

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL GENOTÓXICO DE AGROTÓXICOS UTILIZANDO *ALLIUM CEPA* COMO ORGANISMO MODELO: UMA BREVE REVISÃO

Eliane Alves Lustosa ¹
Thaís Lucena de Oliveira ²
Marcos Antônio Nobrega de Sousa ³

RESUMO

Os agrotóxicos são compostos químicos utilizados para o controle de pragas, proporcionando um aumento da produtividade agrícola. Estas substâncias são persistentes no ambiente e podem desencadear efeitos nocivos à saúde humana. Para melhor compreensão dos efeitos de poluentes ambientais, como os agrotóxicos, muitos organismos modelo têm sido utilizados em pesquisas, incluindo a espécie vegetal *Allium cepa*. O bioensaio com *Allium cepa* é amplamente utilizado para avaliar os efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos de vários contaminantes ambientais, pois apresenta vantagens como número reduzido de cromossomos, baixo custo, facilidade de armazenamento e manuseio e boa correlação com os sistemas testes animais. Este trabalho teve como objetivo avaliar por produção científica/bibliográfica atual o uso do sistema teste *Allium cepa* na análise da genotoxicidade de diferentes de agrotóxicos. O estudo foi realizado por meio de revisão bibliográfica e abrangeu apenas artigos publicados em periódicos científicos no período 2017-2021, disponíveis em bancos de dados *online*, como o SciELO, Periódicos CAPES e Google Acadêmico. A busca dos artigos foi realizada utilizando a combinação das palavras-chave “agrotóxicos”, “genotoxicidade” e “*Allium cepa*”, em português e inglês. Foram selecionados 15 artigos, nos quais foram analisados os seguintes critérios: tipo de agrotóxico testado, metodologia utilizada, alterações cromossômicas induzidas, conclusão quanto a genotoxicidade do composto. As pesquisas analisadas avaliaram o potencial genotóxico de 18 ingredientes ativos de agrotóxicos. Os agrotóxicos foram compostos em sua maioria por herbicidas (44,4%), seguido de inseticidas (38,9%) e fungicidas (16,7%). A maioria dos compostos (94,4%) foram considerados genotóxicos para o organismo modelo *Allium cepa*, induzindo alterações cromossômicas como micronúcleos (77,8%) e pontes cromossômicas (77,8%), além de outras alterações. Os resultados indicaram que o teste vegetal com *Allium cepa* tem sido eficiente para avaliação dos possíveis efeitos genotóxicos de diferentes agroquímicos, sendo importante para o monitoramento ambiental desses contaminantes.

Palavras-chave: Pesticidas, Genotoxicidade, Alterações cromossômicas, Micronúcleos.

¹Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, elianelustosa18@hotmail.com;

² Graduanda do Curso de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, lucenaoliv@gmail.com;

³ Professor orientador; Doutor, Professor da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, marcos.nobrega@professor.ufcg.edu.br.

INTRODUÇÃO

A poluição ambiental destaca-se como um dos grandes problemas da atualidade e o uso indiscriminado de agrotóxicos é um dos fatores que contribuem para essa problemática (VERMA; SRIVASTAVA, 2018).

Os agrotóxicos são compostos químicos utilizados em larga escala para melhorar a produção agrícola. Todavia, essas substâncias são persistentes nos compartimentos ambientais e, conforme sua solubilidade, podem se acumular no sedimento ou bioacumular na biota (FATMA *et al.*, 2017).

A utilização dos agrotóxicos se consolidou a partir do século XX, especialmente após a Segunda Guerra Mundial. No Brasil, seu uso cresceu rapidamente e desde 2008, o país tornou-se o maior consumidor mundial destes produtos (DUTRA; SOUZA, 2017). De acordo com Dutra *et al.*, (2020), a utilização de agrotóxicos no país já considerado problema de saúde pública em virtude da contaminação ambiental e dos alimentos e dos crescentes casos de intoxicações resultantes do uso dessas substâncias.

