

Estado da publicação: O preprint não foi publicado em outro meio.

# Epigenética e Paradigma Biocêntrico: Fundamentos Biológicos para uma Transição Educacional na Era da Crise Ambiental

Thiago de Castro Nobre

<https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.15287>

Submetido em: 2026-03-04

Postado em: 2026-03-09 (versão 1)

(AAAA-MM-DD)

**Epigenética e Paradigma Biocêntrico:  
Fundamentos Biológicos para uma Transição Educacional  
na Era da Crise Ambiental**

*Epigenetics and the Biocentric Paradigm: Biological Foundations for an Educational Transition in the Age of Environmental Crisis*

**NOBRE, Thiago de Castro**  
Doutorando em Educação – Universidad Nacional de Rosario (UNR)  
ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7665-5585>

**Resumo**

Nas últimas décadas, a epigenética consolidou evidências de que a expressão gênica é modulada por fatores ambientais, sociais e comportamentais, superando o paradigma clássico do determinismo genético. Este artigo apresenta uma análise teórico-conceitual interdisciplinar que investiga como os fundamentos da regulação epigenética oferecem base científica para repensar modelos educacionais contemporâneos no contexto da crise ambiental global. Argumenta-se que a interdependência funcional entre organismo e ambiente, demonstrada em estudos sobre estresse, plasticidade fenotípica e herança epigenética, sustenta a necessidade de um paradigma educacional alinhado à integridade ecológica. A educação é interpretada como ambiente simbólico-social modulador, capaz de influenciar indiretamente determinantes epigenéticos associados à saúde populacional. Conclui-se que o paradigma biocêntrico emerge como hipótese ética coerente com a realidade biológica contemporânea, não como derivação determinista, mas como inferência fundamentada na interdependência sistêmica da vida.

**Palavras-chave:** Epigenética; Biocentrismo; Regulação Gênica; Educação Ambiental; Saúde Planetária.

## **Abstract**

In recent decades, epigenetics has consolidated evidence that gene expression is modulated by environmental, social, and behavioral factors, overcoming the classic paradigm of genetic determinism. This article presents an interdisciplinary theoretical-conceptual analysis that investigates how the foundations of epigenetic regulation offer a scientific basis for rethinking contemporary educational models in the context of the global environmental crisis. It is argued that the functional interdependence between organism and environment, demonstrated in studies on stress, phenotypic plasticity, and epigenetic inheritance, supports the need for an educational paradigm aligned with ecological integrity. Education is interpreted as a modulating symbolic-social environment, capable of indirectly influencing epigenetic determinants associated with population health. It concludes that the biocentric paradigm emerges as an ethical hypothesis coherent with contemporary biological reality, not as a deterministic derivation, but as an inference based on the systemic interdependence of life.

**Keywords:** Epigenetics; Biocentrism; Gene Regulation; Environmental Education; Planetary Health.

## **1. Introdução — Além do Determinismo Genético**

Durante grande parte do século XX, o paradigma biológico dominante foi estruturado sob a lógica do determinismo genético, segundo a qual o DNA constituiria um programa fixo e autossuficiente para o desenvolvimento dos organismos. Essa concepção consolidou a ideia de que a herança genética operaria de maneira linear, estabelecendo o genótipo como destino. Contudo, avanços nas ciências biológicas nas últimas décadas — especialmente no campo da epigenética — demonstraram que a expressão gênica é modulada por fatores ambientais, nutricionais, sociais e emocionais. Mecanismos como metilação do DNA, modificações de histonas e regulação por RNA não codificante evidenciam que o ambiente atua como regulador dinâmico da atividade genética.

A epigenética não altera a sequência do DNA; altera a forma como genes são ativados ou silenciados. Em termos sistêmicos, isso implica que o organismo é biologicamente sensível ao contexto ecológico e social em que está inserido. No contexto da crise climática global, essa compreensão adquire relevância ampliada. Se o ambiente molda a expressão gênica, então degradações ecológicas e instabilidades sociais podem repercutir sobre trajetórias biológicas individuais e coletivas. A problemática deixa de ser exclusivamente ambiental e torna-se também biomolecular.

