

CICLO CELULAR EM FOCO: SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTEGRADA A PERCEPÇÃO DE PROBLEMAS AMBIENTAIS

Rodrigo Alves Catein¹, Daniela Silva de Oliveira¹, Déborah Sousa Silva¹, Augusto César Santos Oliveira¹, Maria Nilza Corrêa Martins², Flavia Guimarães dos Santos², Tatiana da Silva Souza¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, CCENS – Alegre – ES, Brasil. rodrigo.catein@edu.ufes.br, deborah.s.silva@edu.ufes.br, daniela.oliveira.71@edu.ufes.br, augusto.acso@gmail.com, tatianas.souza@hotmail.com

²EEEFM Professora Hosana Salles, Cachoeiro de Itapemirim – ES, Brasil, nilzacmartins@yahoo.com.br, flavia.gss@hotmail.com

Resumo

O ciclo celular é um dos conteúdos mais complexos do ensino de Ciências Biológicas, frequentemente percebido como abstrato pelos estudantes da educação básica. Este trabalho teve como objetivo promover a compreensão do ciclo celular a partir de uma abordagem investigativa vinculada à percepção de problemas ambientais locais. Para isso, utilizou-se o ensaio de citogenotoxicidade utilizando *Allium cepa* como planta modelo para avaliar a qualidade da água do córrego Santa Fé, situado no entorno da escola Hosana Salles, em Cachoeiro de Itapemirim. Cinco pontos foram amostrados (P1 – P5). Foram analisados o índice mitótico e a frequência de células aberrantes. A exposição às águas de P1 e P2 aumentou o índice mitótico. Todos os pontos aumentaram a frequência de células aberrantes em relação ao controle. Paralelamente, modelos didáticos e jogos educativos acerca do ciclo celular e das alterações dos cromossomos foram desenvolvidos. Desse modo, a proposta favoreceu a aprendizagem significativa do conteúdo, articulando conhecimentos biológicos a questões ambientais da comunidade, além de despertar o interesse científico dos estudantes.

Palavras-chave: Genotoxicidade. *Allium cepa*. Recursos didáticos. Contaminação ambiental.

Área do Conhecimento: Ciências biológicas - Genética

Introdução

O ciclo celular é um processo essencial para a manutenção da vida, pois garante a duplicação e a transmissão da informação genética de forma precisa às células-filhas. Sua compreensão é essencial para o entendimento de fenômenos como crescimento e desenvolvimento dos seres vivos (Alberts et al., 2015). Apesar dessa relevância, estudantes do ensino básico frequentemente relatam dificuldades em sua aprendizagem, principalmente devido à complexidade de conceitos microscópicos e moleculares e ao uso excessivo de abordagens descritivas e conteudistas (Lima et al., 2020).

Diante desse desafio, metodologias ativas vêm sendo propostas como alternativa para tornar o ensino mais atrativo e significativo, com maior absorção do conteúdo pelos estudantes. Entre elas destacam-se a modelagem didática, a produção de jogos, e práticas investigativas em laboratório (Silva et al., 2018; Souza Neto; Lacerda, 2022). Tais estratégias permitem que os estudantes se tornem protagonistas no processo de aprendizagem, estimulando a autonomia, a curiosidade e a percepção crítica.

Nesse contexto, a utilização de bioensaios com *Allium cepa* L. representaram uma oportunidade de integrar conceitos da biologia celular ao estudo de problemas ambientais. Essa espécie é reconhecida e validada pelo Programa Internacional de Segurança Química e pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (WHO, 1985). Ela detém cromossomos grandes e em número reduzido ($2n=16$), o que facilita a visualização das fases do ciclo celular e de alterações cromossômicas e nucleares decorrentes da exposição a agentes tóxicos e também possui alta correspondência com animais e outros sistemas-teste (Leme; Marin-Morales, 2009). Alterações como micronúcleos, brotos nucleares e pontes cromossômicas são indicativas de efeitos genotóxicos e podem ser correlacionadas à poluição hídrica (Ghosh et al., 2015; Miranda et al., 2023).

