 02). Esse comportamento está associado ao aumento da massa vegetal e ao fechamento do dossel, que promovem maior interceptação das gotas pelas folhas superiores. Mesmo sob essas condições, a ponta amarela TT110.02 manteve desempenho superior ou semelhante às demais pontas, indicando maior estabilidade operacional ao longo do ciclo da cultura.

Considerando que a interação entre pontas de pulverização, posição de avaliação e estádio fenológico também foi significativa, isso evidencia que a

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

distribuição das gotas ao longo do perfil da planta depende simultaneamente da tecnologia de aplicação e do estádio de desenvolvimento da cultura. Segundo Bueno et al. (2024), a arquitetura da soja exerce influência direta sobre a densidade de gotas e a cobertura obtida ao longo do perfil da planta, sendo comum observar redução da deposição nas regiões internas à medida que o dossel se torna mais fechado.

Em todos os estádios fenológicos, a posição superior apresentou maior número de gotas quando comparada à posição inferior (Tabela 03). Esses resultados demonstram que a principal limitação da pulverização foi a penetração das gotas no interior do dossel. Tal condição torna-se particularmente relevante para o manejo de pragas como mosca-branca e lagartas, que frequentemente ocupam regiões medianas e inferiores da planta. Assim, elevadas deposições observadas apenas no terço superior não garantem necessariamente maior eficiência biológica do tratamento.

Tabela 03 - Número de gotas (n.cm^{-2}) em função das pontas dentro das posições e dos estádios fenológicos.

	Médias do número de gotas + erro padrão (n.cm^{-2})					
Pontas	V10 Inferior	V10 Superior	R1 Inferior	R1 Superior	R5 Inferior	R5 Superior
TT110.04 Vermelha	505 b +/- 71,9	603 c +/- 85,8	145 c +/- 20,6	618 b +/- 87,9	313 a +/- 44,6	693 b +/- 98,6
TT110.02 Amarela	758 a +/- 108	1130 a +/- 161	396 b +/- 56,4	627 b +/- 89,2	398 a +/- 56,7	1032 a +/- 147
TT110.01 5 Verde	421 b +/- 59,9	743 bc +/- 106	675 a +/- 96,1	1105 a +/- 157	181 b +/- 25,7	705 ab +/- 100
TT110.03	445 b	896 ab	328 b	509 b	334 a	735 ab

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Azul	+/- 63,4	+/- 127	+/- 46,7	+/- 72,5	+/- 47,5	+/- 105

p-valor interação = 0,0012175

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

A redução do número de gotas nas posições inferiores do dossel já foi relatada na cultura da soja por Viana et al. (2008). Ao avaliarem pontas de jato plano, cônico vazio e duplo leque, esses autores verificaram que a cobertura, a densidade de gotas e o DMV diminuíram do terço superior para o inferior, com exceção da ponta de duplo leque TJ60-8002, que proporcionou deposição homogênea nas três posições. Os autores atribuem a menor densidade de gotas nas posições inferiores ao maior volume foliar do terço superior, que dificulta a penetração das gotas. Esse comportamento é coerente com o observado neste estudo, em que o número de gotas foi maior na posição superior em todos os estádios (Tabela 02), e reforça que a limitação de penetração no dossel é um desafio para pontas de jato plano como as avaliadas, sobretudo com o avanço do ciclo da cultura. Os resultados de Viana et al. (2008) com a ponta de duplo leque sugerem, ainda, que esse tipo de ponta pode ser uma alternativa a ser avaliada em trabalhos futuros com bioinsumos.

Resultados semelhantes foram observados para a variável cobertura. A população de plantas não influenciou significativamente essa característica, indicando que as diferenças observadas na deposição não se refletiram necessariamente em alterações na área efetivamente coberta pelas gotas. Entretanto, verificou-se efeito significativo das pontas de pulverização, da posição de avaliação e do estádio fenológico (Tabela 04).

Tabela 04 - Cobertura (%) em função das pontas dentro das posições e dos estádios fenológicos.

