REMUNOM
ISSN 2178-6925

Received: 13/10/2026 - **Accepted:** 11/11/2026
Vol: 13.23
DOI: 10.66104/tpjmgw44
Pages: 1-12

FITOTOXICIDADE DA SOJA POR CALDAS DE LAVAGEM DE PULVERIZADOR CONTAMINADO COM 2,4-D E GLIFOSATO: COMPARAÇÃO DE AGENTES DE LIMPEZA

SOYBEAN INJURY CAUSED BY RINSATES FROM A SPRAYER CONTAMINATED WITH 2,4-D AND GLYPHOSATE: COMPARISON OF CLEANING AGENTS

FITOTOXICIDAD EN SOJA CAUSADA POR LÍQUIDOS DE LAVADO DE UN PULVERIZADOR CONTAMINADO CON 2,4-D Y GLYPHOSATE: COMPARACIÓN DE AGENTES DE LIMPIEZA

RENATA CASTANHO MOREIRA
Mestrando, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: requimica@hotmail.com

RUAN CARLOS SILVEIRA MARCHI
Doutor, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: ruan.marchi@uenp.edu.br

RENATO GAROZI
Doutor, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: garozir@gmail.com

VALDIR LOPES
Doutor, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: valdirlopes@uenp.edu.br

JOÃO OLIVEIRA
Doutor, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: joao.joaooliveira62@gmail.com

MARCO ANTÔNIO GANDOLFO
Doutor, Universidade Estadual do Norte do Paraná, Brasil
E-mail: gandolfo@institutodashen.com.br

CC BY

ALINE VANESSA SAUER
Doutora, Universidade Estadual de Ponta Grossa, Brasil
E-mail: aline.sauer@uepg.br

ÉTTORE GUILHERME POLETTO DIEL
Engenheiro Agrônomo, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, Brasil
E-mail: ettorepoletto77@gmail.com

Resumo
Resíduos de herbicidas em pulverizadores podem causar injúrias em culturas sensíveis. Objetivou-se comparar a fitotoxicidade da soja aos 35 dias após a aplicação de caldas de lavagem de pulverizador contaminado com 2,4-D e glifosato, utilizando diferentes agentes de limpeza nos procedimentos imediato e após repouso mínimo de 12 horas (overnight). O experimento compreendeu 14 tratamentos de limpeza, dois momentos e três lavagens sucessivas. Avaliaram-se água, ALD a 1 mL/L e ALI 01, 03, 04 e 05 a 0,25%, 0,50% e 1,00%. A contaminação utilizou 2,4-D a 1,5 L/ha e glifosato a 2,0 L/ha. As caldas foram aplicadas em soja BRS 284, com avaliação visual de injúria de 0 a 100%. As médias aos 35 dias foram analisadas por ANOVA multifatorial e Tukey HSD. Houve efeito dos tratamentos em ambos os procedimentos ($p < 0,001$). No imediato, ALI 04 a 1,00% e ALI 05 nas três concentrações integraram o subconjunto de menor injúria, com médias de 0,21% e 0,42%, respectivamente. Em overnight, ALI 01 a 1,00% e ALI 04 e 05 nas três concentrações integraram esse subconjunto, com médias entre 0,00% e 1,67%. Água e ALD apresentaram, respectivamente, 26,46% e 15,00% no imediato e 21,04% e 31,04% em overnight. Nas condições avaliadas, o potencial fitotóxico das caldas variou entre tratamentos dentro de cada procedimento. Os resultados mostraram que ALI 04 e ALI 05 apresentaram uma elevada redução do potencial fitotóxico das caldas de lavagem do circuito de pulverização.
Palavras-chave: Resíduos de herbicidas, Limpeza de pulverizadores, Bioensaio, Fitotoxicidade, Tecnologia de aplicação.

