POTENCIAL DO USO DE ÓLEOS MINERAL E VEGETAL EM CALDA HERBICIDA EM REPOUSO À BASE DE GLYPHOSATE FORMULADO COMO CONCENTRADO SOLÚVEL

Leonardo Peres Moreira, Júlia Aparecida Botelho Paulucio, Ingo Hoffmann Curti, Renan Curty da Silva, João Victor Gomes Ramos, Samuel de Assis Silva.

Universidade Federal do Espírito Santo/Centro de ciências agrárias e Engenharias, Alto universitário s/n - 29500-000 - Alegre, ES - Brasil, leo.peres.moreira@hotmail.com, pauluciojulia@gmail.com, ingo.curti@edu.ufes.br, Curty.renan@gmail.com, Joaogomesr12@gmail.com, samuel.silva@ufes.br.

Resumo
A utilização de herbicidas constitui uma importante estratégia para o manejo de plantas daninhas, sendo comum a associação desses produtos com adjuvantes visando melhorar as características da calda. Entretanto, a mistura de produtos com diferentes características físico-químicas pode ocasionar incompatibilidades e comprometer a estabilidade da calda. Diante disso, objetivou-se avaliar a compatibilidade e a estabilidade físico-química0 de calda à base de glyphosate, formulado como concentrado solúvel em associação a óleos mineral e vegetal, sob condição de repouso. Foram avaliadas três composições de calda nos tempos 0, 2, 6 e 24 h, quanto às características visuais de compatibilidade, pH e condutividade elétrica. A calda contendo apenas glyphosate apresentou maior estabilidade física, enquanto a adição dos óleos ocasionou separação de óleo, formação de creme e espuma. A composição das caldas influenciou o pH, enquanto a condutividade elétrica foi influenciada pela composição, pelo tempo de avaliação e pela interação entre esses fatores. Conclui-se que a associação dos óleos mineral e vegetal reduziu a estabilidade física da calda de glyphosate.
Palavras-chave: Mistura em tanque. Adjuvantes. Homogeneidade. Tecnologia de aplicação.

Área do Conhecimento: Ciências agrárias – Agronomia.

Introdução

O Brasil é um país que se destaca pela superioridade na produção e exportação de produtos de origem agropecuária, alcançando um valor recorde de U$ 169,2 bilhões em vendas internacionais no ano de 2025, o que representa um acréscimo de 3 % em relação ao ano anterior (Brasil, 2026). Para preservar esse patamar, é necessário manter o controle de fatores que afetam negativamente as culturas agrícolas (Chaudhary *et al*., 2022). As plantas daninhas constituem em um importante fator limitante à produtividade agrícola, uma vez que podem modificar o crescimento e desenvolvimento das culturas ainda nos estágios iniciais (Horvath *et al*., 2023).

Como alternativa para o manejo de plantas daninhas, o controle químico com herbicidas é amplamente utilizado mundialmente (Nery, 2023). Nesse escopo, o glyphosate, herbicida pós-emergente pertencente ao grupo das glicinas substituídas, é muito usado devido ao seu amplo espectro de ação (Galli, 2005). Tal produto é comercializado no Brasil de quatro formas distintas de ingredientes ativos, são elas: Glifosato- isopropilamônio, Glifosato-sal de dimetilamina, Glifosato-sal de potássio e Glifosato- sal de amônio (Anvisa, 2019). Entre os tipos de formulação empregados para esse ingrediente ativo encontra-se o concentrado solúvel (SL), caracterizado como uma preparação líquida homogênea na qual o ingrediente ativo encontra-se dissolvido e, após a diluição em água, forma uma solução verdadeira (European Food Safety Authority *et al*., 2023).