Médias de cobertura + erro padrão (%)

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Pontas	V10 Inferior	V10 Superior	R1 Inferior	R1 Superior	R5 Inferior	R5 Superior
TT110.04 Vermelha	16,24 a +/- 3,07	12,12 a +/- 2,29	4,28 b +/- 0,81	24,26 a +/- 4,58	6,44 a +/- 1,22	17,50 ab +/- 3,31
TT110.02 Amarela	13,19 a +/- 2,49	18,53 a +/- 3,50	10,22 a +/- 1,93	20,02 a +/- 3,78	6,09 a +/- 1,15	22,18 a +/- 4,1
TT110.01 5 Verde	5,82 b +/- 1,10	14,28 a +/- 2,70	7,64 ab +/- 1,44	16,67 ab +/- 3,15	3,85 a +/- 0,73	12,75 b +/- 2,41
TT110.03 Azul	6,18 b +/- 1,17	17,25 a +/- 3,26	7,18 ab +/- 1,36	10,25 b +/- 1,94	4,50 a +/- 0,85	12,59 b +/- 2,38

p-valor interação = 0,0003599

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

A posição superior apresentou sistematicamente maiores valores de cobertura em comparação à posição inferior, confirmando que a distribuição superficial da pulverização é limitada pela arquitetura do dossel. Além disso, observou-se redução da cobertura no estádio R5 em relação aos estádios V10 e R1, evidenciando que o avanço do desenvolvimento da cultura dificulta a distribuição homogênea da calda sobre as superfícies foliares.

Entre as pontas avaliadas, a amarela TT110.02 apresentou os maiores valores médios de cobertura ao longo do experimento, destacando-se principalmente nos estádios V10 e R5. Resultados semelhantes foram descritos por Krawczuk et al. (2023), que, ao avaliarem diferentes tecnologias de pulverização para aplicação foliar de bioestimulantes em soja, verificaram que o tipo de ponta constitui um dos principais fatores responsáveis pela cobertura da planta, influenciando diretamente o desempenho agronômico da cultura. Segundo os autores, pontas capazes de proporcionar maior cobertura da superfície foliar apresentam maior potencial para

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

maximizar a eficiência das aplicações, uma vez que promovem melhor distribuição da calda sobre o alvo, favorecendo a absorção e a ação dos produtos aplicados. Esses resultados corroboram os obtidos no presente estudo, no qual a ponta amarela TT110.02 apresentou os maiores valores médios de cobertura, evidenciando que a escolha adequada da tecnologia de aplicação representa um fator determinante para otimizar a deposição de bioinsumos ao longo do dossel da soja.

O padrão emergente é claro, existe um TRADE-OFF entre deposição total e penetração no dossel conforme o estádio avança. Em V10 (estádio com estrutura menos complexa ou biologicamente mais simplificada), pontas que geram altas densidades (amarela TT110.02) predominam. Em R1 (fase intermediária com máxima heterogeneidade estrutural), a ponta geradora de gotas menores (verde TT110.015) alcança máxima penetração. Esse padrão não é meramente estatístico, reflete a ecologia das pragas-alvo (lagartas e mosca branca), em R1 distribuem-se por todo o perfil da planta, enquanto em R5 concentram-se em estruturas reprodutivas no terço superior.

Considerando a variável Span (dispersão do produto na área foliar), os resultados não demonstraram efeito significativo das interações entre os fatores avaliados para a variável, evidenciando que a uniformidade do espectro de gotas varia apenas conforme as pontas de pulverização e população de plantas. O Span é utilizado para avaliar a amplitude da distribuição do diâmetro das gotas, sendo que valores próximos de 1 indicam maior uniformidade do espectro gerado.

Na interação entre pontas e populações de plantas, verificou-se que na densidade populacional baixa ocorreram diferenças significativas entre as pontas avaliadas, com as pontas azul e vermelha obtendo melhores valores de dispersão em torno de 1,00. Já na alta densidade populacional, a ponta vermelha apresentou maior valor de Span (0,96), diferindo das pontas amarela, azul e verde, as quais apresentaram menores amplitudes de distribuição das gotas (Tabela 05), porém não é um critério decisório, devido a todos os valores das pontas avaliadas serem aceitáveis na aplicação.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Tabela 05 - Valores médios de Span em função das pontas de pulverização dentro de cada população da soja.