O córrego Santa Fé, localizado no entorno da EEEFM Professora Hosana Salles (Cachoeiro de Itapemirim, ES), recebe efluentes domésticos, industriais e agrícolas. Sua água é utilizada pela

população local para fins agropecuários, mas não é submetida a monitoramento sistemático de qualidade, o que representa potenciais riscos à saúde humana e aos ecossistemas da região (Galter et al., 2021; Souza et al., 2021)

Este trabalho teve como objetivo promover o ensino e aprendizagem significativa do conteúdo programático por meio de uma sequência didática investigativa, que incluiu a realização de bioensaios de citogenotoxicidade com *A. cepa* e a construção de recursos didáticos lúdicos, integrando o conhecimento científico à percepção de problemas ambientais da comunidade escolar.

Metodologia

Esta sequência didática foi aplicada junto a 5 estudantes do ensino médio da EEEFM Professora Hosana Salles, localizada no município de Cachoeiro do Itapemirim – ES. Os estudantes eram bolsistas do Programa de Iniciação Científica Jr da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES). Primeiramente, os objetivos do projeto, metas e metodologia a ser aplicada foram apresentados aos estudantes numa aula expositiva dialogada. Posteriormente, os estudantes saíram a campo para reconhecimento da área de estudo - o córrego Santa Fé, receptor de descargas domésticas, industriais e agrícolas. Os estudantes foram estimulados a elaborar hipóteses sobre a qualidade do córrego e escolheram os pontos de coleta (P1 – P5). Amostras de água foram coletadas nesses cinco pontos e foram armazenadas na geladeira a 4 °C até a realização dos ensaios.

Num segundo momento, os alunos participaram de uma aula teórico-prática sobre o ciclo celular. Na parte teórica foram discutidos os seguintes temas: importância do ciclo celular, fases da mitose, alterações do ciclo celular, consequências das alterações do ciclo celular, contaminantes ambientais, qualidade da água, ensaios de citogenotoxicidade para detecção de contaminantes e estudo de seus mecanismos de ação. Na parte prática, os alunos aprenderam a montar o ensaio de citogenotoxicidade com *A. cepa*, confeccionaram lâminas e compreenderam como a análise dessas lâminas deve ser realizada.

Brevemente, para avaliar os efeitos citotóxicos e genotóxicos dos pontos amostrais, sementes de *A. cepa* (2n= 16), variedade Baía Periforme (ISLA, de mesmo lote, taxa de germinação de 94%), não tratadas previamente com agrotóxicos, foram utilizadas nos ensaios. As sementes foram germinadas em placas de Petri contendo papel filtro umedecido com as amostras da água do rio. Utilizou-se água destilada como controle negativo e atrazina (20 mg L⁻¹) como controle positivo. Foram montadas 3 placas de Petri para cada tratamento (3 repetições).

As raízes obtidas foram analisadas quanto ao índice mitótico e à frequência de células aberrantes. Para cada tratamento, foram confeccionadas seis lâminas (2 de cada placa) e analisadas mil células por lâmina, totalizando 6.000 células avaliadas. Os dados foram submetidos a análise estatística por ANOVA, seguida do teste de Dunnet, adotando-se nível de significância de $p < 0,05$.

Posteriormente, os discentes participaram de um oficina cujo objetivo era a montagem de modelos tridimensionais de células, fases da mitose e das células com alterações cromossômicas. Capacitados, os discentes montaram diversos modelos sobre o ciclo celular. Ainda, dois jogos educativos (“Enigma Celular” e “Dominó Celular”) foram elaborados, com regras próprias. O material produzido foi integrado ao acervo do Laboratório de Ciências da EEEFM Professora Hosana Salles.