Os agrotóxicos podem causar uma série de efeitos à saúde, classificados em agudos ou crônicos, conforme o período de surgimento dos sintomas (ARAÚJO; OLIVEIRA, 2017). Outrossim, essas substâncias são capazes de interagir com moléculas essenciais como DNA, RNA e proteínas. Devido à capacidade de induzir danos diretos e indiretos no DNA, esses compostos podem ser genotóxicos (COSTA; TEIXEIRA, 2012).

Para melhor compreensão dos efeitos que os agentes químicos, como os agrotóxicos, podem causar nos seres vivos, muitos organismos têm sido utilizados como bioindicadores, incluindo espécies animais e vegetais (BIANCHI, 2008).

Plantas superiores terrestres têm sido bastante utilizadas para a detecção e monitoramento de contaminantes capazes de desencadear danos genéticos e seu uso já é recomendado por várias organizações acadêmicas e governamentais (LANIER *et al.*, 2015). Entre as espécies vegetais, destaca-se a *Allium cepa* (cebola), organismo modelo bastante utilizado para avaliar os efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos de diferentes poluentes ambientais (SHEIKH; PATOWARY; LASKAR, 2020).

O sistema teste *Allium cepa* foi introduzido em 1938 por Levan e ainda é bastante utilizado, considerado um dos mais antigos e sensíveis. Por meio dele, pode-se identificar danos genéticos como alterações cromossômicas e micronúcleos causados por diferentes contaminantes ambientais, incluindo substâncias químicas (BIANCHI, 2008).

A espécie apresenta vantagens como simples armazenamento e manuseio (SHEIKH; PATOWARY; LASKAR, 2020), número reduzido de cromossomos que são facilmente visualizados no microscópio, possibilitando a identificação simples de alterações cromossômicas resultantes da exposição a substâncias tóxicas (SILVEIRA *et al.*, 2017). Além disso, o teste com *Allium cepa* mostrou boa correlação com os sistemas teste de mamíferos (RANK; NIELSEN, 1994).

Nesse contexto, esta pesquisa teve como objetivo avaliar por produção científica/bibliográfica atual o uso do sistema teste *Allium cepa* na análise da genotoxicidade de diferentes de agrotóxicos.

METODOLOGIA

Esta pesquisa foi desenvolvida no primeiro semestre de 2022 e tratou-se de uma revisão bibliográfica sobre estudos que utilizaram o sistema teste vegetal *Allium cepa* para avaliar o potencial genotóxico de agrotóxicos.

A coleta de dados foi realizada por meio de consultas a artigos científicos disponíveis em bases e diretórios de periódicos científicos (SciELO, Google acadêmico e Periódicos CAPES), utilizando no campo de busca as palavras-chave “genotoxicidade”, “agrotóxicos” e “*Allium cepa*”, em língua portuguesa e inglesa.

Para que os artigos fossem incluídos na revisão, foram considerados os seguintes critérios de inclusão: 1) abordar sobre a genotoxicidade de agrotóxicos; 2) utilizar *Allium cepa* como organismo modelo; 3) ser pesquisa experimental com avaliação de concentrações do produto; 4) ter sido publicado nos últimos 5 anos (2017-2021); 5) estar em língua portuguesa ou inglesa, 6) tratar-se de artigo publicado em periódico científico.

Como critério de exclusão considerou-se: 1) não incluir agrotóxicos; 2) não utilizar *Allium cepa* como organismo modelo; 3) tratar-se de outro documento que não fosse artigo científico, tais como trabalhos de conclusão de curso, dissertação, tese, entre outros.

Foi realizada uma triagem dos artigos encontrados por meio da leitura do título e resumo/abstract. Foram selecionados 15 artigos, nos quais foram analisados os seguintes critérios: tipo de agrotóxico testado, metodologia utilizada, alterações cromossômicas induzidas, conclusão quanto a genotoxicidade do composto.