A presente investigação, de natureza teórico-conceitual e interdisciplinar, propõe analisar como os fundamentos da epigenética oferecem suporte científico para a reflexão sobre a emergência de um paradigma educacional biocêntrico. Não se trata de afirmar que a biologia determina a ética, mas de reconhecer que a interdependência molecular entre organismo e ambiente torna epistemologicamente frágil a manutenção de um modelo educacional baseado na dissociação entre humanidade e natureza.

### **1.1 Procedimentos Metodológicos**

Para estruturar esta investigação, adotou-se como delineamento metodológico a revisão narrativa interdisciplinar, conduzida sob um enquadramento epistemológico fundamentado na Teoria da Complexidade e na Biologia Sistêmica (CAPRA, 1996; LEWONTIN, 2002). A busca bibliográfica foi realizada consultando as bases de dados *PubMed*, *Scopus* e *SciELO*, considerando publicações editadas entre os anos de 2000 e 2026. A seleção bibliográfica priorizou estudos seminais e revisões recentes de alto

impacto — em periódicos como *Nature Reviews Genetics* e *The Lancet Planetary Health* — sobre regulação epigenética, herança não genética e saúde planetária.

A análise dos dados operou-se por meio de uma abordagem hermenêutica, buscando não a causalidade mecanicista entre biologia e sociedade, mas a inferência estrutural sobre como o ambiente (em suas dimensões ecológica e escolar) atua como matriz moduladora do desenvolvimento humano.

## **2. Epigenética e Ontologia da Interdependência**

### **2.1 Regulação Gênica Dependente do Ambiente**

Estudos conduzidos por Michael Meaney e Moshe Szyf demonstraram que padrões de cuidado materno em modelos animais influenciam a metilação de genes associados ao eixo hipotálamo-hipófise-adrenal, modulando respostas ao estresse ao longo da vida. Esses achados evidenciam que experiências ambientais podem alterar perfis epigenéticos estáveis. Pesquisas em herança epigenética, como as discutidas por Eva Jablonka e Marion Lamb, ampliaram a compreensão de que mecanismos não genéticos participam da transmissão de traços entre gerações. Tais evidências indicam que o organismo humano não é biologicamente isolado, mas funcionalmente interdependente de seu ambiente físico e social.

### **2.2 Estresse Ambiental e Plasticidade Adaptativa**

O estresse ambiental — seja decorrente de poluição, insegurança alimentar ou instabilidade social — atua como sinal regulatório capaz de ativar ou silenciar vias metabólicas e neuroendócrinas. Conforme discutido por Robert Sapolsky, o estresse crônico pode gerar efeitos deletérios quando prolongado, mas respostas adaptativas podem emergir quando o organismo dispõe de recursos regulatórios adequados. Em termos analíticos, essa dinâmica dialoga com a Teoria da Dor Benfeitora (NOBRE, 2025), segundo a qual crises podem catalisar reorganizações estruturais quando metabolizadas por sistemas regulatórios eficientes. No plano biológico, tal reorganização ocorre por meio da plasticidade epigenética.

Essa dinâmica permite uma leitura ampliada das crises contemporâneas. Nem todo estresse conduz à reorganização benéfica; respostas biológicas podem ser adaptativas ou patológicas, dependendo da intensidade, duração e capacidade regulatória do sistema. A Teoria da Dor Benfeitora, nesse contexto, não descreve o sofrimento como fenômeno redentor em si, mas como potencial catalisador de reorganização quando metabolizado por estruturas institucionais e culturais adequadas. Assim, a plasticidade epigenética oferece um paralelo biológico para compreender como sistemas — individuais ou coletivos — podem transformar tensão em reestruturação funcional.

### **3. Intergeracionalidade e Responsabilidade Sistêmica**

Evidências robustas, consolidadas em revisões recentes da *Nature Reviews Genetics* (SKINNER, 2020), sugerem que exposições ambientais podem influenciar padrões de regulação gênica com possíveis repercussões intergeracionais. Estudos sobre desnutrição, trauma e exposição a toxinas demonstram que ambientes adversos podem deixar marcas epigenéticas detectáveis, reconfigurando a biologia do desenvolvimento.

#### **4. Educação como Ambiente Modulador Simbólico-Social**

Embora a educação não atue diretamente sobre a sequência genética, ela estrutura contextos sociais, emocionais e ecológicos que influenciam determinantes epigenéticos conhecidos, como estresse crônico, qualidade nutricional e coesão comunitária. Sob essa perspectiva, a educação pode ser compreendida como mecanismo cultural de metabolização das tensões civilizatórias. Se crises ambientais e sociais atuam como estressores sistêmicos, o ambiente educacional constitui espaço institucional de interpretação, regulação simbólica e reorganização cognitiva dessas pressões. Ao estruturar valores, narrativas e competências socioemocionais, a educação influencia indiretamente determinantes associados à saúde coletiva e à resiliência intergeracional.

Modelos educacionais fragmentados e dissociados da realidade ecológica tendem a reproduzir ambientes de insegurança estrutural e alienação ambiental. A literatura empírica e publicações de referência global, como o *The Lancet Planetary Health* (HICKMAN et al., 2021) e relatórios da Organização Mundial da Saúde (OMS, 2022), alertam para uma escalada sem precedentes nos índices de adoecimento mental infanto-juvenil, impulsionados pela "eco-ansiedade" e pela hiperpressão de um modelo escolar voltado exclusivamente para a produtividade instrumental. O estresse escolar crônico atua, biologicamente, como um inibidor da plasticidade neural saudável.

Em contrapartida, abordagens orientadas pelo letramento ecológico e pela integração sistêmica convertem a escola em um "fator de proteção". Ao promover metodologias ativas e o contato direto com a resolução de problemas territoriais, a educação biocêntrica reduz a carga alostática (desgaste gerado pelo estresse crônico) dos estudantes, configurando-se não apenas como uma diretriz pedagógica, mas como uma intervenção primária de saúde pública.

## **5. Limitações e Precauções Interpretativas**

Para que o cruzamento interdisciplinar proposto não incorra em reducionismos teóricos, é imperativo estabelecer contornos epistemológicos rigorosos. Primeiramente, deve-se reconhecer que a literatura sobre herança epigenética transgeracional possui evidências altamente consolidadas em modelos animais, porém, sua transposição metodológica para humanos ainda é um campo científico em fase de consolidação. Extrapolar mecanicamente essas descobertas para a complexidade social configuraria um determinismo biológico precipitado.

Em segundo lugar, a relação estabelecida entre regulação epigenética, transição educacional e biocentrismo atua no campo da inferência epistemológica, e não da causalidade linear direta. A educação não altera o DNA; ela atua como um mediador institucional que formata as exposições ambientais (nutrição, nível de estresse, percepção de ameaça) que, estas sim, sinalizam aos mecanismos epigenéticos. A hipótese biocêntrica aqui defendida, portanto, serve-se da biologia sistêmica como metáfora heurística e suporte empírico indireto, não como um ditame mecanicista.

## **6. Convergência com o Paradigma Biocêntrico**

A interdependência funcional demonstrada pela epigenética não impõe uma ética específica. Contudo, torna epistemologicamente incoerente a manutenção de um modelo educacional baseado na separação rígida entre humanidade e natureza. Não se trata de derivar normatividade diretamente da biologia, mas de reconhecer que modelos educacionais dissociados da integridade ecológica ignoram evidências empíricas sobre a co-regulação organismo-ambiente. O biocentrismo emerge, nesse cenário, como hipótese paradigmática coerente com a realidade biológica contemporânea. Ao reconhecer a vida como eixo organizador, alinha-se à evidência científica de que a sobrevivência humana depende da integridade dos sistemas ecológicos.

## **7. Conclusão — Educação, Responsabilidade e Futuro**

A superação do determinismo genético revelou que o ambiente desempenha papel decisivo na regulação da vida. A convergência entre epigenética e teoria sistêmica indica que crises não operam apenas como eventos disruptivos, mas como pontos críticos de reorganização. Contudo, a direção dessa reorganização não é biologicamente garantida. Ela depende da qualidade dos ambientes institucionais, culturais e educacionais que mediam a resposta coletiva aos estressores ambientais.

Em um contexto de crise ambiental global, tal compreensão impõe reconsideração profunda dos fundamentos educacionais. Se contextos ecológicos influenciam trajetórias biológicas, então decisões educacionais e ambientais assumem dimensão intergeracional. A transição para um paradigma educacional alinhado à integridade da vida não se apresenta como imposição biológica, mas como resposta racional à evidência da interdependência sistêmica.

Ignorar a interdependência biológica na formulação educacional não é apenas um equívoco filosófico, mas uma incongruência científica.

## Referências

CAPRA, F. *A teia da vida: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos*. São Paulo: Cultrix, 1996.

HICKMAN, C. et al. Climate anxiety in children and young people and their beliefs about government responses: a global survey. *The Lancet Planetary Health*, v. 5, n. 12, p. e863-e873, 2021.

JABLONKA, E.; LAMB, M. J. *Evolution in four dimensions*. MIT Press, 2005.

LEWONTIN, R. C. *A tripla hélice: gene, organismo e ambiente*. São Paulo: Companhia das Letras, 2002.

MEANEY, M. J. Epigenetics and the biological definition of gene × environment interactions. *Child Development*, v. 81, n. 1, p. 41–79, 2010.

NOBRE, T. de C. A transição inadiável: Do colapso antropocêntrico ao paradigma educacional biocêntrico no contexto da crise climática. *SciELO Preprints*, 2026.

NOBRE, T. de C. Teoria da dor benfeitora e da reorganização evolutiva. *SciELO Preprints*, 2026.

OMS – Organização Mundial da Saúde. *Mental health and Climate Change: Policy Brief*. Genebra: WHO, 2022.

SAPOLSKY, R. M. *Why zebras don't get ulcers*. Holt Paperbacks, 2004.

SKINNER, M. K. Environmental epigenetics and a unified theory of the developmental origins of health and disease. *Nature Reviews Genetics*, v. 21, n. 4, p. 238-250, 2020.

### **Declaração de Disponibilidade de Dados**

Os dados e conceitos que fundamentam os argumentos desta pesquisa qualitativa e teórico-conceitual estão integralmente contidos no manuscrito e nas referências bibliográficas listadas. Não há conjuntos de dados quantitativos ou códigos externos associados a este artigo.

### **Declaração de Conflito de Interesses**

O autor declara não haver qualquer tipo de conflito de interesses (financeiro, acadêmico, pessoal ou político) na condução e redação desta pesquisa.

## Este preprint foi submetido sob as seguintes condições:

- Os autores declaram que os necessários Termos de Consentimento Livre e Esclarecido de participantes ou pacientes na pesquisa foram obtidos e estão descritos no manuscrito, quando aplicável.
- Os autores declaram que a elaboração do manuscrito seguiu as normas éticas de comunicação científica.
- Os autores declaram que estão cientes que são os únicos responsáveis pelo conteúdo do preprint e que o depósito no SciELO Preprints não significa nenhum compromisso de parte do SciELO, exceto sua preservação e disseminação.
- Os autores declaram que os dados, aplicativos e outros conteúdos subjacentes ao manuscrito estão referenciados.
- O manuscrito depositado está no formato PDF.
- Os autores declaram que a pesquisa que deu origem ao manuscrito seguiu as boas práticas éticas e que as necessárias aprovações de comitês de ética de pesquisa, quando aplicável, estão descritas no manuscrito.
- Os autores declaram que uma vez que um manuscrito é postado no servidor SciELO Preprints, o mesmo só poderá ser retirado mediante pedido à Secretaria Editorial do SciELO Preprints, que afixará um aviso de retratação no seu lugar.
- Os autores concordam que o manuscrito aprovado será disponibilizado sob licença [Creative Commons CC-BY](#).
- O autor submissor declara que as contribuições de todos os autores e declaração de conflito de interesses estão incluídas de maneira explícita e em seções específicas do manuscrito.
- Os autores declaram que o manuscrito não foi depositado e/ou disponibilizado previamente em outro servidor de preprints ou publicado em um periódico.
- Caso o manuscrito esteja em processo de avaliação ou sendo preparado para publicação mas ainda não publicado por um periódico, os autores declaram que receberam autorização do periódico para realizar este depósito.
- O autor submissor declara que todos os autores do manuscrito concordam com a submissão ao SciELO Preprints.