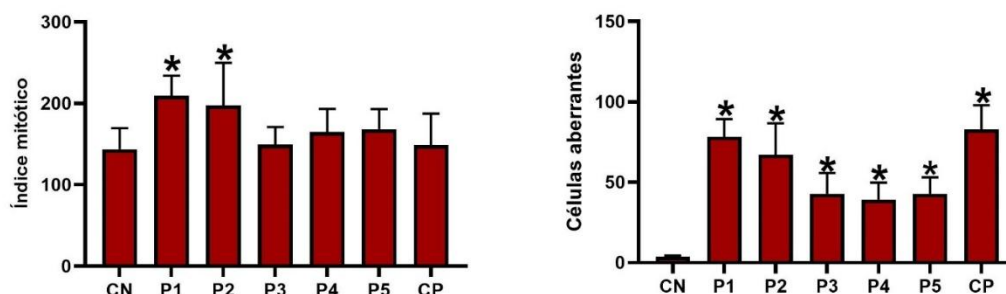
Resultados

As amostras de água do córrego Santa Fé provocaram efeitos distintos sobre o ciclo celular de *Allium cepa*. Observou-se que P1 e P2 promoveram aumento significativo do índice mitótico em relação ao controle negativo, indicando que a água desses pontos contém substâncias capazes de estimular a divisão celular (Figura 1). Esse efeito pode estar associado à presença de nutrientes em excesso ou compostos químicos que desencadeiam proliferação celular anormal, fenômeno descrito em ambientes contaminados por efluentes domésticos e agrícolas.

Além disso, todos os pontos de coleta (P1–P5) induziram aumento da frequência de células aberrantes em comparação ao controle (Figura 1). As aberrações mais frequentes foram micronúcleos, brotos nucleares, aderência cromossômica, anáfases multipolares e pontes cromossômicas (Figura 2). A presença de micronúcleos e brotos nucleares sugere que as células foram submetidas a estresse genotóxico, resultando em danos irreparáveis ao DNA. Já a formação de pontes cromossômicas e anáfases multipolares indica falhas na segregação cromossômica, possivelmente relacionadas a aneuploidias presentes na água.

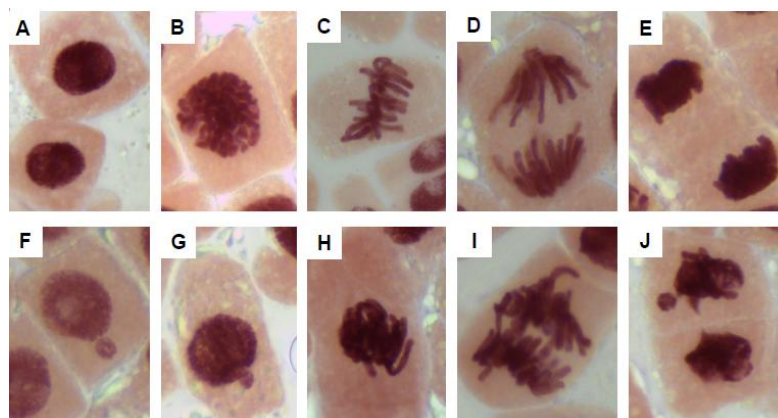
A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 1. Índice mitótico e frequência de células aberrantes em *A. cepa*, após exposição às amostras de água do córrego Santa Fé (pontos P1–P5), ao controle negativo (CN, água destilada) e ao controle positivo (CP, atrazina 20 mg L⁻¹). Os valores representam média $\pm$ desvio padrão. Diferença significativa em relação ao CN (ANOVA seguida de teste de Dunnet, $p < 0,05$).



Fonte: Os autores (2025).

Figura 2. Imagens representativas do ciclo celular de *A. cepa*. (A–D) Fases do ciclo celular: interfase (A), prófase (B), metáfase (C), anáfase (D) e telófase (E). (F–J) Alterações observadas: interfase com micronúcleo (F), broto nuclear (G), metáfase com aderência (H), anáfase com ponte cromossômica e cromossomos adiantados (I) e telófase com atraso e micronúcleo (J).



Fonte: Os autores (2025).

De forma complementar, os produtos educacionais desenvolvidos pelos estudantes incluíram modelos tridimensionais de célula eucariótica (Figura 3), representações do ciclo celular normal (Figura 4) e de células com alterações cromossômicas (Figura 5). Além disso, foram desenvolvidos dois jogos didáticos — *Enigma Celular* (Figura 6) e *Ciclo Celular Match* (Figura 7) —, que foram posteriormente testados pelos estudantes em sala de aula.