A análise dos dados ocorreu de forma qualitativa e quantitativa utilizando o software Microsoft Excel 2019.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa reuniu 15 artigos científicos (quadro 1) que avaliaram o potencial genotóxico de 18 diferentes ingredientes ativos de agrotóxicos, utilizando como material experimental bulbos (73,3%) ou sementes (26,7%) de *Allium cepa*. Os agrotóxicos mais avaliados nas pesquisas foram da classe dos herbicidas (44,4%), seguido dos inseticidas (38,9%) e fungicidas (16,7%).

Os herbicidas são substâncias usadas para o controle de plantas daninhas prejudiciais ao desenvolvimento das lavouras. Os inseticidas são agrotóxicos utilizados para o controle de insetos nocivos às culturas agrícolas ou responsáveis pelo surgimento de doenças infecto contagiosas (CARNEIRO *et al.*, 2015). Já os fungicidas são usados para controle, prevenção e remediação do crescimento de fungos, sendo utilizados no campo e no processo de armazenamento das sementes (FATTA *et al.*, 2018).

Grande maioria (94,4%) dos compostos analisados foram considerados genotóxicos para o organismo modelo *Allium cepa*. Entre os efeitos causados pelos agentes químicos, os genotóxicos estão entre os mais preocupantes, pois são capazes de desencadear diversos problemas de saúde e afetar também as futuras gerações, tendo em vista que podem causar efeitos sobre as células somáticas e germinativas (VALENCIA-QUINTANA *et al.*, 2013).

Segundo Bianchi (2008), os agrotóxicos apresentam alguns componentes químicos que possibilitam sua interação com o DNA, levando a alterações cromossômicas e interferindo na ativação e inativação de genes.

Os agrotóxicos testados nas pesquisas induziram diversas alterações cromossômicas, com predominância para micronúcleos (77,8%) e pontes cromossômicas (77,8%), seguido de fragmentos cromossômicos (50,0%), quebras cromossômicas (38,9%) e c-metáfase (38,9%), além de outras alterações (Figura 1).

Quadro 1. Pesquisas que reportaram o potencial genotóxico de diferentes agrotóxicos no período de 2017-2021.

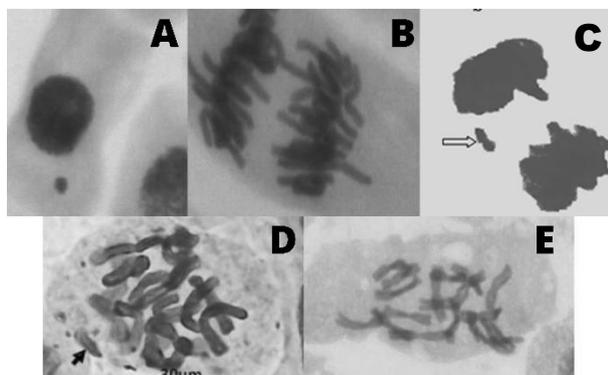
Ingrediente ativo testado	Classificação do agrotóxico	Material experimental	Alterações cromossômicas induzidas	Conclusão sobre a genotoxicidade	Referência
Malationa	Inseticida	Sementes	Ponte, atraso e perda cromossômica, micronúcleo	Genotóxico	Ghisi <i>et al.</i> (2021)
Glifosato	Herbicida	Bulbos	Micronúcleo, ponte e quebra cromossômica, metáfase pegajosa, aglutinação cromossômica, ausência de núcleo, núcleos alongados, anáfase irregular, incisura nuclear	Genotóxico	Mercado e Caleño (2020)
Quizalofop-p-etil e cicloxidim	Herbicida	Bulbos	Fragmento cromossômico, erosão nuclear, núcleo lobulado, micronúcleo, aderência, metáfase pegajosa	Genotóxico	Rosculete <i>et al.</i> (2019)
Mesotriona e atrazina	Herbicida	Sementes	Atrazina: ponte, quebra, perda e atraso cromossômico, aderência, broto nuclear, micronúcleo	Mesotriona: não genotóxico, atrazina: genotóxico	Felisbino <i>et al.</i> (2018)
2,4-D e Picloram	Herbicida	Sementes	Perda, ponte e quebra cromossômica, aderência, C-metáfase, micronúcleo	Genotóxico	Martins e Pereira (2018)
Flumioxazina	Herbicida	Bulbos	Ponte e quebra cromossômica, anormalidades do fuso, cromossomo vago, metáfase anormal, micronúcleo, células necróticas	Genotóxico	Parvan <i>et al.</i> (2020)
Glifosato	Herbicida	Bulbos	Ponte cromossômica, micronúcleo, anáfase em estrela, cromossomo vago, lacunas de cromátides, cromossomo fragmentado, células binucleadas, cromossomo em anel, anáfase multipolar	Genotóxico	Fattah e Omer (2021)

Abamectina	Inseticida	Bulbos	Micronúcleo, fragmento e ponte cromossômica, distribuição desigual de cromatina, núcleo vacúolo, dano ao núcleo, anáfase multipolar	Genotóxico	Macar, T. (2021)
Imidacloprido e Iprodiona	Inseticida e fungicida	Sementes	Micronúcleo, aderência, c-metáfase, metáfase poliplóide, ponte cromossômica, anáfase multipolar	Genotóxico	Fioresi <i>et al.</i> (2020)
Tetraconazol	Fungicida	Bulbos	Micronúcleo, fragmento e ponte cromossômica, cromossomo pegajoso e vago, distribuição desigual de cromatina, núcleo de vacúolo, polarização reversa	Genotóxico	Macar, O (2021)
Malationa e cipermetrina	Inseticidas	Bulbos	Prófase, metáfase e anáfase pegajosa, metáfase em cadeia e aglomerada, metáfase e anáfase fragmentada, cromossomo retardo, anáfase em forma de estrela, múltipla lesão nuclear, ponte e quebra cromossômica, anáfase anormal, erosão cromossômica, cromossomo coagulado, célula gigante, hipercromasia, cromossomo vago, prófase tardia, lesão nuclear na prófase	Genotóxico	Sheikh, Patowary e Laskar (2020)
Fipronil	Inseticida	Bulbos	Prófase alterada, aderência, c-metáfase, ponte cromossômica, cromossomo retardado, micronúcleo, cromossomo pegajoso	Genotóxico	Karaismailoglu (2017)
Clorpirifós	Inseticida	Bulbos	Metáfase pegajosa, fragmento cromossômico, prófase tardia, micronúcleo, ponte cromossômica, metáfase anormal, anáfase vibrante, broto nuclear	Genotóxico	Shabbir <i>et al.</i> (2021)

Mancozeb	Fungicida	Bulbos	Fragmento e ponte cromossômica, desorientação e aglomeração na metáfase, anáfase e telófase, movimento precoce das cromátides, cromossomo retardado, C-metáfase	Genotóxico	Fatma <i>et al.</i> (2018)
Diazinon	Inseticida	Bulbos	Hipercromasia, micronúcleo, perda e aderência cromossômica, glóbulos de cromatina, núcleo pulverizado, fragmentação celular e recuo do conteúdo celular, encolhimento citoplasmático, vacuolação citoplasmática, quebra celular	Genotóxico	Pandir (2018)

Fonte: Os autores (2022).

Figura 1. Algumas alterações cromossômicas induzidas por agrotóxicos.



Micronúcleo (A), ponte romossômica (B), fragmento cromossômico (C) quebra cromossômica (D), C-metáfase (E)

Fonte: Mercado e Caleño (2020), Fioresi *et al.* (2020) e Macar.T (2021)

Os micronúcleos podem surgir em decorrência do desenvolvimento de algumas anormalidades cromossômicas como, por exemplo, quebras e perdas cromossômicas, e são facilmente observados nas células filhas na forma de uma estrutura análoga ao núcleo principal, mas em tamanho reduzido (LEME; MARIN-MORALIS, 2009).

As pontes cromossômicas originam-se de mudanças estruturais entre cromátides irmãs ou cromossomos diferentes, resultando de quebras e deleções terminais. As pontes cromossômicas podem romper-se e levar a formação de fragmentos cromossômicos (FELISBINO *et al.*, 2018). A c-metáfase surge em decorrência da inativação do fuso mitótico, não ocorrendo o alinhamento dos cromossomos na placa equatorial da célula e a continuação do processo de divisão celular (VIEIRA *et al.*, 2018).

O uso de agrotóxicos ocasiona diversos danos ambientais e representa sérios riscos à saúde humana e de outros organismos não alvo (MARTINS; PEREIRA, 2018). Portanto, o monitoramento dessas substâncias é essencial e a literatura mostra que o sistema teste vegetal *Allium cepa* é uma ferramenta eficiente para avaliar os efeitos causados pelos agrotóxicos, incluindo seu potencial genotóxico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diferentes tipos de agrotóxicos, herbicidas, inseticidas e fungicidas, foram avaliados por meio do organismo modelo *Allium cepa* sendo considerados agentes genotóxicos e induzindo

grande número de alterações cromossômicas, com destaque para micronúcleos e pontes cromossômicas.

Os resultados desta revisão indicaram que o sistema teste *Allium cepa* tem sido eficiente para avaliação dos possíveis efeitos genotóxicos de diferentes agrotóxicos, sendo importante para o monitoramento ambiental desses contaminantes.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, I. M. M., OLIVEIRA, A. G. R. C. Agronegócio e agrotóxicos: impactos à saúde dos trabalhadores agrícolas no nordeste brasileiro. **Revista Trabalho, Educação e Saúde**, v. 15, n. 1, p. 117-129, 2017.
- BIANCHI, J. **Análise dos efeitos citotóxicos, genotóxicos e mutagênicos do inseticida malation, utilizando os sistemas teste de *allium cepa* e células de mamíferos**. 2008. 165f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas- Biologia Celular e Molecular). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-São Paulo, 2008.
- CARNEIRO, F. F. *et al.* **Dossiê ABRASCO: um alerta sobre os impactos dos agrotóxicos na saúde**. Rio de Janeiro: Escola Politécnica de Saúde Joaquim Venâncio/ FIOCRUZ; São Paulo: Expressão Popular; 2015.
- COSTA, C.; TEIXEIRA, J. P. Efeitos genotóxicos dos pesticidas. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 19-31, 2012.
- DUTRA, L. S. *et al.* Uso de agrotóxicos e mortalidade por câncer em regiões de monoculturas. **Saúde Debate**, v.44, n. 127, p. 1018-1035, 2020. DOI: 10.1590/0103-1104202012706.
- DUTRA, R. M. S.; SOUZA, M. M. O. Impactos negativos do uso de agrotóxicos à saúde humana. **Hygeia**, v. 13, n. 24, p. 127-140, 2017.
- FATMA, F. *et al.* Monitoring of morphotoxic, cytotoxic and genotoxic potential of mancozeb using *Allium* assay. **Chemosphere**, v. 195, p. 864-870, 2018.
- FATMA F. *et al.* Phytotoxicity of pesticides mancozeb and chlorpyrifos: correlation with the antioxidative defence system in *Allium cepa*. **Physiol Mol Biol Plants**, v. 24, n.1, p. 115-123, 2017. DOI: 10.1007/s12298-017-0490-3.
- FATTAH, Y. M.; OMER, A. H. Evaluation of genotoxic and cytotoxic effects of Glyphosate on *Allium cepa*. **Technium BioChemMed**, v. 2, n.1 p.131-140, 2021.
- FELISBINO, K. *et al.* Mesotrione herbicide does not cause genotoxicity, but modulates the genotoxic effects of Atrazine when assessed in mixture using a plant test system (*Allium cepa*). **Pesticide biochemistry and physiology**, v. 150, p. 83-88, 2018.
- FIORESI, V. S. *et al.* Cytogenotoxic activity of the pesticides imidacloprid and iprodione on *Allium cepa* root meristem. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 27, n. 22, p. 28066-28076, 2020.
- GHISI, N. C. *et al.* Integrative analysis in toxicological assessment of the insecticide Malathion in *Allium cepa* L. system. **Brazilian Journal of Biology**, v. 83, e240118, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/1519-6984.240118>.