Populações	Pontas avaliadas (índice Span + erro padrão)			
	TT110.02 Amarela	TT110.03 Azul	TT110.015 Verde	TT110.04 Vermelha
Baixa (160 mil plantas.ha^{-1})	0,89 b +/- 0,04	0,97 a +/- 0,05	0,78 c +/- 0,04	0,98 a +/- 0,05
Alta (240 mil plantas.ha^{-1})	0,86 b +/- 0,04	0,79 b +/- 0,04	0,88 b +/- 0,04	0,96 a +/- 0,05

p-valor interação = 0,008485

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

Em relação ao diâmetro médio volumétrico (DMV µm), observou-se predominância dos maiores valores para a ponta vermelha TT110.04 em praticamente todas as condições avaliadas (Tabela 06). Gotas com maior DMV apresentam menor suscetibilidade à deriva e à evaporação, favorecendo a permanência do produto na trajetória até o alvo. Por outro lado, gotas excessivamente grandes podem reduzir a cobertura superficial e limitar a distribuição uniforme do bioinsumo sobre as folhas.

Tabela 06 - Valores médios do DMV (µm) em função das pontas avaliadas, da posição do papel hidrossensível e do estádio fenológico da soja.

Pontas	Médias do DMV (µm) + erro padrão					
	V10 Inferior	V10 Superior	R1 Inferior	R1 Superior	R5 Inferior	R5 Superior

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

TT110.04 Vermelha	938 a +/- 90,5	756 a +/- 73,0	1045 a +/- 101,0	1263 a +/- 122,0	734 a +/- 70,8	851 a +/- 82,1
TT110.02 Amarela	652 b +/- 62,9	725 a +/- 69,9	853 a +/- 82,3	905 b +/- 87,3	622 ab +/- 60,0	747 ab +/- 72,1
TT110.01 5 Verde	604 b +/- 58,3	739 a +/- 71,3	648 b +/- 62,5	747 b +/- 72,0	556 b +/- 53,6	579 b +/- 55,9
TT110.03 Azul	510 b +/- 49,2	894 a +/- 86,2	813 ab +/- 78,4	890 b +/- 85,8	614 ab +/- 59,2	688 ab +/- 66,4

p-valor interação = 0,0027259

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

Nesse sentido, embora a ponta vermelha tenha produzido os maiores valores de DMV, sua superioridade em tamanho de gotas não se traduziu necessariamente em maior número de gotas ou maior cobertura. Hewitt et al. (2024), ressaltam que aplicações de produtos biológicos devem priorizar elevada densidade de gotas e distribuição homogênea sobre o alvo, uma vez que a eficácia desses agentes depende diretamente da quantidade de inóculo que permanece aderida à superfície tratada. Segundo esses autores, a simples produção de gotas maiores não garante maior eficiência biológica, sendo necessário equilibrar tamanho de gotas, cobertura e deposição para maximizar o desempenho dos bioinsumos.

Os resultados referentes ao volume de calda depositado, seguiram tendência semelhante à observada para o DMV. As pontas vermelha TT110.04 e amarela TT110.02 apresentaram os maiores volumes depositados em diversas situações avaliadas, indicando maior quantidade de calda efetivamente retida sobre o alvo (Tabela 07). Para aplicações de bioinsumos, essa característica assume importância adicional, pois pode favorecer a sobrevivência e a persistência dos microrganismos aplicados.

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Tabela 07 - Valores médios do Volume em função das pontas avaliadas, da posição do papel hidrossensível e do estádio fenológico da soja.

Pontas	Médias do Volume + erro padrão (L.ha^{-1})					
	V10 Inferior	V10 Superior	R1 Inferior	R1 Superior	R5 Inferior	R5 Superior
TT110.04 Vermelha	149,0 a +/- 31,1	101,0 a +/- 21,1	36,2 b +/- 7,5	242,8 a +/- 50,6	57,5 a +/- 12,0	151,9 ab +/- 31,7
TT110.02 Amarela	104,6 a +/- 21,8	144,3 a +/- 30,1	82,5 a +/- 17,2	174,4 ab +/- 36,4	43,3 ab +/- 9,0	178,3 a +/- 37,2
TT110.01 5 Verde	42,4 b +/- 8,8	115,2 a +/- 24,0	56,6 ab +/- 11,8	131,2 b +/- 27,3	23,7 c +/- 4,9	90,9 b +/- 18,9
TT110.03 Azul	43,4 b +/- 9,1	130,8 a +/- 27,3	55,0 ab +/- 11,5	93,8 b +/- 19,6	33,2 bc +/- 6,9	91,6 b +/- 19,1

p-valor interação = 0,0004524

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste LSD de Fisher a 5% de probabilidade.