Abstract
Herbicide residues in sprayers can injure sensitive crops. This study compared soybean injury 35 days after application of rinsates from a sprayer contaminated with 2,4-D and glyphosate, using different cleaning agents in immediate cleaning and cleaning after a minimum 12-hour holding period (overnight). The experiment comprised 14 cleaning treatments, two cleaning times and three successive rinses. Water, ALD at 1 mL/L and ALI 01, 03, 04 and 05 at 0.25%, 0.50% and 1.00% were evaluated. Contamination used 2,4-D at 1.5 L/ha and glyphosate at 2.0 L/ha. Rinsates were applied to BRS 284 soybean, and visible injury was rated from 0 to 100%. Means at 35 days were analyzed using multifactorial ANOVA and Tukey HSD. Treatment effects were detected in both procedures ($p < 0.001$). For immediate cleaning, ALI 04 at 1.00% and ALI 05 at all three concentrations belonged to the subset with the lowest injury, averaging 0.21% and 0.42%, respectively. For overnight cleaning, ALI 01 at 1.00% and ALI 04 and 05 at all three concentrations belonged to that subset, with means ranging from 0.00% to 1.67%. Water and ALD averaged 26.46% and 15.00%, respectively, for immediate cleaning, and 21.04% and 31.04% for overnight cleaning. Under the evaluated conditions, the phytotoxic potential of rinsates varied among treatments within each procedure. The results showed that ALI 04 and ALI 05 demonstrated high decontamination potential for the spraying circuit.
Keywords: Herbicide residues, Sprayer cleaning, Bioassay, Crop injury, Application technology.

Resumen
Los residuos de herbicidas en los pulverizadores pueden causar daños en cultivos sensibles. Se comparó la fitotoxicidad en soja a los 35 días de la aplicación de líquidos de lavado de un pulverizador contaminado con 2,4-D y glyphosate, utilizando distintos agentes de limpieza en los procedimientos inmediato y después de un reposo mínimo de 12 horas (overnight). El experimento comprendió 14 tratamientos de limpieza, dos momentos y tres lavados sucesivos. Se evaluaron agua, ALD a 1 mL/L e ALI 01, 03, 04 y 05 a 0,25%, 0,50% y 1,00%. La contaminación utilizó 2,4-D a 1,5 L/ha y glyphosate a 2,0 L/ha. Los líquidos se aplicaron en soja BRS 284 y se evaluaron visualmente los daños de 0 a 100%. Las medias a los 35 días se analizaron mediante ANOVA de multi factores y Tukey HSD. Se detectó un efecto de los tratamientos en ambos procedimientos ($p < 0,001$). En el inmediato, ALI 04 a 1,00% e ALI 05 en las tres concentraciones integraron el subconjunto de menor daño, con medias de 0,21% y 0,42%, respectivamente. En overnight, ALI 01 a 1,00% e ALI 04 y 05 en las tres concentraciones integraron dicho subconjunto, con medias entre 0,00% y 1,67%. Agua y ALD presentaron, respectivamente, 26,46% y 15,00% en el inmediato y 21,04% y 31,04% en overnight. En las condiciones evaluadas, el potencial fitotóxico varió entre tratamientos dentro de cada procedimiento. Los resultados mostraron que ALI 04 y ALI 05 presentaron un elevado potencial de descontaminación del circuito depulverización.
Palabras clave: Residuos de herbicidas; Limpieza de pulverizadores; Bioensayo; Fitotoxicidad; Tecnología de aplicación.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de aplicação de produtos fitossanitários envolve a deposição do ingrediente ativo no alvo, em quantidade adequada, com eficiência operacional e menor contaminação de áreas não destinadas ao tratamento (Matuo, 1990). A limpeza do equipamento integra esse processo, pois resíduos remanescentes no circuito de pulverização podem atingir culturas sensíveis em aplicações subsequentes. Johnson et al. (2007) relacionam a presença de pequenas quantidades de herbicidas no sistema a injúrias capazes de comprometer o crescimento e o desenvolvimento das plantas.

A associação de herbicidas em tanque constitui uma prática utilizada para ampliar o espectro de controle de plantas daninhas e reduzir o número de aplicações (Gazziero, 2015; Petter et al., 2012). Entre essas associações, a mistura de 2,4-D com glifosato é empregada na dessecação em pré-semeadura, especialmente quando o glifosato isolado não proporciona controle satisfatório de determinadas espécies (Takano et al., 2013). O uso da mistura torna pertinente avaliar o potencial fitotóxico das caldas provenientes da limpeza do equipamento após a aplicação.

A passagem de água pelo circuito pode não resultar em caldas isentas de atividade herbicida. A resposta depende das condições de contaminação e do procedimento empregado, o que justifica comparar agentes de limpeza e suas concentrações em condições controladas. A permanência da calda no tanque também constitui uma condição operacional relevante, pois interrupções na aplicação podem prolongar o contato entre a mistura e os componentes do pulverizador (Ramos; Durigan, 1998).

O bioensaio com plantas sensíveis permite caracterizar o potencial de injúria associado às caldas de lavagem. Entretanto, a resposta visual da planta não equivale à determinação da concentração residual dos herbicidas. Essa distinção é necessária para interpretar corretamente a eficácia biológica observada e delimitar as conclusões sobre o processo de limpeza.

Objetivou-se comparar a fitotoxicidade da soja aos 35 dias após a aplicação de caldas de lavagem de pulverizador contaminado com 2,4-D e glifosato obtidas com diferentes agentes e concentrações, considerando separadamente os procedimentos de limpeza imediato e após repouso mínimo de 12 horas (overnight).

2. REVISÃO DA LITERATURA

A mistura em tanque consiste na associação de produtos imediatamente antes da aplicação e integra o manejo adotado em propriedades agrícolas brasileiras (Gazziero, 2015). Embora possa ampliar o espectro de controle, a associação exige atenção às interações entre os componentes. Petter et al. (2012) discutem a ocorrência de incompatibilidade física em misturas de herbicidas e fungicidas, aspecto relevante para compreender a formação de materiais que podem permanecer no sistema de pulverização.

As propriedades físico-químicas do glifosato e do 2,4-D são discutidas por Amarante Junior et al. (2002a, 2002b), incluindo aspectos de solubilidade e dissociação relacionados ao comportamento desses herbicidas em solução. A combinação dos dois herbicidas é abordada por Takano et al. (2013) no controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. No contexto da limpeza, a questão central passa a ser a atividade da calda remanescente sobre plantas sensíveis após sua circulação pelo equipamento.

A composição da água e as características da solução influenciam o comportamento dos herbicidas. Coutinho e Mazo (2005) descrevem a interação do glifosato com cátions e sua dependência das condições químicas do meio. Carvalho et al. (2009) relacionam o pH da calda à eficácia do glifosato, enquanto Queiroz, Martins e Cunha (2008) discutem a qualidade da água e o uso de adjuvantes na aplicação de agrotóxicos. Essas relações constituem uma base para discutir a atividade biológica das caldas, mas não demonstram, isoladamente, o mecanismo de ação de um agente de limpeza.

A necessidade de limpeza não se restringe ao reservatório. Os resíduos podem permanecer em componentes do circuito e ser transportados em uma operação posterior. Johnson et al. (2007) destacam a limpeza de pulverizadores como medida para evitar injúrias às culturas. Assim, o uso de amostras coletadas durante a lavagem permite avaliar uma resposta diretamente relacionada ao líquido que percorre esse circuito, embora não represente uma mensuração de todo o resíduo retido no equipamento.

Moraes et al. (2017), ao investigarem o potencial de limpeza de circuitos de pulverização com adjuvantes, relacionaram a eficácia de um dos produtos avaliados ao pH elevado da solução. Essa associação oferece uma possibilidade de interpretação para bioensaios de limpeza, desde que se preserve a distinção entre

evidência obtida em outro experimento e mecanismo efetivamente medido no ensaio em análise. A avaliação visual de injúrias, padronizada em experimentos com herbicidas, fornece o desfecho biológico utilizado nesta comparação (Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas, 1995).

O referido artigo utilizou como referencial teórico/metodológico a dissertação intitulada 'Efeito do invictus® sobre a eficácia da limpeza de pulverizador contendo resíduo de herbicidas', de Moreira, defendida em 2019 no Programa de Mestrado em Agronomia, da Universidade Estadual do Norte do Paraná.

3. METODOLOGIA

3.1. SISTEMA DE PULVERIZAÇÃO E CONTAMINAÇÃO

O experimento foi conduzido no instituto de pesquisa agrícola Dashen, no município de Bandeirantes-PR. Utilizou-se quatro unidades de pulverização de bancada, equipadas com bomba, agitador mecânico, filtro de linha, válvula solenoide, fluxômetro e barra de pulverização, onde cada uma delas representam repetições independentes de cada procedimento de contaminação e limpeza. Os equipamentos utilizados foram pulverizadores modelo Pulsar 100 fabricado por Micron S/A, com agitadores mecânicos do tipo hélice rotativa movida por motor elétrico e com fluxômetros e válvulas solenoides para elevar a complexidade do circuito hidráulico.

Cada unidade recebeu um segmento de barra Columbia AD 18, da Máquinas Agrícolas Jacto S/A, construído em aço inoxidável, com 3,0 m de comprimento, 12,6 mm de diâmetro interno e seis bicos espaçados em 0,5 m. As extremidades apresentavam terminações bloqueadas por drenos móveis, escolhidas por dificultarem a circulação local da calda e favorecerem a deposição de resíduos. Mangueiras conectadas às pontas conduziam o líquido pulverizado a tubos de PVC de 50 mm e, destes, a depósitos plásticos.

Foram utilizadas pontas de jato plano AVI-110015, com vazão de 0,48 L/min por ponta, operando a 200 kPa. O registro experimental apresenta vazão total de 2,88 L/min e esgotamento do tanque em 30 minutos. Esta combinação foi adotada por aumentar o tempo de pulverização na intenção de elevar o potencial de contaminação do equipamento pelo maior tempo do contato, entre o interior de todo o circuito hidráulico e a calda. Considerando este tempo e as quatro repetições utilizadas no

trabalho, o tempo mínimo de contato da calda com o interior do equipamento foi de 2,0 horas, para a avaliação imediata.

A contaminação foi realizada com mistura de 2,4-D, produto DMA® 806 BR, na dose de 1,5 L/ha, e glifosato, produto Roundup Transorb R®, na dose de 2,0 L/ha. Os pulverizadores foram abastecidos com 100 L de calda, sob agitação durante o abastecimento, e acionados até o esgotamento.

3.2. TRATAMENTOS, PROCEDIMENTOS DE LIMPEZA E AMOSTRAGEM

O esquema experimental foi multofatorial 14 × 2 × 3, correspondente a 14 combinações de agente e concentração, dois momentos de limpeza e três lavagens, totalizando 84 combinações. Os agentes compreenderam água, além de diferentes formulações de agentes de limpeza de tanque, codificados como ALD e ALI 01, 03, 04 e 05. Os tratamentos e concentrações utilizados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Agentes e concentrações utilizados nos procedimentos de limpeza do pulverizador contaminado com 2,4-D e glifosato.

Agente de limpeza	Concentração	Momento da limpeza
Água	-	Imediato e overnight
ALD	1 mL/L	Imediato e overnight
ALI 01	0,25%	Imediato e overnight
ALI 01	0,50%	Imediato e overnight
ALI 01	1,00%	Imediato e overnight
ALI 03	0,25%	Imediato e overnight
ALI 03	0,50%	Imediato e overnight
ALI 03	1,00%	Imediato e overnight
ALI 04	0,25%	Imediato e overnight
ALI 04	0,50%	Imediato e overnight
ALI 04	1,00%	Imediato e overnight
ALI 05	0,25%	Imediato e overnight
ALI 05	0,50%	Imediato e overnight
ALI 05	1,00%	Imediato e overnight

Fonte: dados da pesquisa.

Nota: cada combinação de agente e concentração foi avaliada nos dois momentos e nas três lavagens (1ª, 2ª e 3ª), totalizando 84 combinações. A contaminação utilizou glifosato + 2,4-D.

O ALI é composto a base de tensoativos, sequestrantes, agentes alcalinizante e desengraxante, inerte ao contato com produtos químicos vegetais, não havendo

restrição ao uso desde que utilizado nas dosagens recomendadas. O ALD apresenta em sua formulação um eficiente emulsionante que inibe as possíveis reações de produtos na calda de pulverização e formação de partículas e incrustações que provocam danos aos equipamentos de pulverização.

As quatro formulações de ALI foram avaliadas nas mesmas três concentrações, enquanto o ALD foi empregado a 1 mL/L. Cada combinação foi submetida aos dois momentos de limpeza e às três lavagens. Por se tratar de produtos em fase de desenvolvimento, é desconhecida a formulação de cada um dos tratamentos, de modo que os valores descritos em porcentagem são utilizados para diferenciação dos tratamentos.

No procedimento imediato, após o esgotamento da calda contaminante, foram adicionados 50 L de água limpa e o agente de limpeza na concentração estabelecida. A solução permaneceu sob agitação por 5 minutos e foi pulverizada até o esgotamento, quando se concluiu a primeira etapa de lavagem. Em seguida, realizou-se outras duas etapas com 50 L de água limpa em cada uma, caracterizando três lavagens sucessivas.

No procedimento overnight, a calda contaminante permaneceu em repouso no pulverizador de um dia para o outro, por um período mínimo de 12 horas. Após esse período, repetiram-se o esgotamento e a sequência de limpeza. Em cada etapa de contaminação e lavagem, coletaram-se amostras na última ponta da barra, selecionada por representar uma posição de maior dificuldade de limpeza.

Também foram preparadas soluções dos agentes de limpeza nas concentrações estabelecidas e amostras de água para verificar sua capacidade de causar injúrias independentemente da calda contaminante, sendo estas amostras de água avaliadas como tratamento testemunha do teste.

3.3. BIOENSAIO E DESFECHO AOS 35 DIAS

Utilizou-se plantas de soja BRS 284, cultivadas em vasos plásticos com capacidade de 5,0 L, contendo solo argiloso (51% de teor de argila), sem adição de fertilizante. Foram semeadas cinco plantas por vaso, onde as mesmas foram tratadas previamente à semeadura com Standak Top® na dose de 0,2 L/100 kg de sementes. Utilizou-se seis vasos para cada tratamento, sob delineamento experimental de blocos ao acaso. As amostras foram aplicadas em plantas no estádio V4.

A aplicação foi realizada com pulverizador costal a 150 kPa, velocidade de deslocamento da barra de 1,0 m/s e pontas de jato plano XR 110 02, espaçadas em 0,5 m e posicionadas a 0,5 m acima da parte mais alta das plantas. As caldas de lavagem e a calda contaminante foram aplicadas conforme esse procedimento.

A fitotoxicidade foi avaliada visualmente aos 7, 14, 21, 28 e 35 dias após a aplicação (DAA), em escala de 0 a 100%, na qual zero representa ausência de dano visível e 100% representa morte da planta, conforme os procedimentos da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (1995).

3.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram organizados em planilha do Microsoft Excel® e analisados no programa estatístico SPSS, versão 20.0. Para o desfecho aos 35 DAA, empregou-se ANOVA multifatorial correspondente a 14 combinações de agente e concentração, dois momentos de limpeza e três lavagens, totalizando 84 combinações, seguida do teste de Tukey HSD para comparação de médias, sendo verificada a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias através do teste de Shapiro-Wilk e Teste de Levene, respectivamente. O nível de significância adotado foi $p < 0,05$. Calculou-se o valor de F, valor de p, poder do teste e o Partial eta square. A interpretação da força do Partial eta square (η^2_p) foi baseada na classificação de Cohen´s, onde $\eta^2_p<0,01$ é considerado pequena, $\eta^2 \leq 0,06$ é considerada moderada e $\eta^2 \geq 0,14$ é considerado grande.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As médias, os desvios-padrão e os subconjuntos de Tukey da fitotoxicidade aos 35 DAA estão reunidos na Tabela 2. A apresentação conjunta permite relacionar a magnitude das injúrias e sua dispersão aos agrupamentos estatísticos de cada procedimento de limpeza. Os subconjuntos devem ser interpretados dentro de cada momento, sem comparação de letras entre as duas condições.

Tabela 2. Fitotoxicidade da soja aos 35 dias após a aplicação das caldas de lavagem: médias, desvios-padrão e subconjuntos de Tukey por momento de limpeza.

Agente	Dose	Imediato Média ± DP (%)	Grupo	Overnight Média ± DP (%)	Grupo
Água	-	26,46 ± 8,27	D	21,04 ± 8,59	CD
ALD	1 mL/L	15,00 ± 8,08	B	31,04 ± 18,12	E
ALI 01	0,25%	14,79 ± 8,90	B	13,13 ± 7,91	B
ALI 01	0,50%	23,33 ± 4,58	CD	15,63 ± 5,58	BC
ALI 01	1,00%	21,46 ± 4,99	CD	0,00 ± 0,00	A
ALI 03	0,25%	20,42 ± 3,27	C	18,75 ± 4,72	BCD
ALI 03	0,50%	22,71 ± 6,25	CD	22,71 ± 4,66	D
ALI 03	1,00%	14,38 ± 4,50	B	15,83 ± 8,30	BC
ALI 04	0,25%	25,21 ± 5,61	CD	1,67 ± 2,41	A
ALI 04	0,50%	11,46 ± 4,99	B	0,21 ± 1,02	A
ALI 04	1,00%	0,21 ± 1,02	A	0,21 ± 1,02	A
ALI 05	0,25%	0,42 ± 1,41	A	0,00 ± 0,00	A
ALI 05	0,50%	0,42 ± 1,41	A	0,42 ± 1,41	A
ALI 05	1,00%	0,42 ± 1,41	A	0,63 ± 1,69	A

Fonte: dados da pesquisa.

Notas: DP = desvio-padrão. ANOVA multifatorial, seguida de Tukey HSD ($p < 0,05$). A, B, C, D e E identificam os subconjuntos originais; letras compartilhadas indicam pertencimento a um mesmo subconjunto, sem diferença detectada. As letras são comparáveis somente dentro de cada momento. Valores de p dos subconjuntos: imediato, A = 1,000; B = 0,543; C = 0,101; D = 0,069; E = - (não constituído). Overnight, A = 1,000; B = 0,173; C = 0,222; D = 0,729; E = 1,000.

No procedimento imediato, a água apresentou média de 26,46% de fitotoxicidade, enquanto o ALD apresentou 15,00%. As menores médias foram observadas com ALI 04 a 1,00% (0,21%) e ALI 05 nas três concentrações (0,42% em cada concentração), todos no subconjunto A. Em overnight, as menores médias abrangeram ALI 01 a 1,00% e as três concentrações de ALI 04 e 05, variando de 0,00% a 1,67%.

O teste estatístico realizado evidenciou que houve diferença na toxicidade às plantas de acordo com o produto utilizado para limpeza do tanque de pulverização, tanto quando realizado de imediato ou overnight. Para identificar qual tratamento foi mais eficaz, procedeu-se o teste post hoc pelo método de Tukey HSD, o qual é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3: Teste de comparações múltiplas do percentual de fitotoxicidade após 35 dias, de acordo com o tratamento e momento da limpeza do tanque de pulverização.

Momento	Tratamento	Subconjuntos				
		A	B	C	D	E
Imediato	ALI 04 (1,00%)	0,21				-
	ALI 05 (0,50%)	0,42				-
	ALI 05 (0,25%)	0,42				-
	ALI 05 (1,00%)	0,42				-
	ALI 04 (0,50%)		11,46			-
	ALI 03 (1,00%)		14,38			-
	ALI 01 (0,25%)		14,79			-
	ALD 1mL/L		15			-
	ALI 03 (0,25%)			20,42		-
	ALI 01 (1,00%)			21,46	21,46	-
	ALI 03 (0,50%)			22,71	22,71	-
	ALI 01 (0,50%)			23,33	23,33	-
	ALI 04 (0,25%)			25,21	25,21	-
	Água				26,46	-
	Valor de p	**1**	**0,543**	**0,101**	**0,069**	**-**
Overnight	ALI 01 (1,00%)	0				
	ALI 05 (0,25%)	0				
	ALI 04 (0,50%)	0,21				
	ALI 04 (1,00%)	0,21				
	ALI 05 (0,50%)	0,42				
	ALI 05 (1,00%)	0,63				
	ALI 04 (0,25%)	1,67				
	ALI 01 (0,25%)		13,13			
	ALI 01 (0,50%)		15,63	15,63		
	ALI 03 (1,00%)		15,83	15,83		
	ALI 03 (0,25%)		18,75	18,75	18,75	
	Água			21,04	21,04	
	ALI 03 (0,50%)				22,71	
	ALD 1mL/L					31,04
	Valor de p	**1**	**0,173**	**0,222**	**0,729**	**1**

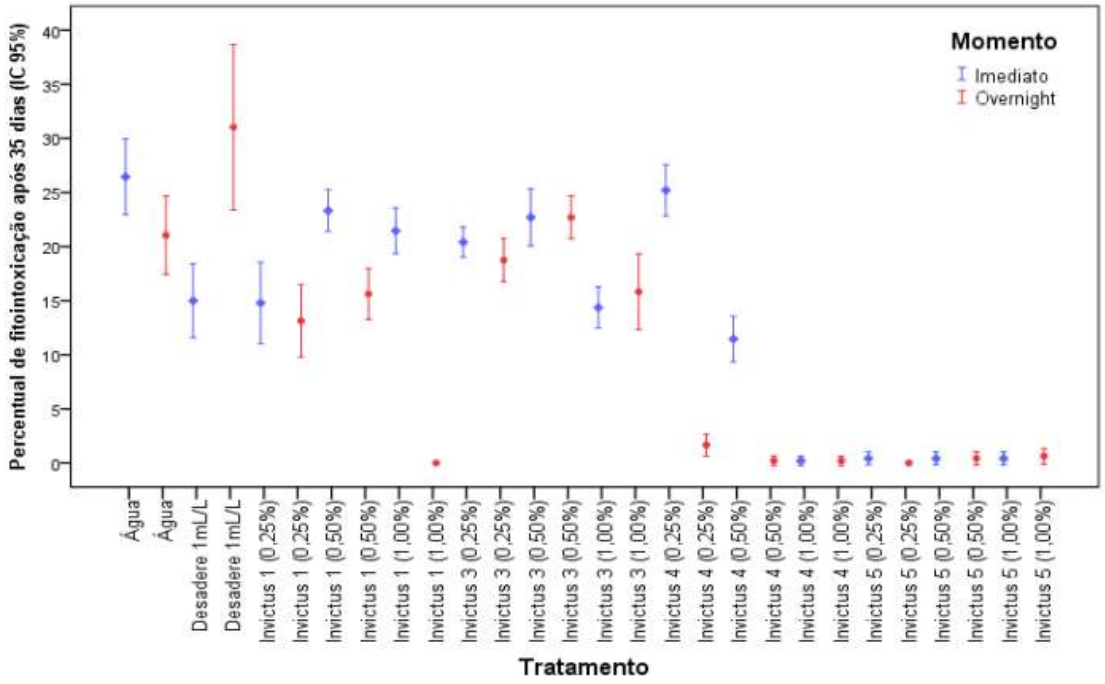
Fonte: MOREIRA, 2019.

Legenda: Teste estatístico One-way ANOVA, post hoc Tukey HSD.

A partir do método de Tukey, foi possível agrupar os tratamentos que apresentaram fitotoxicidade semelhantes. Para o momento imediato, foi calculado quatro categorias de eficácias de tratamento. O grupo A foi composto pelos tratamentos que apresentaram melhor eficácia, ou seja, menor percentual de danos às plantas de soja.

Foram eles, o produto ALI 05 nas três concentrações e o ALI 04 (1,00%). Por sua vez, no momento overnight, os tratamentos foram categorizados em cinco grupos. O mais eficaz foi composto por sete tratamentos que tiveram médias semelhante estatisticamente. Foram eles, o produto ALI 05 e 04 nas três concentrações e o ALI 01 (1,00%). Entretanto, somente o ALI 04 (0,25%) que apresentou percentual de dano à planta superior a 1%. Os demais, abaixo desse índice. A Figura 1, apresenta a média (IC 95%) observada de fitotoxicidade à planta dos tratamentos de acordo com o momento de realização da técnica de limpeza.

Figura 1: Média e Intervalo de Confiança de 95% da fitotoxicidade às plantas de soja observadas de acordo com o momento e o produto utilizado para limpeza do tanque de pulverização.



O resíduo da limpeza do pulverizador utilizando o ALI 05 (0,25%, 0,50% e 1,00%) e o ALI 04 (1,00%) no momento “imediato” e o ALI 05 (0,25%, 0,50% e 1,00%), ALI 04 (0,25%, 0,50% e 1,00%) e o ALI 01 (1,00%) no momento “overnight” causou percentual de injúria nas plantas de soja semelhante ao resultado observado no estudo de Moraes et al. (2017), com o produto 2. Destaca-se que os autores verificaram o pH da solução originada do processo de limpeza com os produtos do experimento e constataram a associação da eficácia do produto 2 com o pH alto da solução.

O glifosato apresenta melhor eficácia quando o meio tem pH baixo, entre 3,6 e 4,6 (COUTINHO; MAZO, 2005; CARVALHO, 2009), visto que moléculas menos

ionizadas atravessam a cutícula e a membrana plasmática com maior facilidade (NALEWAJA; MATYSIAK, 1993; CARVALHO, 2009).

Por outro lado, com o a elevação do pH, o glifosato torna-se menos apto a atravessar a membrana plasmática (STERLING, 1994), reduzindo seu potencial de dano à planta. Corroborando o autor, Kissmann (1997) apud Queiroz et al. (2008), consideram que o pH do meio pode influir no resultado da aplicação, pelas seguintes razões: quando o pH da água está alto, pode acelerar a degradação do herbicida por hidrólise alcalina; sendo que a constante de dissociação de muitas moléculas de herbicidas depende do pH, e a sua absorção pelos tecidos vegetais varia, dependendo da molécula ser íntegra ou dissociada em cátions e ânions.

5. CONCLUSÃO

O ALI 01 apresentou redução do potencial fitotóxico das caldas de lavagem em overnight, podendo ser aplicado em descontaminação de equipamentos que tenham sido submetidos a contaminação por tempo prolongado. Em procedimento imediato o produto não caracterizou melhora em relação aos de referência.

O ALI 03 não apresentou redução do potencial fitotóxico das caldas de lavagem superior aos produtos de referência, necessitando de investigação mais profunda ou ajuste de formulação e de dose para expressar potencial semelhante a outros produtos da mesma linha.

