

APRENDENDO COM CIBORGUES NO ENSINO DE BIOLOGIA: INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL CONTRA DICOTOMIAS EM TEMPOS DE ANTROPOCENO**LEARNING WITH CYBORGS IN BIOLOGY EDUCATION: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AGAINST DICHOTOMIES IN THE ANTHROPOCENE****APRENDIENDO CON CIBORGUES EN LA ENSEÑANZA DE BIOLOGÍA: INTELIGENCIA ARTIFICIAL CONTRA DICOTOMÍAS EN TIEMPOS DEL ANTROPOCENO**

Ricardo André de Medeiros Maciel¹, Ana Amélia Amorim Carvalho²

Resumo

Este artigo analisa como a metáfora do ciborgue, proposta por Donna Haraway, pode ser articulada ao uso da Inteligência Artificial (IA) no ensino de Biologia para superar dicotomias tradicionais, promovendo práticas pedagógicas mais integradas no contexto do Antropoceno. Adotou-se uma metodologia qualitativa de análise teórico-conceitual, fundamentada em revisão bibliográfica e exemplificação prática com narrativas interativas e imagens especulativas geradas por IA. Os dados analisados demonstram que a IA, enquanto recurso pedagógico, amplia as possibilidades de fabulação especulativa, hibridismo e reflexão crítica. Conclui-se que a integração da IA favorece uma transformação ontológica (não moderna) no ensino de Biologia, potencializando a formação de sujeitos críticos e preparados para enfrentar os desafios éticos e ecológicos contemporâneos.

Palavras-chave: Antropoceno; Ensino de Biologia; Inteligência Artificial; Metáfora do Ciborgue; Práticas Pedagógicas Inovadoras.

Abstract

This article analyzes how the cyborg metaphor, proposed by Donna Haraway, can be articulated with the use of Artificial Intelligence (AI) in biology education to overcome traditional dichotomies, promoting more integrated pedagogical practices in the context of the Anthropocene. A qualitative methodology of theoretical-conceptual analysis was adopted, based on a literature review and practical exemplification through interactive narratives and speculative images generated by AI. The analyzed data demonstrate that AI, as a pedagogical resource, expands the possibilities for speculative fabulation, hybridity, and critical reflection. It is concluded that the integration of AI fosters an ontological transformation in biology education, enhancing the development of critical subjects prepared to face contemporary ethical and ecological challenges.

Keywords: Anthropocene; Biology Education; Artificial Intelligence; Cyborg Metaphor; Innovative Pedagogical Practices.

Resumen

Este artículo analiza cómo la metáfora del ciborgue, propuesta por Donna Haraway, puede articularse con el uso de la Inteligencia Artificial (IA) en la enseñanza de Biología para superar dicotomías, promoviendo prácticas pedagógicas más integradas en el contexto del Antropoceno. Se adoptó una metodología cualitativa de análisis teórico-conceptual, fundamentada en la revisión bibliográfica y en la ejemplificación práctica mediante narrativas interactivas e imágenes especulativas generadas por IA. Los datos analizados demuestran que la IA, como recurso pedagógico, amplía las posibilidades de fabulación especulativa, hibridismo y reflexión crítica. Se concluye que la integración de la IA favorece una transformación ontológica en la enseñanza de Biología, potenciando la formación de sujetos críticos y preparados para enfrentar los desafíos éticos y ecológicos contemporáneos.

Palabras clave: Antropoceno; Enseñanza de la Biología; Inteligencia Artificial; Metáfora del Ciborgue; Práticas Pedagógicas Innovadoras.

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), Natal, RN, Brasil. E-mail: prof.ricardomaciel@gmail.com

² Universidade de Coimbra, Faculdade de Psicologia e de Ciências da Educação (FPCE-UC), Coimbra, Portugal. E-mail: anaameliac@fpce.uc.pt

1. Introdução

O conceito de Antropoceno marca uma inflexão profunda na forma como entendemos a relação entre humanidade e natureza. Esse termo pode ser definido como a era em que a ação humana se tornou a principal força transformadora dos sistemas terrestres. Caracteriza-se pela interferência maciça nas dinâmicas naturais, como alterações climáticas, degradação da biodiversidade, poluição atmosférica e acidificação dos oceanos (Crutzen; Stoermer, 2000; Steffen; Crutzen; McNeill, 2007). Essa condição evidencia que as fronteiras antes consideradas naturais estão profundamente imbricadas com as atividades humanas, suscitando novos desafios para a educação científica. Fenômenos como mudanças climáticas extremas, desastres ambientais e pandemias globais mostram a gravidade sistêmica da crise (Intergovernmental Panel On Climate Change, 2023).

Sobre o termo “Antropoceno”: reconhecemos as controvérsias geológicas e conceituais em curso sobre a formalização do termo (Anthropocene Working Group, 2024) e as disputas por denominações como Capitaloceno e Chthuluceno. Neste artigo mantemos “Antropoceno” por sua circulação no Ensino de Biologia e por sua potência heurística para problematizar desigualdades socioambientais e ontologias híbridas no cotidiano escolar; a opção é pedagógica e situada — em diálogo com “fazer parentesco” de Haraway (Haraway, 2006).

Neste artigo, argumentamos que tais diagnósticos exigem também **currículos não-modernos** no Ensino de Biologia — isto é, modos de ensinar e aprender que recusam a ontologia moderna purista (natureza/cultura, humano/máquina, sujeito/objeto) e apostam em composições híbridas entre saberes, corpos e tecnologias. Pensar currículos não-modernos é compreender o ensino como prática de coexistência e de invenção de mundos, onde os conteúdos de Biologia emergem de relações situadas entre humanos, não-humanos e técnicas (Latour, 2005; Descola, 2005; Haraway, 2006).

No ensino das ciências naturais, o reconhecimento do Antropoceno exige uma revisão dos conteúdos e das metodologias tradicionais, que frequentemente se baseiam em uma visão fragmentada e dicotômica do mundo. Torna-se necessário adotar abordagens pedagógicas que promovam uma compreensão sistêmica das relações entre sociedade, natureza e tecnologia, incentivando a reflexão crítica sobre os impactos das ações humanas e a busca por soluções sustentáveis e éticas para a manutenção da vida no planeta (Lindenmaier; Chitolina, 2020).