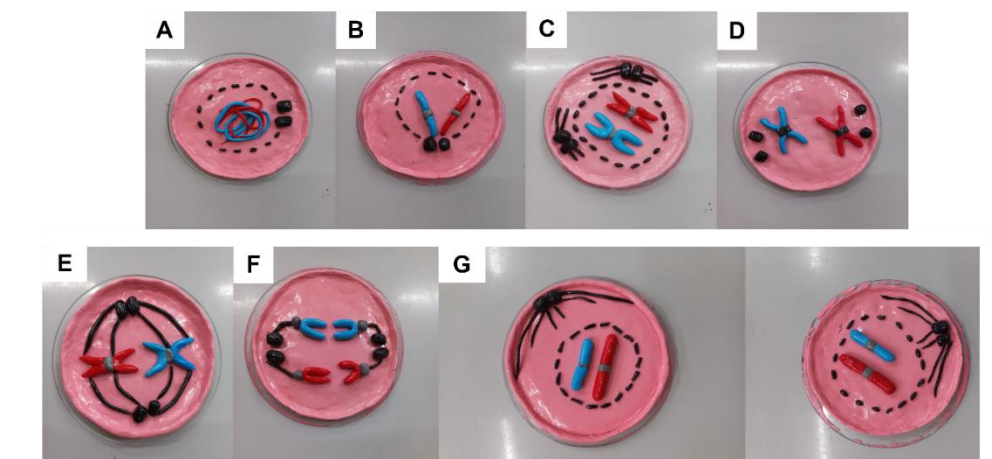
Figura 3. Modelo tridimensional de célula eucariótica evidenciando seus principais componentes: membrana plasmática, citoplasma, núcleo, retículo endoplasmático liso, retículo endoplasmático rugoso, complexo de Golgi, mitocôndrias, ribossomos e lisossomos.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO



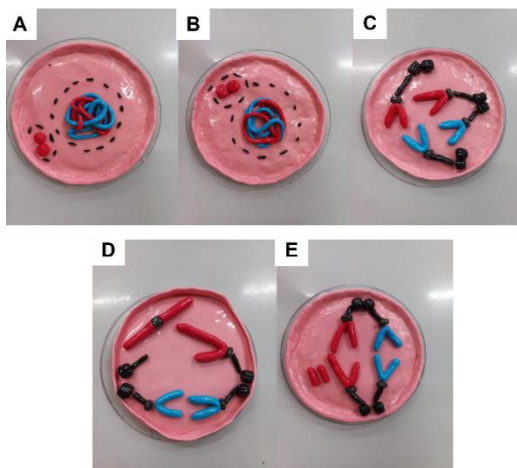
Fonte: Os autores (2025)

Figura 4. Modelos fases do ciclo celular. Interfase (A–C): duplicação do DNA e do centrôssomo. Prófase (D): condensação cromossômica e fragmentação do envoltório nuclear. Metáfase (E): cromossomos duplicados alinhados no centro da célula. Anáfase (F): separação das cromátides-irmãs. Telófase (G): reorganização do envoltório nuclear, descondensação cromossômica e citocinese.



Fonte: Os autores (2025)

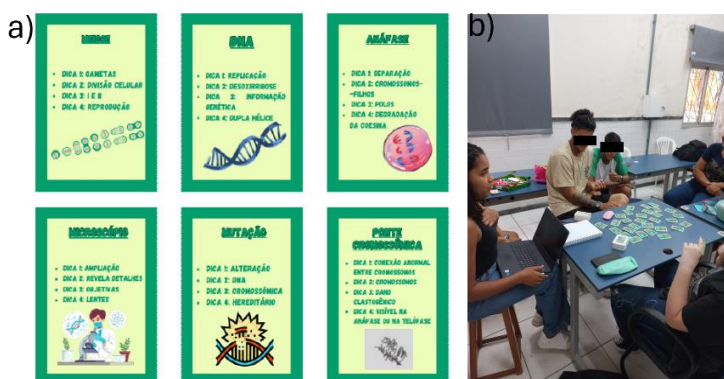
Figura 5. Representação em modelo didático de células com alterações cromossômicas. (A) Micronúcleo. (B) Broto nuclear. (C) Anáfase multipolar. (D) Perda cromossômica. (E) Quebra cromossômica.



Fonte: Os autores (2025).

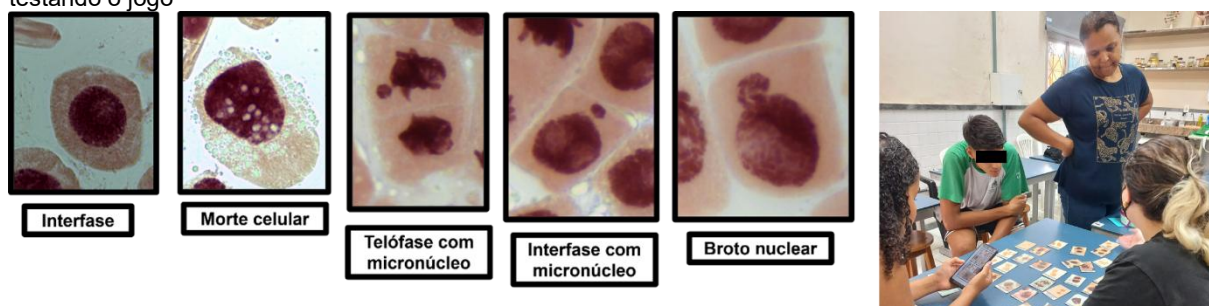
A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Figura 6. a) Cartas do jogo didático “Enigma celular”. O objetivo é a identificação, a partir de dicas, de estruturas celulares, fases do ciclo celular ou alterações decorrentes da exposição a agentes genotóxicos e/ou mutagênicos. O baralho contém 30 cartas. b) estudantes testando o jogo.



Fonte: Os autores (2025).

Figura 7. Exemplos de pares formados no jogo *Ciclo celular match* (imagem + descrição da imagem) e estudantes testando o jogo.



Fonte: Os autores (2025).

Todos os conceitos trabalhados foram discutidos ao longo do projeto. Os modelos didáticos foram doados para a escola e são utilizados nas turmas do ensino médio. Os bolsistas apresentaram os resultados para outros alunos da EEEFM Professora Hosana Salles e para pesquisadores avaliadores da FAPES, que aprovaram o projeto ao constatarem o envolvimento e aprendizado dos estudantes.

Discussão

Os resultados evidenciam que o córrego Santa Fé apresenta contaminação ambiental, refletida na indução de alterações citogenéticas em *A. cepa*. O aumento do índice mitótico em P1 e P2 sugere a presença de substâncias com efeito proliferativo, fenômeno também relatado por Leme e Marin-Morales (2009) em águas impactadas por descargas agrícolas. Embora o aumento do índice mitótico seja, à primeira vista, indicativo de maior atividade celular, esse processo pode representar um mecanismo compensatório frente a danos genéticos, levando a uma proliferação descontrolada.

A alta frequência de alterações cromossômicas em todos os pontos avaliados reforça a hipótese de poluição antrópica, corroborando estudos como os de Souza et al. (2021), que identificaram efeitos semelhantes em águas contaminadas por rejeitos de mineração, e Miranda et al. (2023), que demonstraram que misturas de pesticidas em concentrações ambientalmente relevantes elevam significativamente a frequência de micronúcleos e pontes cromossômicas. No entanto, enquanto esses trabalhos apontaram redução do índice mitótico em alguns tratamentos, no presente estudo houve aumento em determinados pontos, possivelmente explicado por diferenças na natureza dos poluentes, sazonalidade da coleta ou sinergismo entre contaminantes locais.

Do ponto de vista educacional, a integração entre prática experimental e recursos lúdicos representou um diferencial importante. Os estudantes não apenas observaram as fases normais do

ciclo celular e suas alterações, como também construíram modelos didáticos e testaram jogos que auxiliaram na consolidação do aprendizado. Essa abordagem se alinha a Silva et al. (2018) e Souza Neto e Lacerda (2022), que defendem metodologias ativas como estratégias eficazes para tornar o ensino mais atrativo e contextualizado.

Portanto, o presente trabalho não apenas evidencia a contaminação do córrego Santa Fé, mas também demonstra que práticas investigativas, aliadas a recursos didáticos criativos, podem promover uma aprendizagem significativa, unindo conceitos científicos a problemas ambientais reais da comunidade.

Conclusão

A aplicação de bioensaios com *Allium cepa* revelou efeitos genotóxicos da água do córrego Santa Fé, evidenciando a presença de contaminantes ambientais. A estratégia pedagógica, baseada em investigação científica e produção de recursos didáticos, mostrou-se eficaz para o ensino do ciclo celular e promoveu a conscientização ambiental entre os estudantes. Conclui-se que a integração entre ciência e realidade local potencializa a aprendizagem de conteúdos complexos, desperta a vocação científica e contribui para a formação cidadã.

Agradecimentos

Esse trabalho foi financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – 266/2024 – 2024-3VGSZ

Referências

ALBERTS, B. et al. **Molecular biology of the cell**. 6. ed. New York: Garland Science, 2015.

GALTER, I. C. et al. **Water assessment of the Itapemirim River: abiotic and toxicogenetic aspects**. Environmental Science and Pollution Research, [S. l.], v. 28, p. 10175–10191, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-11116-0>. Acesso em: 1 set. 2025.

GHOSH, M. et al. **MWCNT uptake in Allium cepa root cells induces cytotoxic and genotoxic responses and results in DNA hypermethylation**. Mutation Research, [S. l.], v. 774, p. 49–58, 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mrfmmm.2015.03.004>. Acesso em: 1 set. 2025.

LEME, D. M.; MARIN-MORALES, M. A. **Allium cepa test in environmental monitoring: a review on its application**. Mutation Research, [S. l.], v. 682, p. 71–81, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2009.06.002>. Acesso em: 1 set. 2025.

LIMA, M. S. et al. **O ensino do ciclo celular em uma perspectiva investigativa**. In: ALMEIDA, P. M.; MARTINS, F. A. (org.). Pesquisa e desenvolvimento de abordagens para o ensino de biologia. Ponta Grossa: Atena, 2020. p. 15–34.

MIRANDA, D. et al. **Phytotoxicity and cytogenotoxicity of pesticide mixtures: analysis of the effects of environmentally relevant concentrations on the aquatic environment**. Environmental Science and Pollution Research, [S. l.], v. 30, p. 112117–112131, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-30100-y>. Acesso em: 1 set. 2025.

SILVA, E. A. et al. **Modelização didática como possibilidade de aprendizagem sobre divisão celular no ensino fundamental**. Revista Thema, [S. l.], v. 15, p. 1376–1386, 2018.

SOUZA, V. C. et al. **Cytogenotoxicity of the water and sediment of the Paraopeba River immediately after the iron ore mining dam disaster (Brumadinho, Minas Gerais, Brazil)**. Science of the Total Environment, [S. l.], v. 775, p. 145193, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145193>. Acesso em: 1 set. 2025.

SOUZA NETO, A. R.; LACERDA, R. B. **Jogos didáticos no ensino de Biologia: potencialidades e desafios**. Revista de Ensino de Ciências e Matemática, [S. l.], v. 13, n. 4, p. 112–126, 2022.



XXIX INIC
Encontro Latino-Americano
de Iniciação Científica

XXV EPG
Encontro Latino-Americano
de Pós-Graduação

XIX INIC Jr.
Encontro Latino-Americano
de Iniciação Científica Júnior

VENEXUN
Encontro Nacional
de Extensão Universitária

XV INID
Encontro Nacional
de Iniciação em Docência

*A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO***

WHO - World Health Organization. Environmental Health Criteria 5 (1985) Guide to short-term tests for detecting mutagenic and carcinogenic chemicals. Geneva, p 208. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/29495>