Com o objetivo de melhorar as características de caldas de pulverização, podem ser utilizados adjuvantes, como os óleos minerais e vegetais. Os óleos vegetais são aqueles extraídos de sementes oleaginosas e tem se mostrado uma alternativa sustentável e menos prejudicial ao meio ambiente (Costa et al., 2023). Já os minerais são derivados da destilação do petróleo e devem ser utilizados em menores doses, pois possuem maior risco de causar fitotoxicidade (Raetano; Chechetto, 2019). A adição de óleos à calda pode modificar suas propriedades físico-químicas e o espectro de gotas, com redução da tensão superficial e do ângulo de contato e aumento do tamanho das gotas, podendo contribuir para a redução do potencial de deriva (Basílio *et al*., 2024). Além disso, os adjuvantes oleosos podem melhorar a capacidade adesiva da calda e a penetração dos produtos fitossanitários nas folhas (Raetano; Chechetto, 2019).

Entretanto, a associação de diferentes produtos em uma calda de pulverização pode resultar em interações antagônicas, e não aditivas ou sinérgicas, como é o objetivo. Esse antagonismo pode reduzir a eficiência do ingrediente ativo e prejudicar o desempenho da aplicação (Gandini *et al*., 2020). Ademais, a falta de compatibilidade e/ou estabilidade físico química das caldas pode gerar importantes perdas agronômicas, como: obstrução do sistema de pulverização, entupimento de mangueiras, saturação de filtros, entupimento de bicos de pulverização e decantação de componentes no fundo do tanque (Oliveira *et al*., 2021). Dessa forma, objetivou-se com este presente trabalho a avaliação da compatibilidade e estabilidade de calda herbicida à base de glyphosate (sal de potássio 58,8 % m/v) formulado como concentrado solúvel, mantida em repouso e em associação com um óleo mineral e um vegetal.

Metodologia

O experimento foi conduzido no Laboratório de Recursos Hídricos, localizado na Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) Campus de Alegre.

As variáveis analisadas compreenderam aquelas que descrevem a qualidade da calda, a saber: potencial hidrogeniônico, condutividade elétrica, homogeneidade, floculação, sedimentação, separação de fases, presença de grumos, separação de óleo, formação de cristais, formação de creme e formação de espuma.

As avaliações de compatibilidade e estabilidade físico-química de calda foram baseadas na metodologia descrita na NBR 13875. Para todos os produtos, considerou-se a dosagem máxima recomendada, de acordo com o indicado no rótulo (óleos) e na bula (herbicida). Os ensaios foram realizados para um volume total de calda de 30 L.ha-1. Após a definição desses parâmetros, os volumes dos produtos foram ajustados proporcionalmente para 250 mL de calda. As doses dos produtos utilizadas para a realização do experimento estão evidenciadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Doses dos produtos utilizados para a realização do experimento ajustadas para confecção de 250 mL de calda.

Produto	Dose máxima recomendada	Dose ajustada (250 mL de calda)
Glyphosate SL (sal de potássio)	4,5 L.ha^{-1}	37,5 mL
Óleo mineral	0,50 % v/v	1,25 mL
Óleo vegetal	0,50 % v/v	1,25 mL

Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Para confecção das caldas, foram usadas provetas graduadas de 250 mL. Primeiramente, adicionou-se cerca de 50 mL de água na proveta. Em seguida, foi adicionado o adjuvante, dosado com o auxílio de uma pipeta, e foi realizado a agitação da pré-mistura. Posteriormente, foi adicionado o herbicida, dosado em uma proveta de 50 mL, completou-se o volume da proveta com água padrão e, com a proveta tampada, a mesma foi vertida por dez vezes, sendo uma vez a cada 2 segundos para homogeneização.

As avaliações das caldas foram realizadas nos seguintes intervalos: a) imediatamente após o preparo (0 horas); b) após 2 h em repouso; c) após 6 h em repouso, e; d) após 24 h em repouso. Além da avaliação após cada período de repouso, as caldas foram ensaiadas quanto à redispersão, mediante nova agitação como mencionado anteriormente. Após a redispersão, a calda foi mantida em repouso por 10 minutos e reavaliada.

Para a determinação das características físico-químicas da mistura, as caldas foram avaliadas visualmente e, quando possível, mensurado com paquímetro, segundo a presença ou ausência de: a) homogeneidade / heterogeneidade - floculação, sedimentação, separação de fases, formação de grumos, separação de óleo, formação de cristais e formação de creme, e; b) formação de espuma. A presença ou não de grumos foi avaliada quando submetida a calda à passagem em peneira de abertura nominal de 149 µm. Com relação às propriedades químicas, foram medidos o potencial hidrogeniônico (pH) e a condutividade elétrica (CE) das caldas.

Para avaliação das variáveis quantitativas, são elas pH e CE, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 4, sendo três composições de calda e

quatro tempos de avaliação, com três repetições. Para os resultados de pH e CE, os dados foram analisados pela análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

Resultados

Após as avaliações visuais, os resultados quanto à alteração das propriedades físico-químicas das caldas estão plotados na Tabela 2.

		Tempo de avaliação			
Composição	**Avaliação**	**0h**	**2h**	**6h**	**24h**
Glyphosate	Repouso	Esp.	-	-	-
	Redispersão	-	-	Esp.	-
Glyphosate + óleo mineral	Repouso	Esp.	Sep. óleo; Cre.; Esp.	Sep. óleo; Cre.	Sep. óleo; Cre.
	Redispersão	Sep. óleo; Cre.	Sep. óleo; Esp.	Sep. óleo.	Sep. óleo.
Glyphosate + óleo vegetal	Repouso	Sep. óleo; Esp.	Sep. óleo; Cre.; Esp.	Sep. óleo; Cre.	Sep. óleo.
	Redispersão	Sep. óleo; Cre.	Sep. óleo; Esp.	Sep. óleo	Sep. óleo; Cre.

Tabela 2 - Características avaliadas para o estudo de compatibilidade físico-química das caldas do experimento
Esp: presença de espuma. Sep. óleo: separação de óleo. Cre: formação de creme. (-): ausência da característica avaliada.
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

As médias dos valores de pH dos tratamentos estão evidenciadas na Tabela 3.

Tabela 3 – valores médios de pH dos tratamentos experimentais.

Composição	**pH médio**
Glyphosate + óleo vegetal	4,25 a
Glyphosate	4,36 b
Glyphosate + óleo mineral	4,47 b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

As médias dos valores de condutividade elétrica (mS cm^{-1}) dos tratamentos estão plotadas na Tabela 4.

Tabela 4 - valores médios de condutividade elétrica dos tratamentos experimentais.

	Tempo de avaliação			
Composição	0 h	2h	6 h	24 h
Glyphosate	24,1 cB	22,3 cA	24,9 cB	24,4 cB
Glyphosate + óleo mineral	22,1 bB	18,6 aA	19,6 aA	18,9 aA
Glyphosate + óleo vegetal	20,9 aA	20,4 bA	20,9 bA	20,8 bA

Médias seguidas por letras minúsculas distintas na coluna diferem entre tratamentos dentro de cada tempo.
Médias seguidas por letras maiúsculas distintas na linha diferem entre tempos dentro de cada tratamento, pelo Teste de Tukey a 5 % de probabilidade.
Fonte: elaborado pelo próprio autor.

Discussão

Ao analisar as propriedades das caldas com a adição dos adjuvantes, observou-se a presença de incompatibilidades tais quais: separação de óleo, formação de creme e formação de espuma. Essas características foram observadas tanto para o tratamento com óleo mineral, quanto para o com óleo vegetal, verificando-se a redução da espuma nas avaliações de 6 h e 24 h para ambos os tratamentos. Essas incompatibilidades nos tanques de pulverização podem resultar na formação de caldas

fisicamente heterogêneas, comprometendo o circuito hidráulico pela obstrução de filtros e pontas de pulverização. Esse efeito prejudica a distribuição uniforme da calda na área tratada e pode reduzir a eficiência dos produtos aplicados no controle do alvo biológico (Petter *et al*, 2013).