As práticas escolares ainda mobilizam fronteiras rígidas (natureza/cultura; humano/máquina), o que fragmenta conteúdos e relações — especialmente quando olhamos os desafios do Antropoceno. A separação entre natureza e cultura sustenta a ideia de que os fenômenos naturais são independentes das ações humanas, o que dificulta a compreensão das complexas interações que marcam o mundo contemporâneo, especialmente no contexto do Antropoceno (Descola, 2005). Do mesmo modo, a oposição entre o orgânico e o artificial reforça a visão de que os sistemas biológicos são puros e intocados, enquanto as tecnologias são entidades externas e potencialmente disruptivas (Haraway, 1991).

No currículo moderno centrado em fronteiras natureza/cultura e em transmissão de conteúdos, tais dicotomias conduzem à fragmentação do conhecimento, dificultando a percepção da interdependência entre seres vivos, ambientes e artefatos tecnológicos. A distinção entre humano e máquina, por sua vez, ignora a crescente integração entre biologia e tecnologia, exemplificada pelas biotecnologias, pela cibernética e pela própria Inteligência Artificial (Hayles, 1999). Essa visão reducionista limita a formação de estudantes críticos e preparados para lidar com os desafios sistêmicos e complexos do século XXI.

Superar essas dicotomias implica adotar uma perspectiva mais holística e interconectada, capaz de reconhecer a constituição híbrida dos sistemas contemporâneos. O ensino de ciências, e particularmente o de Biologia, deve favorecer abordagens que contemplem a fluidez das fronteiras entre natureza, cultura e tecnologia, promovendo uma compreensão mais abrangente e crítica dos fenômenos biológicos e ambientais (Haraway, 1991; Latour, 2005).

O ensino de Biologia, tradicionalmente, tem se apoiado em modelos pedagógicos baseados em dicotomias estanques, como a separação entre natureza e cultura, entre humanos e outros seres vivos, ou ainda entre organismos e máquinas. Essas distinções, embora úteis para fins classificatórios, limitam a compreensão integrada dos sistemas vivos e suas interações complexas (Sá-Silva et al., 2019). No contexto do Antropoceno, torna-se imprescindível superar tais reducionismos, promovendo abordagens que reconheçam a interdependência entre seres humanos, não humanos e as tecnologias (Dürbeck; Schaumann; Sullivan, 2015).

É nesse cenário que a metáfora do ciborgue, proposta por Donna Haraway em seu Manifesto Ciborgue (2006), se apresenta como um recurso teórico potente para subverter as dicotomias tradicionais. O ciborgue representa uma figura híbrida, que recusa as fronteiras rígidas entre o natural e o artificial, o orgânico e o tecnológico. Para Haraway, o ciborgue não é apenas uma figura científica ou ficcional, mas um potente recurso político e ontológico para repensar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, promovendo uma visão mais integrada e crítica dessas interações no contexto educacional e cultural contemporâneo. Ao incorporar essa perspectiva, o ensino de Biologia pode favorecer novas formas de pensar e representar as interações entre seres e ambientes, abrindo espaço para práticas pedagógicas mais complexas, críticas e criativas.

O pensamento de Donna Haraway contribui significativamente para a superação das dicotomias ao propor uma visão relacional e híbrida da existência, que rejeita categorizações fixas e fronteiras rígidas entre natureza e cultura, humano e máquina, orgânico e artificial (Haraway, 2006). Haraway enfatiza a necessidade de reconhecer as interações e interdependências entre seres e tecnologias como parte constitutiva das realidades contemporâneas (Haraway, 1991). Sua proposta convida educadores e pesquisadores a adotar abordagens mais flexíveis e críticas, que considerem as múltiplas conexões entre ciência, tecnologia e sociedade. No campo do ensino de Biologia, essa perspectiva abre espaço para práticas pedagógicas que valorizem a complexidade e a fluidez dos sistemas vivos e

tecnológicos, promovendo uma educação mais situada e responsiva aos desafios do Antropoceno.

A ideia de híbridos e interconexões possui um enorme potencial educativo ao oferecer uma perspectiva que ultrapassa as dicotomias tradicionais, incentivando a compreensão das múltiplas relações entre organismos, ambientes e tecnologias. No contexto do ensino de Biologia, valorizar essa concepção significa promover abordagens que reconheçam a complexidade dos sistemas vivos como redes dinâmicas compostas por elementos naturais, sociais e técnicos. Essa visão permite que estudantes explorem a Biologia não apenas como um conjunto de conteúdos isolados, mas como um campo que dialoga com outras áreas do conhecimento e com questões éticas, políticas e ambientais contemporâneas (Haraway, 1991; Latour, 2005). Assim, a pedagogia inspirada na ideia de híbridos contribui para sustentar decisões situadas em dilemas ético-ecológicos, articulando saberes locais, dados científicos e responsabilização coletiva em sala de aula.

Contra a ontologia moderna purista (Latour; Descola), propomos práticas curriculares que assumem hibridizações e “fazer parentesco” (Haraway) como caminho para ensinar Biologia em mundos feridos – isto é, mundos atravessados por danos socioecológicos, rupturas territoriais, extinções e desigualdades que marcam o Antropoceno, mas também mundos onde persistem relações de cuidado, coabitação e reinvenção.

A integração da Inteligência Artificial como recurso pedagógico, nesse sentido, não deve ser entendida apenas como uma inovação técnica, mas como uma oportunidade de transformação ontológica. Por meio da IA, é possível criar ambientes de aprendizagem que favoreçam a especulação, a fabulação e a experimentação de novos modos de existência, articulando seres humanos, não humanos e máquinas em redes de significado mais complexas e responsivas às demandas do Antropoceno (Silveira; Junior, 2019).

A Inteligência Artificial generativa apresenta diversas potencialidades pedagógicas para o ensino de Biologia, especialmente no contexto do Antropoceno, onde se busca superar dicotomias tradicionais (Carbajo-Núñez, 2024). Ferramentas como ChatGPT, Gemini e outras plataformas baseadas em aprendizado profundo permitem a criação de textos, imagens e simulações que expandem as possibilidades de fabulação e especulação científica em ambientes educacionais.