Entretanto, o volume depositado deve ser analisado em conjunto com a cobertura e o número de gotas. Elevados volumes associados à baixa cobertura podem resultar em concentração excessiva do produto em áreas restritas da superfície foliar, reduzindo a uniformidade da distribuição dos agentes biológicos. Dessa forma, aplicações eficientes devem buscar o equilíbrio entre quantidade de produto depositado e distribuição homogênea sobre o alvo.

De forma geral, os resultados demonstram que não existe uma única ponta de pulverização ideal para todas as condições da cultura. A eficiência da aplicação foi fortemente influenciada pelas alterações estruturais promovidas pelo desenvolvimento

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

fenológico da soja e pela arquitetura do dossel. Considerando as variáveis número de gotas, cobertura e volume de calda, a ponta amarela TT110.02 apresentou o melhor desempenho geral nos estádios V10 e R5, destacando-se pela elevada deposição e cobertura. No estádio R1, a ponta verde TT110.015 apresentou maior eficiência de deposição, principalmente na população de 160 mil plantas.ha^{-1}, demonstrando melhor adaptação às condições intermediárias de fechamento do dossel (Tabela 08).

Tabela 08 - Síntese prática para recomendação de aplicação de bioinsumos.

Estádio	População (mil pl.ha^{-1})	Ponta adequada	Principal justificativa
V10	160	TT110.02 Amarela	Na posição inferior, teve o maior número de gotas
V10	240	TT110.02 Amarela	Na posição inferior, teve o maior número de gotas
R1	160	TT110.015 Verde	Maior número de gotas nas posições inferior e superior
R1	240	TT110.02 Amarela e TT110.015 Verde	Maior número de gotas nas posições inferior e superior para TT110.015
R5	160	TT110.02 Amarela e TT110.015 Verde	Na posição inferior, a TT110.015 teve o menor número de gotas
R5	240	TT110.02	Cobertura superior maior na TT110.02

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

	Amarela
Estado Crítico	R5: Baixa cobertura na posição inferior;

Recomendações restritas à deposição de gotas, não implicam eficácia biológica.

Assim, os resultados evidenciam que estratégias de pulverização ajustadas ao estádio fenológico da cultura podem aumentar significativamente a chegada dos bioinsumos ao alvo biológico. A adoção de pontas específicas para cada fase do desenvolvimento da soja representa uma alternativa promissora para maximizar a eficiência operacional das aplicações e potencializar a chegada dos bioinsumos no alvo. Considerando a densidade populacional, em sistemas com população de 240 mil plantas.ha^{-1}, o ideal é priorizar a ponta amarela TT110.02 em todos os estádios avaliados, pois sua resposta é positiva ao aumento de biomassa. Já em populações convencionais com 160 mil plantas.ha^{-1}, a ponta verde TT110.015 oferece alternativa viável para R1, quando sua penetração superior compensa sua menor cobertura.

Ressalta-se, contudo, que o presente trabalho avaliou exclusivamente a qualidade da aplicação, por meio de variáveis de deposição de gotas (número de gotas, cobertura, DMV, Span e volume de calda) em papéis hidrossensíveis. Como não foram avaliados parâmetros biológicos, como a mortalidade de lagartas e de mosca-branca, a redução da infestação ou a produtividade, os resultados não permitem inferir sobre a eficiência dos bioinsumos à base de *Bacillus thuringiensis* e *Chromobacterium subtsugae* no controle de pragas. Dessa forma, as conclusões restringem-se à qualidade que cada ponta de pulverização oferece quanto à deposição das gotas no alvo, devendo a eficácia biológica dos produtos ser investigada em estudos específicos.