KARISMAILOGLU, M. C. Assessments on the potential genotoxic effects of fipronil insecticide on *Allium cepa* somatic cells. **Caryologia**, v. 70, n. 4, p. 378-384, 2017.

LANIER, C. *et al.* The comet assay in higher terrestrial plant model: Review and evolutionary trends. **Environmental Pollution**, v. 207, p. 6-20, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2015.08.020>.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. *Allium cepa* test in environmental monitoring: a review on its application. **Mutation research/reviews in mutation research**, v. 682, n. 1, p. 71-81, 2009.

MACAR, O. Multiple toxic effects of tetraconazole in *Allium cepa* L. meristematic cells. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 8, p. 10092-10099, 2021.

MACAR, T. K. Investigação da citotoxicidade e genotoxicidade do pesticida abamectina em *Allium cepa* L. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 28, n. 2, p. 2391-2399, 2021.

MARTINS, H.; PEREIRA, F. D. C. Avaliação dos efeitos tóxicos do agroquímico tordon® sobre os organismos teste *Lactuca sativa* E *Allium cepa*. **Visão Acadêmica**, v. 19, n. 2, 2018.

MERCADO, S. A. S.; CALEÑO, J. D. Q. Cytotoxic evaluation of glyphosate, using *Allium cepa* L as bioindicator. **Science of the Total Environment**, 2019. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134452>.

PANDIR, D. Assesment of the genotoxic effect of the diazinon on root cells of *Allium cepa* (L.). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 61, e18160390, 2018.

PARVAN, L. G. *et al.* Bioensaio com *Allium cepa* revela genotoxicidade de herbicida com flumioxazina. **Revista Pan-Amazônica de Saúde**, v. 11, p. 10-10, 2020.

RANK, J.; NIELSEN, M.H. Evaluation of the *Allium* anaphase-telophase test in relation to genotoxicity screening of industrial wastewater. **Mutation Research – Environmental Mutagenesis and Related Subjects**, v. 312, n. 1, p. 17-24, 1994.

ROSCULETE, C. A. *et al.* Determination of the environmental pollution potential of some herbicides by the assessment of cytotoxic and genotoxic effects on *Allium cepa*. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 75, 2019. DOI:[10.3390/ijerph16010075](https://doi.org/10.3390/ijerph16010075).

SHABBIR, M. D. *et al.* Organophosphate pesticide (Chlorpyrifos): environmental menace; study reveals genotoxicity on plant and animal cells. **Environmental Challenges**, v. 5, p. 100313, 2021.

SHEIKH1, N.; PATOWARY, H.; LASKAR, R. A. Screening of cytotoxic and genotoxic potency of two pesticides (malathion and cypermethrin) on *Allium cepa* L. **Molecular & Cellular Toxicology**, v. 16, p. 291–299, 2020. DOI:<https://doi.org/10.1007/s13273-020-00077-7>.

SILVEIRA, G. L. *et al.* Toxic effects of environmental pollutants: comparative investigation using *Allium cepa* L. and *Lactuca sativa* L. **Chemosphere**, v. 178, p. 359-367, 2017.

VALENCIA-QUINTANA, R. *et al.* Genotoxicidad de plaguicidas en sistemas vegetales. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 29, p. 133-157, 2013.

VERMA, S.; SRIVASTAVA, A. Cyto-genotoxic consequences of carbendazim treatment monitored by cytogenetical analysis using *Allium* root tip bioassay. **Environ Monit Assess**, v. 190, n. 4, p. 238, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6616-4>.

VIEIRA, B. C. R. *et al.* Citogenotoxicidade de repelente comercial para insetos contendo icaridina em células meristemáticas de *Allium cepa* como bioensaio. Anais do XV Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, p. 590, 2020.