Esses recursos podem ser utilizados para estimular a imaginação dos estudantes, promovendo a construção de cenários híbridos que exploram interações entre seres humanos, não humanos e artefatos tecnológicos. Além disso, a IA possibilita a personalização do aprendizado, criando materiais adaptados aos interesses e níveis de compreensão dos alunos. Por meio da geração de conteúdos inovadores, a IA favorece práticas pedagógicas que rompem com o currículo moderno baseado em dicotomias e em transmissão de conteúdos, incentivando uma abordagem mais integrada, reflexiva e crítica sobre os fenômenos biológicos e suas inter-relações com as tecnologias contemporâneas (Castellani et al., 2024).

Modelos generativos de Inteligência Artificial são sistemas baseados em redes neurais profundas que aprendem padrões a partir de grandes volumes de dados e, posteriormente, são capazes de gerar novos conteúdos que imitam essas estruturas aprendidas (Goodfellow; Bengio; Courville, 2016). Dentre os principais modelos destacam-se as redes transformadoras, como o GPT (*Generative Pre-trained Transformer*) e o Gemini, que produzem textos coerentes e imagens realistas. Essas tecnologias funcionam mediante o processamento estatístico de sequências de dados, prevendo e combinando elementos para criar conteúdos inéditos (Vaswani et al., 2017). No contexto educacional, essa capacidade de geração permite criar simulações, narrativas e representações visuais que enriquecem as práticas pedagógicas, estimulando a criatividade e o pensamento crítico dos estudantes.

Esses modelos podem auxiliar na criação de cenários híbridos e especulativos em contextos pedagógicos ao gerar conteúdos que extrapolam os limites do real e do possível, promovendo a fabulação de mundos alternativos onde seres biológicos, artefatos tecnológicos e ambientes naturais se entrelaçam (Haraway, 2016). No ensino de Biologia, a IA pode ser utilizada para produzir narrativas que exploram futuros possíveis, simulações de ecossistemas complexos ou visualizações de organismos híbridos, estimulando a imaginação crítica dos estudantes e provocando reflexões sobre as interdependências entre natureza, cultura e tecnologia. Assim, a IA se torna uma aliada na construção de práticas educativas que rompem com as abordagens tradicionais, abrindo espaço para pedagogias mais criativas, críticas e sensíveis aos desafios do Antropoceno.

A utilização da IA no ensino de Biologia pode se concretizar por meio de diversos recursos pedagógicos digitais. Por exemplo, a criação de narrativas interativas com o apoio de modelos de linguagem como o ChatGPT e o Gemini, que permitem que estudantes explorem simulações de interações multiespécies em ecossistemas afetados pelo Antropoceno. Outra possibilidade é a geração de imagens especulativas diretamente por meio dessas mesmas ferramentas, como o ChatGPT com capacidades multimodais, permitindo visualizar organismos híbridos, cenários futuros ou ambientes modificados pela ação humana. Além disso, podem ser desenvolvidos ambientes virtuais de aprendizagem que incorporem avatares inteligentes, capazes de interagir com os estudantes, orientando atividades ou mediando discussões sobre ética, sustentabilidade e tecnologia (Achiam et al., 2023). Esses recursos promovem uma aprendizagem mais envolvente, crítica e criativa, superando os limites do currículo moderno centrado em dicotomias e em transmissão de conteúdos e fomentando reflexões sobre as complexas relações entre natureza, cultura e tecnologia.

Para implementar a IA no ensino de Biologia com foco na desconstrução das dicotomias clássicas, sugere-se a adoção de metodologias que priorizem a criação de experiências educativas interativas, colaborativas e reflexivas (Siemens, 2005). Atividades como laboratórios virtuais onde estudantes possam simular interações entre organismos e artefatos tecnológicos, projetos de investigação que envolvam a análise crítica de conteúdos gerados por IA e oficinas de produção de narrativas híbridas são exemplos promissores. Além disso, é fundamental que o uso da IA seja acompanhado de discussões éticas e ontológicas que estimulem os estudantes a refletirem sobre os limites e as possibilidades dessas tecnologias, reforçando uma perspectiva crítica e integradora no ensino de Biologia (Floridi; Cows, 2019).

2. Procedimentos Metodológicos

Nesta seção, serão apresentados exemplos reais de aplicação da Inteligência Artificial no ensino de Biologia, por meio da criação de narrativas interativas e imagens especulativas. Pretende-se demonstrar como a utilização de modelos de linguagem como o ChatGPT e o Gemini pode permitir que estudantes explorem simulações de interações multiespécies em ecossistemas afetados pelo Antropoceno, bem como gerar visualizações de organismos híbridos, cenários futuros ou ambientes modificados pela ação humana. Além disso, serão ilustradas atividades como laboratórios virtuais, onde estudantes poderão simular interações entre organismos e artefatos tecnológicos, promovendo uma aprendizagem mais crítica e integrada.

2.1 Narrativas interativas com modelos de linguagem

Neste subtópico, serão apresentados exemplos de narrativas interativas criadas com o apoio de modelos de linguagem como o ChatGPT e o Gemini, que permitem que estudantes explorem simulações de interações multiespécies em ecossistemas afetados pelo Antropoceno. Essas narrativas podem incorporar elementos de diferentes espécies, tecnologias e ambientes, possibilitando aos estudantes vivenciarem situações complexas e reflexivas. Por meio dessas simulações, é possível abordar temas como a resiliência ecológica, o impacto das ações humanas sobre o meio ambiente e as possíveis trajetórias para futuros sustentáveis.

Para solicitar à LLM (*Large Language Model*) a elaboração das narrativas, foi inserido o seguinte prompt (Figura 1):

Figura 1 - Prompt utilizado para solicitar uma narrativa interativa ao modelo de linguagem.

Crie uma narrativa interativa para estudantes do ensino médio, permitindo que explorem simulações de interações multiespécies em ecossistemas afetados pelo Antropoceno. A narrativa deve incorporar elementos de diferentes espécies (animais, vegetais, micro-organismos), tecnologias (sensores, drones, biotecnologias) e ambientes (florestas degradadas, zonas urbanas, recifes de coral em risco etc.).