Uma outra limitação do experimento foi o papel hidrossensível, que em coberturas elevadas, a sobreposição de manchas pode levar à contagem de uma única gota grande no lugar de várias pequenas, o que subestima o número de gotas e superestima o DMV e o volume; no presente estudo, a cobertura chegou a 38,7%

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

em papéis individuais. O diâmetro das manchas depende do fator de espalhamento da calda, que varia com a formulação e a tensão superficial dos bioinsumos, o que afeta as estimativas de espectro e volume. Além disso, a calda registrada no papel não equivale à deposição efetiva na folha, que também depende da retenção, do escorrimento e da evaporação. A repetição em quatro blocos confere precisão às médias e permite a comparação estatística entre os tratamentos, mas não elimina esses vieses sistemáticos. Por isso, as variáveis foram interpretadas como indicadores relativos entre as pontas, e não como valores absolutos de deposição.

4. Conclusão

O experimento realizado permitiu gerar recomendações técnicas para pulverizações de acordo com a situação encontrada, observando os fatores: densidade populacional de plantas, estádio fenológico, produto biológico utilizado e local de inserção do produto. As recomendações práticas são:

- De acordo com os dados obtidos, a seleção da ponta de pulverização deve ser realizada priorizando as variáveis número de gotas, cobertura e volume de aplicação;
- Todos os valores de índice Span observados são aceitáveis;
- O DMV deve ser considerado como informação complementar; gotas >1000 µm podem sofrer perda por sedimentação prematura antes de atingir alvos inferiores;
- O volume não deve ser avaliado de forma isolada. O volume é consequência, não objetivo. Para aplicações de bioinseticidas à base de *Bacillus thuringiensis* e *Chromobacterium subtsugae*, recomenda-se priorizar a ponta amarela TT110.02 nos estádios V10 e R5, devido ao maior número de gotas, maior cobertura e maior volume de calda depositado;
- No estádio R1, recomenda-se a utilização da ponta verde TT110.015, que apresentou maior deposição de gotas, indicando melhor capacidade

REMUNOM
ISSN 2178-6925
Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

de penetração no dossel;

- Em estádios mais avançados da cultura, especialmente R5, deve-se considerar estratégias que favoreçam a penetração da pulverização, uma vez que o fechamento do dossel reduz a chegada dos bioinsumos às regiões inferiores da planta;
- Em populações de 240 mil plantas.ha^{-1}, recomenda-se a ponta amarela TT110.02 em todos os estádios fenológicos. Para populações de 160 mil plantas.ha^{-1}, a ponta verde TT110.015 constitui uma alternativa no estádio R1, devido à sua maior capacidade de penetração no dossel;
- Os resultados devem ser considerados apenas para a qualidade da aplicação, não sendo possível inferir sobre o controle de pragas pelos bioinsumos, o que exige estudos complementares de eficácia biológica.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal Goiano Campus Hidrolândia, ao Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas Campus Urutaí, ao Centro de Excelência em Bioinsumos (CEBIO) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Goiás (FAPEG).

NOTA DE TRANSPARÊNCIA

O presente artigo foi elaborado com o auxílio da ferramenta de Inteligência Artificial (IA) generativa (ChatGPT/OpenAI/ClaudeAI), utilizada como suporte na organização, estruturação e formatação do texto, com base no trabalho original do autor. Todo o conteúdo científico — incluindo dados experimentais, análises estatísticas, interpretações e conclusões — é de inteira responsabilidade do autor, tendo sido revisado e validado pelos mesmos antes da submissão. O uso da ferramenta de IA se limitou ao apoio editorial e não substituiu o julgamento científico dos pesquisadores.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Referências

BATISTA, S.; ROCHA, A. G.; NETO, A. B.; OLIVEIRA, B. G.; MARTINS, S. M.; ASSUNÇÃO, G. P. Produção de soja, consumo de energia elétrica e CO_2 evitado com a implantação de sistemas fotovoltaicos: um estudo de caso do Sudeste Goiano. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 1, e11950, 2024. DOI: 10.17765/2176-9168.2024v17n1e11950.

BUENO, M. R.; ALVES, G. S.; SILVA, S. M.; HACHIYA, T. S. S.; GUIMARÃES, H. T. S.; COSTA, G. A.; GONÇALVES, F. S.; OLIVEIRA, M. A. V. G. Air Assistance and Electrostatic Spraying in Soybean Crops. **Agrochemicals**, v. 3, n. 2, 2024. DOI: 10.3390/agrochemicals3020009.