A formação de espuma é uma característica indesejável, pois pode ocupar parte do tanque de pulverização que seria ocupada pela calda fitossanitária, podendo causar perdas por extravasamento que aumentam a concentração do produto e, consequentemente, perda de eficiência de aplicação (Mendonça *et al*, 2004). Dessa forma, ao analisar os resultados obtidos, observou-se uma maior formação de espuma na mistura glyphosate + óleo mineral do que em comparação com a mistura glyphosate + óleo vegetal. Paralelamente a isso, Mendonça (2003) realizou estudos dos efeitos de óleos nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização, chegando à conclusão de que os óleos minerais foram responsáveis por uma maior produção de espuma nas caldas do que àquelas compostas por óleos vegetais.

Outro tipo de incompatibilidade observada foi a separação de óleo. Segundo Mendonça (2003), isso ocorre devido às diferenças nas características químicas das moléculas da mistura, ou seja, os óleos possuem moléculas apolares e a água, principal solvente para a formação de caldas de pulverização, polares. Para contornar esse problema, os fabricantes dos óleos utilizados na agricultura devem adicionar emulsificantes em sua formulação, tornando os óleos emulsionáveis.

De acordo com a Tabela 3, com relação ao pH, o tratamento glyphosate + óleo vegetal apresentou menor média de valores, seguido do tratamento pelo glyphosate isolado, com valores intermediários e, por último, o tratamento glyphosate + óleo mineral, apresentando os maiores valores médios de pH da calda. Cunha *et al*. (2017) avaliaram a alteração das propriedades químicas 28 de caldas de produtos fitossanitários em associação com adjuvantes. No geral, os maiores valores de pH de caldas herbicidas foram encontrados em misturas com óleo mineral, fato que corrobora com os resultados obtidos no presente trabalho.

Segundo Costa *et al* (2020), o pH das caldas é um importante parâmetro usado como indicativo de incompatibilidade entre produtos. Quando o pH da calda se encontra próximo à neutralidade, pode haver maior disponibilidade de cátions em solução, os quais podem interagir com os ingredientes ativos dispersos, favorecendo a formação de precipitados e acelerando processos de degradação do produto. Essas alterações podem reduzir a quantidade de ingrediente ativo na calda e, consequentemente, comprometer a eficácia biológica do tratamento. Nesse sentido, a redução do pH pode contribuir para diminuir a hidrólise alcalina de produtos sensíveis a caldas com o pH elevado (Petter *et al*., 2013). Dessa forma, os adjuvantes avaliados no presente experimento tiveram a capacidade de manter o pH da calda com caráter ácido, de forma a evitar a hidrólise alcalina com consequente formação de precipitados e corroborar com os estudos de Sanchotene *et al*. (2007), os quais apontam uma maior eficiência de herbicidas, principalmente o glyphosate, quando confeccionados com pH próximo a 4,5.

Na Tabela 4, nota-se que os menores valores de condutividade elétrica foram encontrados na mistura glyphosate + óleo mineral nas avaliações de 2 h, 6 h e 24 h, seguidos pela mistura glyphosate + óleo vegetal, que apresentaram reduções menores nos valores de CE, porém com maior uniformidade com relação à variação no tempo. Ademais, o tratamento com glyphosate isolado apresentou os maiores valores de CE. Esses resultados corroboram com os obtidos por Landim *et al.* (2020), em que a condutividade elétrica da calda também foi reduzida com a adição de óleo mineral.

Conclusão

A calda contendo apenas glyphosate apresentou maior estabilidade física no ensaio estático, mantendo-se homogênea após os períodos de repouso avaliados, embora tenha ocorrido formação inicial de espuma. Nenhum tratamento com óleo se mostrou compatível, tampouco estável ao longo do tempo.

A adição dos óleos mineral e vegetal alterou o comportamento físico das caldas, com ocorrência separação de óleo, formação de creme e presença de espuma, indicando redução da estabilidade em relação à calda contendo apenas glyphosate.

Os valores de pH sofreram alterações significativas com relação à composição das caldas, enquanto os valores de condutividade elétrica, além da composição, a interação tratamento x tempo de avaliação também influenciou nos valores.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. **Nota Técnica nº 12/2020: conclusões da reavaliação do glifosato após a consolidação das contribuições da Consulta Pública nº 613, de 28 de fevereiro de 2019**. Brasília, DF: Anvisa, 2020. 13 p. Disponível em: https://sei.anvisa.gov.br/sei/controlador.php?acao=documento_imprimir_web&acao_origem=arvore_visualizar&id_documento=1402455. Acesso em: 27 jul. 2026.