A história deve apresentar situações complexas e reflexivas, onde os estudantes possam tomar decisões que afetam o equilíbrio ecológico e social do cenário. Aborde temas como resiliência ecológica, impacto das ações humanas sobre o meio ambiente, justiça ambiental e possíveis trajetórias para futuros sustentáveis.

Inclua descrições detalhadas das escolhas e consequências, com oportunidades de reflexão crítica ao final de cada etapa. Adote uma linguagem acessível, envolvente e informativa, estimulando a empatia e a imaginação dos estudantes.

Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir, apresentamos um plano de atividade que situa a narrativa no campo do Ensino de Biologia, explicitando conceitos, habilidades e mediações possíveis para trabalhar ecologias híbridas e decisões multiespécies no Antropoceno.

Plano de Atividade: “Decisões no Antropoceno (ChatGPT)”

- Nível: 1º/2º ano do Ensino Médio.
- Conceitos envolvidos: ecologia de ecossistemas, biodiversidade, serviços ecossistêmicos, impactos climáticos, biotecnologias.
- Habilidades: análise de relações ecológicas, argumentação em cenários socioambientais complexos, avaliação ética de soluções naturais/tecnológicas.
- Objetivo: compreender como decisões humanas moldam ecossistemas no Antropoceno, articulando saberes biológicos, tecnológicos e sociais.
- Etapas: leitura da narrativa; identificação de agentes e interações; escolha justificada de alternativas; debate orientado sobre efeitos ecológicos/éticos; síntese final (“que futuro foi criado?”)
- Mediação crítica do professor: discutir implicações ecológicas e éticas das escolhas, orientar a leitura de dados e cenários, e incentivar contrastes entre soluções tecnológicas e naturais/comunitárias – sempre articulando justiça socioambiental, limites ecológicos e responsabilidades humanas.

Plano de Atividade: “Equipe Biosfera (Gemini)”

- Nível: 1º/2º ano do Ensino Médio (ou EJA).
- Conceitos envolvidos: sucessão ecológica, espécies-chave, resiliência ecológica, monoculturas, diversidade genética, acidificação dos oceanos, serviços ecossistêmicos, impactos da biotecnologia.
- Habilidades: análise de trade-offs ecológicos, tomada de decisão baseada em evidências, argumentação ética, avaliação crítica de soluções tecnológicas e naturais.
- Objetivo: explorar como intervenções humanas e escolhas tecnocientíficas moldam a resiliência de ecossistemas em colapso, relacionando ciência, tecnologia e justiça socioambiental.
- Etapas: leitura da narrativa; identificação dos conflitos ecológicos em cada decisão; escolha argumentada entre alternativas; debate sobre riscos/benefícios ecológicos e sociais; síntese final sobre “que futuros foram produzidos” e limites da restauração tecnocientífica.
- Mediação crítica do professor: discutir implicações ecológicas e éticas das escolhas, orientar a leitura de dados e cenários, e incentivar contrastes entre soluções tecnológicas e naturais/comunitárias – sempre articulando justiça socioambiental, limites ecológicos e responsabilidades humanas.

2.2 Imagens especulativas com modelos de linguagem

Neste subtópico, serão apresentadas imagens especulativas criadas com a utilização de modelos de linguagem como o ChatGPT e o Gemini, que permitem visualizar organismos híbridos, cenários futuros ou ambientes modificados pela ação humana. A capacidade dessas ferramentas de gerar imagens a partir de descrições textuais complexas amplia significativamente as possibilidades pedagógicas, possibilitando que estudantes explorem visualmente conceitos abstratos e complexos relacionados ao Antropoceno.

As imagens produzidas podem ilustrar, por exemplo, organismos resultantes de processos de hibridização entre espécies naturais e componentes tecnológicos, representando formas de vida adaptadas a ecossistemas profundamente transformados pela atividade humana. Além disso, cenários urbanos futuristas, onde infraestruturas verdes se integram a ambientes naturais resilientes, ou paisagens de recifes de coral regenerados por intervenções biotecnológicas, são exemplos de visualizações que enriquecem a compreensão dos desafios e das possibilidades que emergem no contexto do Antropoceno.

Esses recursos visuais não apenas favorecem o engajamento e a motivação dos estudantes, mas também estimulam a reflexão crítica sobre os limites éticos e as implicações ambientais das intervenções humanas nos sistemas naturais.

Para solicitar à LLM a elaboração das imagens, foram elaborados dois *Prompts*.

- a) **Prompt 1:** prompt para a criação de uma imagem especulativa de um organismo híbrido (Figura 2);
- b) **Prompt 2:** prompt para a criação de uma imagem especulativa de Cenários Urbanos Futuristas (Figura 3), cujos resultados são apresentados na Figura 4;

Figura 2: *Prompt* utilizado para solicitar uma imagem especulativa de um organismo híbrido ao modelo de linguagem.

Gere uma imagem especulativa destinada ao uso pedagógico, que permita a estudantes do ensino médio visualizar conceitos complexos relacionados ao Antropoceno. A imagem deve representar organismos híbridos: seres resultantes da hibridização entre espécies naturais (animais, vegetais, microrganismos) e componentes tecnológicos (como sensores, próteses ou interfaces cibernéticas), simbolizando formas de vida adaptadas a ecossistemas profundamente transformados pela ação humana. A imagem deve ser detalhada, com realismo especulativo e foco na interação entre natureza, tecnologia e cultura, destacando as inter-relações multiespécies e evocando a complexidade dos sistemas híbridos.