BRASIL. Goiás amplia área produtiva e produtividade e chega a 37,35 milhões de toneladas de grãos na safra 24/25. **Secretaria de Comunicação Social da Presidência da República**, 2025. Disponível em: https://www.gov.br/secom/pt-br/assuntos/noticias-regionalizadas/safra-de-graos-2024-2025/goias-amplia-area-produtiva-e-produtividade-e-chega-a-37-35-milhoes-de-toneladas-de-graos-na-safra-24-25 . Acesso em: 15 de julho de 2026.

CARVALHO, R. C. P.; FERREIRA, C. C. B.; SILVA, V. B.; AMARAL, E. C.; COSTA, M. A.; ARMIJOS, O. M. H.; MUNOZ, M. A. G.; SANTOS, F. N. M.; BESSA, D. M. O.; COUTINHO, E. K. M. Inovações tecnológicas e desenvolvimento de novos mercados na cultura da soja. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v. 7, n. 9, p. 1-14, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.56238/arev7n9-017.

CEBIO BRASIL. Sobre nós. Centro de Excelência em Bioinsumos – **CEBIO Brasil**, 2026. Disponível em: https://cebiobrasil.com.br/sobre-nos/. Acesso em: 10 de julho de 2026.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Produção de grãos e área plantada da safra 2025/26 mantém perspectiva de novos recordes — **Companhia Nacional de Abastecimento**. Brasília, 2026. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/assuntos/noticias/producao-de-graos-e-area-plantada-da-safra-2025-26-mantem-perspectiva-de-novos-recordes . Acesso em: 28 de junho de 2026.

CUNHA, J. P. A. R.; VICTOR, A. P.; SALES, C. G. R. Spray deposition on soybean crop using different travel speeds and application rates. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 82–87, jan./fev. 2018. DOI: 10.1590/1809-4430-

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

Eng.Agric.v38n1p82-87/2018.

DENDENA, F. M. Características produtivas da cultura da soja em resposta ao uso de bioinsumos. 2023. 45 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul**, Campus Ibirubá, Ibirubá, 13 jul. 2023.

DUARTE, E. F. P.; SILVA, A. G. B. da; QUINTELA, E. D.; CORREIA, K. de C. P. Avaliação do potencial inseticida de *Chromobacterium subtsugae* em diferentes concentrações no manejo de *Bemisia tabaci* biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae). **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, Curitiba, v. 9, n. 3, p. 1-12, 2026. DOI: 10.34188/bjaerv9n3-077.

EMBRAPA. Brasil é referência no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para produção de soja. **Embrapa Soja**, 2024. Disponível em: https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/81613580/brasil-e-referencia-no-desenvolvimento-de-tecnologias-sustentaveis-para-producao-de-soja . Acesso em: 7 de julho de 2026.

EMBRAPA. **EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA**. Gotas: aplicativo para análise de deposição de gotas. Brasília, DF: Embrapa, 2000. Software.

HEWITT, A. J.; GALEA, V. J.; O'DONNELL, C. Application technology for bioherbicides: challenges and opportunities with dry inoculum and liquid spray formulations. **Pest Management Science**, v. 80, 2024. DOI: 10.1002/ps.7823.

HOLTZ, V.; COUTO, R. F.; OLIVEIRA, D. G. de; REIS, E. F. dos. Deposição de calda de pulverização e produtividade da soja cultivada em diferentes arranjos espaciais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1371-1376, ago. 2014. DOI: 10.1590/0103-8478cr20130783.

KRAWCZUK, A.; HUYGHEBAERT, B.; RABIER, F.; PARAFINIUK, S.; PRZYWARA, A.; LIMBOURG, Q.; KOCIRA, S. The Technical Parameters of Seaweed Biostimulant Spray Application as a Factor in the Economic Viability of Soybean Production. **Applied Sciences**, Basel, v. 13, n. 2, art. 1051, 2023. DOI: 10.3390/app13021051.

LENTH, R.; PIASKOWSKI, J. 2026. _emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means_. doi:10.32614/CRAN.**package.emmeans** <https://doi.org/10.32614/CRAN.package.emmeans>, R package version 2.0.3, <https://CRAN.R-project.org/package=emmeans>.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

LOUREIRO, E. S.; PESSOA, L. G. A.; DIAS, P. M.; RIBEIRO, M. P.; TOASTA, R. A. S.; TEODORO, P. E. Manejo de *Spodoptera cosmioides* (Walker) (Lepidoptera: Noctuidae) com bioinseticidas. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 7, p. e280974142, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i7.4142.