BASÍLIO, S. *et al*. Effect of adjuvants on physical–chemical properties, droplet size, and drift reduction potential. **Agriculture**, v. 14, n. 12, p. 2271, 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Agronegócio brasileiro fecha 2025 com recorde em exportações de US$ 169 bilhões e superávit de US$ 149,07 bilhões. Brasília, DF, 8 jan. 2026. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/noticias/2026/agronegocio-brasileiro-fecha-2025-com-recorde-em-exportacoes-de-us-169-bilhoes-e-superavit-de-us-149-07-bilhoes. Acesso em: 27 jul. 2026.

CHAUDHARY, P. *et al*. Endophytes and their potential in biotic stress management and crop production. **Frontiers in microbiology**, v. 13, p. 933017, 2022.

COSTA, L. L. *et al.* Compatibilidade físico-química de diferentes doses e misturas de herbicidas. **Weed Control Journal**, v. 19, n. 3, p. e713 (1-8), 2020.

COSTA, R. N. U. *et al*. O Papel dos Adjuvantes de Óleo Vegetal na Promoção da Sustentabilidade na Agricultura. **International Journal of Environmental Resilience Research and Science**, v. 5, n. 2, p. 1-12, 2023.

CUNHA, J. P. A. R. da; ALVES, G. S.; MARQUES, R. S. Tensão superficial, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica de caldas de produtos fitossanitários e adjuvantes. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, p. 261-270, 2017.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY (EFSA) *et a*l. Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance glyphosate. **EFSA journal**, v. 21, n. 7, p. e08164, 2023.

GALLI, A. J. B. *et al*. Alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura. 2005.

GANDINI, E. M. M. *et al.* Compatibility of pesticides and/or fertilizers in tank mixtures. **Journal of Cleaner Production**, v. 268, p. 122152, 2020.

HORVATH, D. P. *et al*. Weed-induced crop yield loss: a new paradigm and new challenges. **Trends in Plant Science**, v. 28, n. 5, p. 567-582, 2023.

LANDIM, T. N. *et al.* Adjuvantes e taxas de aplicação na pulverização de fungicida na cultura da soja. **HUMANIDADES E TECNOLOGIA (FINOM)**, v. 23, n. 1, p. 412- 428, 2020.

MENDONÇA, C. G. *et al*. **Volume de espuma e estabilidade de emulsões aquosas com óleos minerais e óleos vegetais**. Simpósio Internacional de Tecnologia de Aplicação de Agrotóxicos, 3., 2004, Botucatu. Anais. Botucatu: FEPAF, 2004. p. 264-267.

MENDONÇA, C. G. de. **Efeito de óleos minerais e vegetais nas propriedades físico-químicas das caldas de pulverização e suas interações com superfícies foliares**. 2003. Tese (Doutorado em Agronomia) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Centro Tecnológico, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

NERY, E. D. Diferentes herbicidas no controle de plantas daninhas. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 1, p. 777-794, 2023.

OLIVEIRA, R. B. de *et al*. Formulações e misturas de Herbicidas em tanque. In:

MARTINS, A.; MURATA, T. **Matologia**: estudos sobre plantas daninhas. Jaboticabal: Fábrica da Palavra, 2021. p. 205-253.

PETTER, F. A. *et al*. Incompatibilidade física de misturas entre inseticidas e fungicidas. **Comunicata Scientiae,** v. 4, n. 2, p. 129-138, 2013.

RAETANO, C. G.; CHECHETTO, R. G. Adjuvantes e formulações. In: ANTUNIASSI, UR; BOLLER, W. **Tecnologia de aplicação para culturas anuais**, v. 2, p. 29-48, 2019.

SANCHOTENE, D. M. *et al*. Influência de sais e do pH da água na eficiência de imazethapyr+ imazapic no controle de arroz-vermelho. **Planta Daninha**, v. 25, n. 2, p. 415-419, 2007.