Os ALI 04 e 05 apresentam redução do potencial fitotóxico das caldas de lavagem elevado. Tal efeito pode ser atribuído a sua capacidade como inativador das moléculas dos herbicidas glifosato e 2,4-D, pois não resultou em fitotoxicidade das plantas bioindicadoras.

Deve-se considerar, ainda que o mercado continuará oferecendo novos agroquímicos, que terão maiores riscos de contaminação do pulverizador que os produtos atuais, somando ao fato de que a evolução da complexidade dos circuitos hidráulicos dos pulverizadores continuará, o que impõe ao usuário cuidados especiais não só em sua calibração, mas também na forma de limpeza, a fim de eliminar os riscos de injúrias por contaminação nos equipamentos de forma econômica e rápida.

REFERÊNCIAS

AMARANTE JUNIOR, O. P. et al. Glifosato: propriedades, toxicidade, usos e legislação. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 589-593, 2002a. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422002000400014&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 28 jan. 2026.

AMARANTE-JUNIOR, O. P. et al. Revisão das propriedades, usos e legislação do ácido 2,4 diclorofenoxiacético (2,4-D). **Cadernos de Pesquisa**, São Luís, v. 13, n. 1, p. 60-70, 2002b.

CARVALHO, S. J. P. et al. Eficácia e pH de caldas de glifosato após a adição de fertilizantes nitrogenados e utilização de pulverizador pressurizado por CO_2. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 44, n. 6, p. 569-575, 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2009000600004&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 28 jan. 2026.

COUTINHO, C. F. B.; MAZO, L. H. Complexos metálicos com o herbicida glifosato: revisão. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 6, p. 1038-1045, 2005. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422005000600019&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 20 jan. 2026.

GAZZIERO, D. L. P. Misturas de agrotóxicos em tanque nas propriedades agrícolas do Brasil. **Planta Daninha**, v. 33, n. 1, p. 83-92, 2015.

JOHNSON, B.; CASADY, B.; PETTERSON, D.; KUHLMAN, D. **Cleaning field sprayers to avoid crop injury**. [S. l.]: Extension, University of Missouri, 2007.

MATUO, T. **Técnicas de aplicação de defensivos agrícolas**. Jaboticabal: FUNEP, 1990. 139 p.

MORAES, E. D.; GANDOLFO, M. A.; GANDOLFO, U. D.; PEREIRA, L.; OLIVEIRA, J. P.; FREDERICO, M. V.; SAAB, O. J. G. A. Potencial de limpeza de circuito de pulverização utilizando adjuvantes. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA DE APLICAÇÃO, 6., 2017, Uberlândia, MG. **Anais - VI Sintag**. [S. l.: s. n.], 2017.

MOREIRA, R. C. **Efeito do invictus® sobre a eficácia da limpeza de pulverizador contendo resíduo de herbicidas**. Dissertação de mestrado. 2019.

NALEWAJA, J. D.; MATYSIAK, R. Influence of diammonium sulfate and other salts on glyphosate phytotoxicity. Pesticide Science, v. 38, n. 2, p. 77-84, 1993. Disponível em: https://doi.org/10.1002/ps.2780380203. Acesso em: 10 nov. 2026.

PETTER, F. A.; SEGATE, D.; PACHECO, L. P.; ALMEIDA, F. A.; ALCÂNTARA NETO, F. P. Incompatibilidade física de misturas entre herbicidas e fungicidas. **Planta Daninha**, v. 30, n. 2, p. 449-457, 2012.

QUEIROZ, A. A.; MARTINS, J. A. S.; CUNHA, J. P. A. R. Adjuvantes e qualidade da água na aplicação de agrotóxicos. **Bioscience Journal**, v. 24, n. 4, p. 8-19, 2008.

RAMOS, H. H.; DURIGAN, J. C. Efeito do armazenamento da calda na eficácia de herbicidas. **Planta Daninha**, v. 16, n. 2, p. 175-185, 1998.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: SBCPD, 1995. 42 p.

STERLING, T. Mechanisms of herbicide absorption across plant membranes and accumulation in plant cells. **Weed Science**, v. 42, n. 2, p. 263-276, 1994.

TAKANO, H. K.; OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; BIFFE, D. F.; FRANCHINI, L. H. M.; BRAZ, G. B. P.; RIOS, F. A.; GHENO, E. A.; GEMELLI, A. Efeito da adição do 2,4-D ao glyphosate para o controle de espécies de plantas daninhas de difícil controle. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 1, p. 1-13, 2013.