LOURO, A.; SANTOS, R.; FERREIRA, C. E.; SILVA, R.; CARVALHO, V.; PEREIRA DE SOUSA, T. Uso de *Bacillus subtilis* no incremento da produção na cultura da soja. **Cadernos de Agroecologia**, v. 19, n. 1, Anais do XII Congresso Brasileiro de Agroecologia, Rio de Janeiro, RJ, 27 nov. 2024. Associação Brasileira de Agroecologia – ABA-Agroecologia.

MACHADO, T. M.; REYNALDO, E. Comparação do uso de aplicação aérea e terrestre na qualidade de deposição de produto na cultura da soja. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 16, n. 29, p. 504-514, 30 jun. 2019. DOI: 10.18677/EnciBio_2019A37.

PEÑA, J. M.; MARGARÍA, C. B.; SGARBI, C.; RICCI, E. M. Cultivo de soja (*Glycine max*) genéticamente modificada con *Bacillus thuringiensis* (Bt): efectos sobre la relación tritrófica soja-pentatómidos-parasitoides de huevos. **Acta Zoológica Lilloana**, v. 62, suplemento, p. 99-101, jul. 2018. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales – Museo de La Plata.

PEREIRA, R. R. C. Tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários. **Universidade Federal do Sul da Bahia**, 2022. Apostila: Ciência Multidisciplinar – Tecnologia de Aplicação de Defensivos Agrícolas.

SANT'ANNA IWANICKI, N.; DELALIBERA JUNIOR, I. Panorama dos bioinsumos no Brasil e no mundo. In: Visão Agrícola, n. 15, p. 1-96, jul. 2025. **Revista Visão Agrícola**. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo – ESALQ/USP.

THEODORO, J.; ZHU, H.; JEON, H.; OZKAN, E. Effects of row spacing and nozzle type on spray penetration inside soybean canopy under various wind velocities. **Agronomy**, Basel, v. 16, n. 10, art. 997, 2026. DOI: 10.3390/agronomy16100997.

VIANA, R. G.; FERREIRA, L. R.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R.; SOUZA, G. V. R. de. Deposição de gotas no dossel da soja por diferentes pontas de pulverização hidráulica e pressões de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 16, n. 4, p. 428-435, out./dez. 2008.

VIEIRA FILHO, J. E. R. A produção de soja e sua importância na economia brasileira. **Revista de Política Agrícola**, v. 33, e01962, Brasília: Embrapa, 2024.

REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 15/10/2026 - **Accepted:** 12/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/ssy60w71
Pages: 1-30

DOI: https://doi.org/10.35977/2317-224X.rpa2024.v33.01962.

WANG, G.; LAN, Y.; YUAN, H.; QI, H.; CHEN, P.; OUYANG, F.; HAN, Y. Comparison of spray deposition, control efficacy on wheat aphids and working efficiency in the wheat field of the unmanned aerial vehicle with boom sprayer and two conventional knapsack sprayers. **Applied Sciences**, v. 9, e218, 2019.

WEATHERSPARK. Clima e condições meteorológicas médias em Hidrolândia-Go no ano todo. **WEATHERSPARK**, 2025. Disponível em: https://pt.weatherspark.com/y/29976/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Hidrol%C3%A2ndia-Goi%C3%A1s-Brasil-durante-o-ano#:~:text=Em%20Hidrol%C3%A2ndia%2C%20a%20porcentagem%20m%C3%A9dia,quase%20encoberto%2085%25%20do%20tempo. Acesso em: 03 de julho de 2026.

WEATHERSPARK. Clima e clima médio durante todo o ano em Hidrolândia. **WEATHERSPARK**, 2026. Disponível em: https://weatherspark.com/y/29976/Average-Weather-in-Hidrol%C3%A2ndia-Goi%C3%A1s-Brazil-Year-Round. Acesso em: 05 de julho de 2026.

ZAMARCO, J. V. S. Avaliação do tamanho de gotas na deposição da pulverização e controle de percevejos na soja. **Dracena: Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"** – UNESP, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia).