



Evento: XVI Seminário de Inovação e Tecnologia

EXPOSIÇÃO AGUDA A FORMULAÇÃO COMERCIAL À BASE DE GLIFOSATO ALTERA O CICLO DE VIDA DO NEMATÓIDE *Caenorhabditis elegans*¹

**Sabrina Monteiro Mathioni², Isadora Pilatto Miron³, Fernanda D'Avila da Silva⁴,
Thiago Gomes Heck⁵, Caroline Brandão Quines⁵, Matias Nunes Frizzo⁵**

¹Projeto de pesquisa desenvolvido na Unijuí; com financiamento da agência CNPq.

²Estudante do curso Biomedicina, Bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Tecnológica do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - PIBITI/CNPq.

³Egressa do curso de Biomedicina.

⁴Professora do curso de Biomedicina

⁵Professor(a) pesquisador(a) - Projeto Efeitos de Herbicidas à Base de Glifosato como Agentes Disruptivos Metabólicos: Um Estudo Translacional sobre o Impacto nas Vias de Estresse Celular. Professor(a) do Programa de Pós-Graduação em Atenção Integral à Saúde - PPGAIS - UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

O glifosato é o herbicida não seletivo mais utilizado mundialmente, sendo amplamente empregado na agricultura para o controle de plantas daninhas e aumento da produtividade das culturas (Parven et al., 2025). Entretanto, seu uso intensivo tem despertado preocupações relacionadas aos impactos ambientais e aos possíveis efeitos tóxicos sobre organismos não-alvo, devido à ampla dispersão desse composto em solos e corpos hídricos, favorecendo a exposição da biota (Rivas-Garcia et al., 2022). Além disso, estudos demonstram que a exposição ao glifosato e às suas formulações comerciais pode desencadear alterações fisiológicas, metabólicas e comportamentais em diferentes organismos, evidenciando a necessidade de investigações ecotoxicológicas (Li et al., 2022).

Nesse contexto, *Caenorhabditis elegans* (*C.elegans*) destaca-se como um importante organismo-modelo em estudos de toxicologia ambiental por apresentar curto ciclo de vida, elevada capacidade reprodutiva, fácil manutenção em laboratório e genoma amplamente caracterizado, compartilhando diversas vias metabólicas com organismos mais complexos (Meneely; Dahlberg; Rose, 2019; Hunt, 2017). Essas características permitem avaliar os efeitos de contaminantes ambientais sobre diferentes processos biológicos, incluindo aqueles relacionados ao envelhecimento e à longevidade. Estudos anteriores demonstraram que a



exposição a formulações comerciais contendo glifosato pode comprometer a função mitocondrial, aumentar a produção de espécies reativas de oxigênio e reduzir a expectativa de vida de *C. elegans*, sugerindo que o estresse oxidativo desempenha papel importante na toxicidade desse herbicida (Bailey et al., 2018). Este estudo está alinhado ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável 3 da Agenda 2030, bem como teve como objetivo avaliar os efeitos da exposição aguda ao herbicida Roundup® sobre o ensaio de longevidade no nematoide *C. elegans*, com o intuito de contribuir para a compreensão dos potenciais impactos ecotoxicológicos de formulações comerciais à base de glifosato.

METODOLOGIA

O estudo foi realizado utilizando o nematóide *Caenorhabditis elegans* (cepa N2, tipo selvagem), mantido em meio NGM (*Nematode Growth Medium*) contendo *Escherichia coli* OP50 como fonte de alimento, em incubadora a 21°C. Os organismos foram previamente sincronizados para obtenção de larvas no estágio L1 por meio da lise química dos adultos com solução de hipoclorito de sódio e hidróxido de sódio, garantindo a padronização do estágio de desenvolvimento dos ensaios. Os nematóides foram submetidos à exposição aguda (30 minutos) ao herbicida Roundup® nas concentrações de 1, 10, 100 e 500 µM, definidas com base no valor máximo permitido de glifosato em água para consumo humano estabelecido pela ANVISA e em concentrações progressivamente superiores. O grupo controle foi exposto apenas ao tampão M9. Após a exposição, os organismos foram submetidos a sucessivas lavagens com tampão M9 para remoção dos resíduos do herbicida e mantidos em placas contendo meio NGM e *E. coli* OP50 por 48 horas, até atingirem o estágio larval L4. Para o ensaio de longevidade, 20 nematóides de cada grupo experimental foram isolados em placas de cultivo e transferidos para novas placas a cada dois dias, evitando a sobreposição de gerações. A longevidade foi monitorada periodicamente por meio do registro do número de organismos vivos ao longo de todo o ciclo de vida, permitindo a comparação entre os grupos expostos e o grupo controle. O experimento foi realizado em cinco repetições independentes. Os dados foram analisados por análise de variância de duas vias (ANOVA), seguida do teste de Dunnett, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A exposição aguda ao herbicida Roundup® promoveu diminuição na longevidade nos *Caenorhabditis elegans*. A figura 1 mostra que nos primeiros dias de avaliação (dias 1 e 3) não foram observadas diferenças entre os grupos mantendo-se elevada a sobrevivência dos animais. A partir do quinto dia, observou-se redução da sobrevivência nos grupos expostos ao herbicida, nas doses de 10, 100µM quando comparados ao grupo controle ($p<0,001$). No sexto dia, as doses 10µM ($p<0,01$), 100µM e 500µM ($p<0,001$) também apresentaram uma redução significativa em relação ao grupo controle. No oitavo dia de avaliação, todos os grupos expostos apresentaram menor tempo de vida em relação ao controle ($p<0,01$), evidenciando um efeito deletério do glifosato sobre a longevidade dos nematoides.

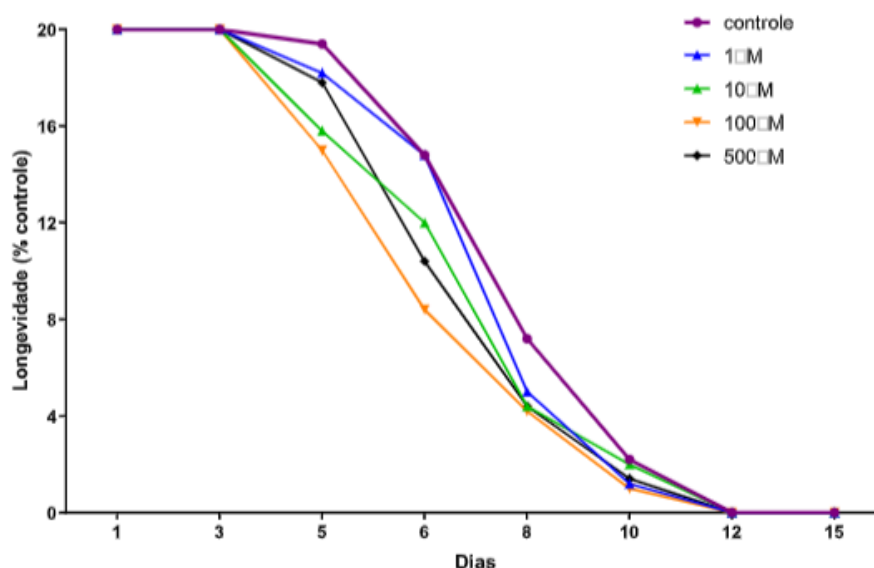


Figura 1: Longevidade de *Caenorhabditis elegans* expostos ao glifosato em concentrações micromolares. Valores expressos como média $\pm$ erro padrão. (*) indica $p<0,05$, (**) indica $p<0,01$, (***) indica $p<0,001$ quando comparado ao grupo controle (ANOVA) de duas vias seguida pelo teste múltiplas comparações de Dunnett's; $n=5$ experimentos.

Os resultados obtidos corroboram estudos anteriores que demonstraram efeitos adversos do glifosato sobre a longevidade de *C. elegans*. Schmitt et al. (2021) observaram redução da expectativa de vida dos nematoides após exposição ao herbicida, associando esse



efeito a alterações no metabolismo energético e à disfunção mitocondrial. Outro aspecto relevante refere-se ao fato de que foi utilizada a formulação comercial Roundup®, composta não apenas pelo glifosato, mas também por surfactantes e outros coformulantes. Estudos têm demonstrado que esses componentes podem potencializar a toxicidade das formulações comerciais, apresentando atividade biológica própria e intensificando os efeitos do ingrediente ativo sobre organismos não alvo (Mesnage et al., 2015; Klátyik et al., 2025). Dessa forma, os efeitos observados neste estudo provavelmente refletem a ação conjunta do glifosato e dos demais componentes presentes na formulação.

Apesar de o protocolo experimental avaliar apenas uma exposição aguda de 30 minutos, os resultados evidenciaram que esse período foi suficiente para produzir efeitos persistentes sobre a longevidade dos nematoides. Considerando que, em condições ambientais, organismos não alvo podem estar expostos ao glifosato de forma contínua ou repetida em decorrência das sucessivas aplicações agrícolas (Costas-Ferreira et al., 2022), estudos envolvendo exposição crônica tornam-se importantes para ampliar a compreensão dos mecanismos de toxicidade e dos impactos ecológicos associados ao uso desse herbicida.

De modo geral, os resultados demonstraram o potencial tóxico da formulação comercial Roundup® sobre *C. elegans*, uma vez que mesmo uma exposição aguda é capaz de comprometer a longevidade dos organismos. Além disso, o presente estudo reforça a aplicabilidade de *C. elegans* como organismo-modelo em estudos ecotoxicológicos e contribui para ampliar o conhecimento acerca dos possíveis impactos ambientais decorrentes do uso intensivo de herbicidas à base de glifosato.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos demonstram que a exposição aguda ao herbicida Roundup® foi capaz de alterar o ciclo de vida dos *C. elegans*, evidenciando o potencial tóxico da formulação comercial mesmo após um curto período de exposição. Esses achados corroboram com evidências da literatura que associam a exposição ao glifosato e às suas formulações comerciais a alterações em processos biológicos relacionados ao envelhecimento e alterações da homeostase celular.



AGRADECIMENTOS

Grupo de pesquisa em Fisiologia (GPEF), Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul (UNIJUÍ), CNPq, 444286/2024-1, 403136/2024-5, 405546/2023-8, FAPERGS 25/2551-0002802-7. FINEP: 0729/04.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAILEY, Denise C. et al. Chronic exposure to a glyphosate-containing pesticide leads to mitochondrial dysfunction and increased reactive oxygen species production in *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 57, p. 46-52, jan. 2018. DOI: 10.1016/j.etap.2017.11.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668917303046>. Acesso em: 27 jun. 2026.
- BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. G01 – Glifosato. In: *Relação de Monografias de Ingredientes Ativos de Agrotóxicos, Saneantes Desinfestantes e Preservativos de Madeira*. Brasília, DF: ANVISA, 2025. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/G01%20%E2%80%93%20Glifosato.pdf. Acesso em: 15 jun. 2026.
- BURCHFIELD, Shelbie L. et al. Acute exposure to a glyphosate-containing herbicide formulation inhibits Complex II and increases hydrogen peroxide in the model organism *Caenorhabditis elegans*. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 57, p. 46-52, jan. 2018. DOI: 10.1016/j.etap.2017.11.005. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1382668917303046>. Acesso em: 27 jun. 2026.
- COSTAS-FERREIRA, C.; DURÁN, R.; FARO, L. R. F. Toxic effects of glyphosate on the nervous system: a systematic review. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 23, n. 9, p. 4605, 2022. DOI: 10.3390/ijms23094605. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1422-0067/23/9/4605>. Acesso em: 25 jun. 2026.
- GARCÍA-ESPIÑEIRA, María; TEJEDA-BENITEZ, Lesly; OLIVERO-VERBEL, Jesus. Toxicity of atrazine- and glyphosate-based formulations on *Caenorhabditis elegans*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, v. 156, p. 216-222, 30 jul. 2018. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2018.02.075. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014765131830174X>. Acesso em: 25 jun. 2026.
- KLÁTYIK, S.; SIMON, G.; TAKÁCS, E.; OLÁH, M.; ZALLER, J. G.; ANTONIOU, M. N.; BENBROOK, C.; MESNAGE, R.; SZÉKÁCS, A. Toxicological concerns regarding glyphosate, its formulations, and co-formulants as environmental pollutants: a review of published studies from 2010 to 2025. *Archives of Toxicology, Berlin*, v. 99, n. 8, p. 3169-3203, 2025. DOI: 10.1007/s00204-025-04076-2. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00204-025-04076-2>. Acesso em: 2 jul. 2026.
- MESNAGE, R.; ANTONIOU, M. N. Facts and Fallacies in the Debate on Glyphosate Toxicity. *Frontiers in Public Health*, [s. l.], v. 5, n. 316, p. 1-17, 24 nov. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fpubh.2017.00316>. Acesso em: 5 jul. 2026.
- PARVEN, A.; MEFTAUL, I. M.; VENKATESWARLU, K. et al. Herbicidas na agricultura moderna sustentável: destino ambiental, implicações ecológicas e preocupações com a saúde humana. *International Journal of Environmental Science and Technology*, v. 22, p. 1181-1202, 2025. DOI: 10.1007/s13762-024-05818-y. Disponível em: <https://rdcu.be/frreT>. Acesso em: 18 jun. 2026.