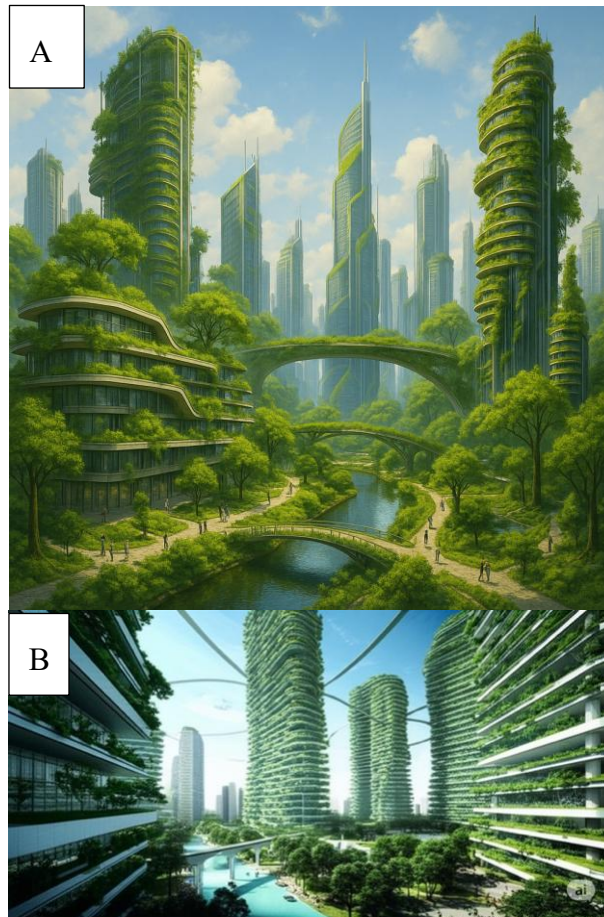
Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 3: *Prompt* utilizado para solicitar uma imagem especulativa de Cenários Urbanos Futuristas ao modelo de linguagem.

Gere uma imagem especulativa destinada ao uso pedagógico, que permita a estudantes do ensino médio visualizar conceitos complexos relacionados ao Antropoceno. A imagem deve representar paisagens de cidades futuristas, onde infraestruturas verdes (telhados vegetais, jardins verticais, corredores ecológicos) se integram harmoniosamente a ambientes naturais resilientes, demonstrando soluções sustentáveis para mitigar impactos ambientais. A imagem deve ser detalhada, com realismo especulativo e foco na interação entre natureza, tecnologia e cultura, destacando as inter-relações multiespécies e evocando a complexidade dos sistemas híbridos.

Fonte: Elaborado pelo autor

Figura 4: Imagens criadas pelo ChatGPT 4.o, da OpenAI (A) e pelo *Gemini 2.5 Flash*, da Google (B) em resposta ao *prompt* 2.



Fonte: ChatGPT 4.o, da OpenAI e *Gemini 2.5 Flash*, da Google

2.3 Discussão crítica sobre a narrativa criada pelo ChatGPT 4.o, da OpenAI

A narrativa interativa “Decisões no Antropoceno” (Figura 5) propõe um ambiente de aprendizagem especulativo e transdisciplinar, no qual estudantes do ensino médio são convidados a simular decisões ecológicas em contextos marcados por complexidade socioambiental. Ao mobilizar elementos de diferentes reinos biológicos (animais, vegetais, microrganismos), tecnologias emergentes (sensores, drones, bioengenharia) e ambientes diversos (florestas, zonas urbanas, recifes), a experiência narrativa subverte as dicotomias tradicionais frequentemente presentes no ensino de Biologia — como natureza/cultura, humano/não-humano, tecnologia/vida.

Inspirada em perspectivas ontológicas não modernas e ecocríticas, essa abordagem permite tensionar a visão mecanicista e compartimentalizada da Biologia escolar, oferecendo aos estudantes uma oportunidade de vivenciar a interdependência dos sistemas vivos e a inseparabilidade entre ação humana e processos ecológicos. Ao invés de apresentar a ciência

como neutra e distante, a narrativa coloca o estudante como agente situado em dilemas éticos, políticos e ambientais que exigem decisões fundamentadas, mas também sensíveis.


Um dos principais aspectos inovadores dessa proposta é seu alinhamento com o conceito de fabulação especulativa (Haraway, 2016), no qual a imaginação é usada não como fuga da realidade, mas como ferramenta para expandir o pensamento sobre o que é possível e desejável em termos de coexistência multiespécie. Nesse sentido, a inteligência artificial (IA) desempenha um papel pedagógico central: ao permitir a criação de cenários interativos e dinâmicos, a IA amplia a capacidade do ensino de Biologia de representar sistemas complexos e simular consequências de escolhas humanas em tempo real, deslocando a aprendizagem da memorização para a experimentação crítica.

Além disso, a narrativa favorece a integração entre cognição racional e empatia — duas dimensões muitas vezes separadas na prática escolar. As reflexões que acompanham cada etapa do jogo não apenas avaliam o impacto ecológico das ações, mas também introduzem discussões sobre justiça ambiental, inclusão de saberes locais e limites da tecnociência. Tal abordagem estimula uma ecopedagogia do cuidado, em que o conhecimento científico é colocado a serviço de futuros sustentáveis e compartilhados.


Do ponto de vista ontológico, a narrativa propõe um ensino de Biologia que rompe com a dicotomia sujeito/objeto e adota uma perspectiva relacional: os estudantes não são apenas observadores dos sistemas, mas coparticipantes das redes de significação que envolvem humanos, espécies e tecnologias. Essa virada relacional desafia a lógica da neutralidade científica, abrindo espaço para uma Biologia mais crítica, engajada e politicamente relevante no contexto do Antropoceno.




Em síntese, a narrativa “Decisões no Antropoceno” demonstra o potencial da inteligência artificial não apenas como ferramenta tecnológica, mas como mediadora ontológica e ética no ensino de Biologia. Ao fomentar experiências imersivas e especulativas, ela contribui para a formação de sujeitos críticos, capazes de pensar com — e não apenas sobre — o mundo vivo, superando os binarismos que limitam a compreensão da vida em tempos de crise planetária.

Figura 5 - Narrativa criada pelo *ChatGPT 4.0*, da *OpenAI*.

 **Narrativa Interativa: “Decisões no Antropoceno”**


Você é um jovem pesquisador integrante do projeto Terra Viva, que usa ciência, empatia e tecnologia para proteger ecossistemas ameaçados pelo Antropoceno. Sua missão é tomar decisões em cenários reais, considerando o impacto em diversas espécies, tecnologias envolvidas e as comunidades humanas. Suas escolhas moldarão o futuro, para melhor ou pior.




 **Cenário 1: Floresta Fragmentada**

 Local: Mata Atlântica
 Tecnologias: Drones com sensores de biodiversidade
 Espécies: Mico-leão-dourado, bromélias, fungos micorrízicos

Você descobre uma área degradada onde a biodiversidade ainda resiste, mas está isolada. Você decide:


- 1. Instalar sensores e criar corredores ecológicos.**
 → A conectividade entre fragmentos aumenta, facilitando a migração de espécies.
 Reflexão: Como equilibrar preservação com as necessidades das populações humanas próximas?
- 2. Implantar reflorestamento rápido com árvores de crescimento acelerado.**
 → O solo se recupera, mas espécies nativas demoram a voltar.
 Reflexão: A pressa pode afetar a diversidade genética e cultural?




 **Cenário 2: Cidade Costeira em Risco**

 Local: Baía urbana ameaçada por enchentes
 Tecnologias: Infraestruturas verdes, biotecnologia de restauração
 Espécies: Caranguejo-uçá, manguezais, bactérias purificadoras da água

Chuvas extremas alagam bairros pobres. O manguezal que protegia a costa foi destruído. Você decide:


- 1. Restaurar o manguezal com apoio comunitário.**
 → A proteção natural retorna e gera renda sustentável.
 Reflexão: Como envolver as pessoas nas soluções ambientais?
- 2. Criar um sistema de drenagem baseado em plantas filtrantes.**
 → Reduz o alagamento, mas o manguezal continua ausente.
 Reflexão: Soluções tecnológicas substituem serviços ecológicos naturais?

 **Cenário 3: Recife em Colapso**

 Local: Recifes tropicais branqueados
 Tecnologias: Robôs submarinos, corais bioeditados
 Espécies: Corais simbióticos, peixes limpadores, fitoplâncton resiliente

O aquecimento global afetou o ecossistema marinho. Há chance de implantar corais geneticamente resistentes. Você decide:

- 1. Usar corais bioeditados para restaurar rapidamente.**
 → Parte do recife se recupera, mas há dúvidas sobre impactos a longo prazo.
 Reflexão: É ético alterar geneticamente espécies para garantir sobrevivência?
- 2. Apostar na regeneração natural com áreas protegidas.**
 → A recuperação é lenta e incerta, mas sem alterações genéticas.
 Reflexão: Podemos confiar apenas na resiliência da natureza?

 **Epílogo: Qual futuro você ajudou a criar?**

Suas escolhas revelam que não há soluções simples no Antropoceno. A interação entre natureza, tecnologia e sociedade exige sensibilidade, conhecimento e responsabilidade. Pense e debata:

- **Quais valores influenciaram suas decisões? Que relações multiespécies foram fortalecidas ou rompidas? Como seria um futuro sustentável para todos?**

Fonte: ChatGPT 4.0, da OpenAI

2.4 Discussão crítica sobre a narrativa criada pelo Gemini 2.5 Flash, da Google

A narrativa interativa “Arca II – Equipe Biosfera” (Figura 6) apresenta-se como uma poderosa estratégia didático-especulativa para o ensino de Biologia na contemporaneidade. Ambientada em um futuro próximo, a simulação convida estudantes a assumir o papel de agentes ecotécnicos a bordo de um laboratório flutuante que monitora e intervém em ecossistemas colapsados. A partir de decisões ramificadas, os participantes enfrentam dilemas que tensionam os limites entre natureza e tecnologia, ética e ciência, urgência e resiliência — promovendo uma profunda ruptura com as dicotomias tradicionais que ainda estruturam grande parte do currículo biológico.

A proposta se alinha às ontologias não modernas e críticas, sobretudo às ideias de Donna Haraway (2016), ao rejeitar a separação entre humano e não-humano. Ao incluir espécies vegetais, animais, microrganismos e elementos tecnológicos como protagonistas interativos, a narrativa desfaz a dicotomia natureza/cultura ao evidenciar que todos esses agentes coproduzem os sistemas vivos. Assim, a simulação não apenas tematiza o Antropoceno, mas o encena enquanto condição pedagógica — onde a agência humana é reconhecida, mas sempre situada e co-implicada com múltiplas formas de vida e tecnologias.

A inteligência artificial, como motor da simulação, opera aqui não como ferramenta meramente técnica, mas como mediadora epistêmica. Ela viabiliza o que Latour (2005) chamaria de “agenciamentos híbridos”, revelando como cada escolha humana (como reflorestar com espécies modificadas ou reintroduzir predadores) desencadeia efeitos complexos, muitas vezes imprevisíveis. Dessa forma, a IA desestabiliza a lógica binária entre intervenção humana e processos naturais, sugerindo uma abordagem relacional e sistêmica no ensino de Biologia.

Além disso, a dinâmica de escolha-consequência-reflexão proposta na narrativa rompe com o modelo moderno centrado em fronteiras natureza/cultura de transmissão de conteúdos, substituindo-o por uma aprendizagem situada e ética. A cada cenário (floresta, recife), os estudantes são convocados a articular conhecimentos ecológicos, valores sociais e capacidades críticas, transcendendo a dicotomia entre cognição racional e afetiva. O que se ensina, aqui, não é apenas Biologia — mas uma ética da coexistência em um planeta ferido.

Ao se passar em 2077, a simulação abre espaço para a fabulação especulativa (Haraway, 2016), estimulando a imaginação de futuros mais-que-humanos. A narrativa não impõe um fim moralista, mas oferece trajetórias contingentes que permitem pensar o ensino de Biologia como construção de mundos possíveis. Questões como “É suficiente tratar os sintomas sem abordar as causas?” ou “A pressa pode custar a resiliência?” promovem metarreflexões sobre o papel da ciência em contextos de incerteza — propondo um currículo que acolhe a dúvida, o risco e a multiplicidade.

Adicionalmente, temas como justiça ambiental são mobilizados de modo transversal. O conflito entre a presença das onças reintroduzidas e as zonas urbanas simuladas, por exemplo, permite trabalhar a interseção entre conservação e território humano, especialmente em contextos de vulnerabilidade. Nesse ponto, a simulação oferece uma plataforma potente para pensar a Biologia como ciência situada e comprometida com a equidade.

“Arca II” também potencializa uma pedagogia relacional, pois obriga os estudantes a considerar o impacto das decisões em redes ecológicas e sociais interdependentes. Não se trata apenas de “resolver problemas ambientais”, mas de experimentar a posição de um sujeito implicado, cujas ações têm consequências materiais e simbólicas. Isso desestabiliza o lugar tradicional do estudante como espectador e o transforma em coautor de futuros possíveis.

Além disso, ao permitir que as simulações sejam mediadas por IA, a experiência de aprendizagem ganha uma dimensão estética e emocional. O engajamento com espécies, paisagens e dilemas reforça uma empatia mais-que-humana, fundamental para construir vínculos éticos com o planeta. Nesse sentido, a IA não apenas apoia o ensino de conteúdos científicos, mas atua como dispositivo sensível que convoca afetos, narrativas e responsabilidades.

A narrativa “Arca II” ilustra com vigor como a inteligência artificial pode subverter dicotomias estruturantes do ensino de Biologia e inaugurar práticas pedagógicas mais integradas, críticas e especulativas. Ao fundir ciência, ética e imaginação em uma experiência interativa multiespécie, a simulação transforma o Antropoceno de objeto de estudo em palco de transformação pedagógica. Nesse contexto, ensinar Biologia deixa de ser um exercício de nomeação e classificação para se tornar um convite à coevolução e à construção de futuros sustentáveis — com todos os seres, tecnologias e territórios que compartilham o planeta.

Figura 6: Narrativa criada pelo Gemini 2.5 Flash, da Google.

Era 2077, e você está na **Equipe Biosfera** a bordo da "Arca II", um laboratório flutuante que simula e restaura ecossistemas do Antropoceno.

Início: Floresta Degradada

Sua primeira missão: a Amazônia, agora um deserto verde. Sensores mostram solo e biodiversidade em colapso.

Sua Decisão:

- **Opção A: Reflorestamento Rápido com Espécies Modificadas.** Crescimento veloz, mas a diversidade de insetos e micro-organismos é baixa, inibindo outras espécies nativas. Monocultura frágil.
 - **Reflexão:** A pressa pode custar a resiliência?
 - **Nova Decisão:**
 - **Opção A1:** Introduzir Micro-organismos.
 - **Opção A2:** Podar e Plantar Nativas.
- **Opção B: Reintroduzir Espécies-Chave (Onças, Veados).** Recuperação em cascata da vegetação. Mas as onças se aproximam de áreas urbanas simuladas, criando conflito.
 - **Reflexão:** Como equilibrar a natureza com as necessidades humanas?
 - **Nova Decisão:**
 - **Opção B1:** Criar Corredores Ecológicos.
 - **Opção B2:** Programas de Compensação e Educação.

Próxima Crise: Recifes de Coral em Risco

Alerta nos recifes do Pacífico: branqueamento, acidificação e microplásticos.

Sua Decisão:

- **Opção A: Cultivar Corais Resistentes.** Rápida recuperação e retorno de vida marinha. Mas a homogeneidade genética os torna vulneráveis a novas pragas, inibindo nativas.
 - **Reflexão:** Soluções rápidas criam novas fragilidades?
 - **Nova Decisão:**
 - **Opção A1:** Introduzir Peixes Herbívoros.
 - **Opção A2:** Criar Banco de Germoplasma de Corais Nativos.
- **Opção B: Robôs Subaquáticos Coletores de Microplásticos.** Redução de plásticos e melhora da água. Mas a acidificação e temperatura continuam. Robôs tratam o sintoma, não a causa.
 - **Reflexão:** É suficiente tratar os sintomas sem abordar as causas?
 - **Nova Decisão:**
 - **Opção B1:** Simular Campanha de Conscientização.
 - **Opção B2:** Desenvolver Novas Tecnologias de Sequestro de Carbono.

Fim da Jornada: Suas Reflexões

A simulação termina, mostrando os resultados das suas escolhas.

- **Resiliência Ecológica:** O que ajudou ou atrapalhou a capacidade dos ecossistemas de se recuperar?
- **Impacto Humano:** Como a tecnologia e suas decisões moldaram esses futuros?
- **Justiça Ambiental:** Como balancear o bem-estar da natureza e das comunidades humanas?
- **Futuros Sustentáveis:** Qual a lição principal sobre a complexa relação entre ciência, sociedade e meio ambiente?

Fonte: Gemini 2.5 Flash, da Google

2.5 Discussão crítica sobre a imagem criada pelo ChatGPT 4.0, da OpenAI

A imagem apresentada, que retrata um coelho cibernético-vegetal (*Figura 7*), representa com notável precisão a proposta de criação de um organismo híbrido, articulando elementos de diferentes domínios: o biológico (o corpo do coelho), o vegetal (as plantas que emergem de seu dorso) e o tecnológico (próteses mecânicas e sensores integrados).

Do ponto de vista estético e técnico, a imagem exibe um realismo especulativo convincente, estimulando a imaginação e a reflexão crítica dos estudantes. A integração fluida entre os componentes biológicos e tecnológicos é um mérito visual que ilustra bem a noção de que, no Antropoceno, as fronteiras entre natureza e tecnologia estão cada vez mais difusas. A figura do coelho, tradicionalmente associada à vulnerabilidade e à naturalidade, contrasta com os componentes cibernéticos, produzindo uma tensão que convida à problematização ética e ambiental.

a) Potencialidades pedagógicas:

- **Exploração conceitual:** A imagem pode servir como ponto de partida para discussões sobre hibridização biotecnológica, transumanismo, bioengenharia e o impacto da tecnologia nos ecossistemas;
- **Reflexão ética:** Provoca questões importantes, como: até que ponto é legítimo intervir em organismos naturais? Quais são as consequências potenciais de tais intervenções para a biodiversidade, a ética ambiental e os sistemas ecológicos?;
- **Compreensão do Antropoceno:** O coelho híbrido funciona como uma metáfora visual potente para os novos modos de existência que emergem em ambientes profundamente modificados pela ação humana, reforçando o entendimento de que o Antropoceno não é apenas uma era de destruição, mas também de transformações radicais e inéditas nas formas de vida;
- **Engajamento dos estudantes:** A imagem favorece a motivação e o engajamento, sendo um recurso didático valioso para estimular a criatividade e a participação ativa em atividades interdisciplinares.

b) Limites e cuidados:

- **Risco de romantização:** A estética futurista e integrada pode gerar a impressão de que tais hibridizações são desejáveis ou inevitáveis, sem contemplar de forma crítica os riscos ecológicos e éticos associados;
- **Simplificação dos processos:** Embora visualmente impactante, a imagem não representa a complexidade dos processos biológicos e tecnológicos envolvidos em tais hibridizações, o que reforça a necessidade de acompanhamento pedagógico qualificado para evitar interpretações equivocadas;
- **Distanciamento da realidade:** A natureza altamente especulativa da imagem pode dificultar, para alguns estudantes, a distinção entre ciência e ficção, exigindo mediação para contextualizar a cena no campo das possibilidades emergentes, mas ainda limitadas, das biotecnologias atuais.

c) Considerações finais:

Esta imagem cumpre com excelência sua função enquanto recurso provocativo e especulativo, ideal para o ensino de Biologia no contexto do Antropoceno, promovendo a superação de dicotomias clássicas como natureza vs. tecnologia. Entretanto, sua utilização pedagógica deve ser sempre acompanhada por debates orientados, que problematizem as implicações sociais, éticas e ecológicas da construção de futuros híbridos.

2.6 Discussão crítica sobre a imagem criada pelo Gemini 2.5 Flash, da Google

A imagem apresentada, retratando um inseto polinizador híbrido — com estrutura que mescla características biológicas típicas (asas membranosas, patas articuladas) com componentes claramente tecnológicos (estrutura metálica, circuitos, lentes ópticas), sobre uma flor natural —, representa uma poderosa metáfora visual para explorar as transformações e desafios ambientais do Antropoceno (Figura 7).

a) Potencialidades pedagógicas:

- **Visualização de hibridismos:** A figura sintetiza, com clareza, o conceito de organismos híbridos, evocando a possibilidade de que processos naturais, como a polinização, sejam futuramente desempenhados ou complementados por agentes biotecnológicos, devido ao colapso de espécies naturais ou à necessidade de ampliar sua eficiência;
- **Estímulo ao pensamento crítico:** Esta imagem convida os estudantes a refletirem sobre questões prementes, como o declínio das populações de polinizadores — abelhas e outros insetos — e o consequente surgimento de soluções artificiais, como drones polinizadores. Isso estimula uma análise crítica sobre as causas e consequências das alterações ambientais provocadas pela ação humana;
- **Exploração de inter-relações multiespécies:** A interação entre o inseto híbrido e a flor sugere a manutenção ou substituição de relações ecológicas tradicionais, destacando a complexidade das interdependências entre espécies e a possibilidade de novos arranjos ecológicos mediados pela tecnologia;
- **Promoção da alfabetização ecológica e tecnológica:** Ao representar uma convergência entre biologia e engenharia, a imagem propicia discussões interdisciplinares sobre biotecnologia, robótica, conservação da biodiversidade e sustentabilidade.

b) Limites e cuidados:

- **Risco de naturalização tecnológica:** A harmonia estética da imagem pode levar a uma aceitação acrítica da substituição de organismos naturais por dispositivos tecnológicos, sem problematizar adequadamente os impactos éticos, ecológicos e sociais desse tipo de intervenção;
- **Simplificação do fenômeno:** Embora visualmente impactante, a representação não abarca a complexidade dos processos ecológicos associados à polinização, como a coevolução entre plantas e insetos, a variabilidade comportamental dos polinizadores ou os riscos de desequilíbrios ao introduzir agentes artificiais em ecossistemas naturais;
- **Desafios éticos:** A imagem abre espaço para debates sobre até que ponto a tecnologia deve intervir nos processos naturais e quais são os limites desejáveis ou aceitáveis dessa intervenção

Figura 7: Imagens criadas pelo ChatGPT 4.o, da OpenAI (A) e pelo *Gemini 2.5 Flash*, da Google (B), em resposta ao *prompt* 1.



Fonte: ChatGPT 4.o, da OpenAI e *Gemini 2.5 Flash*, da Google

d) Considerações finais:

A imagem gerada pelo Gemini cumpre exemplarmente sua função de provocar reflexão sobre o papel da tecnologia na manutenção ou substituição de funções ecológicas essenciais em um mundo transformado pelo Antropoceno. Ela é um recurso didático valioso, especialmente para discussões sobre a crise dos polinizadores, o avanço das biotecnologias e os dilemas éticos da engenharia ecológica.

No entanto, recomenda-se que seu uso em contextos pedagógicos seja sempre acompanhado de uma mediação crítica, que ajude os estudantes a compreenderem as complexidades envolvidas e a refletirem sobre alternativas sustentáveis que valorizem tanto a preservação dos sistemas naturais quanto o desenvolvimento responsável de tecnologias.

3. Considerações finais

O uso crítico da Inteligência Artificial, inspirado na perspectiva ciborgue, oferece importantes contribuições pedagógicas ao ensino de Biologia. Primeiramente, promove a superação de concepções dicotômicas que separam natureza e cultura, orgânico e artificial, ao evidenciar a constituição híbrida dos sistemas contemporâneos. A IA, enquanto ferramenta de criação e simulação, possibilita experiências de aprendizagem que aproximam estudantes de cenários especulativos e complexos, nos quais seres humanos, não humanos e tecnologias se co-constroem e interagem. Além disso, ao estimular a fabulação e a imaginação crítica, o uso da IA amplia o repertório educativo, permitindo que os processos de ensino e aprendizagem deixem de ser meramente transmissivos para se tornarem experimentais e reflexivos. Dessa forma, o ensino de Biologia se transforma em um espaço fértil para o questionamento ético, a inovação pedagógica e a formação de sujeitos capazes de lidar com os desafios interdisciplinares do Antropoceno.

A aplicação da Inteligência Artificial no contexto educativo, embora repleta de potencialidades, também apresenta limitações que precisam ser cuidadosamente analisadas. Do ponto de vista ético, destacam-se preocupações relacionadas à privacidade dos dados dos estudantes, ao risco de ampliação de desigualdades educacionais e à possibilidade de reprodução de vieses e estereótipos embutidos nos algoritmos. Tecnicamente, a dependência de infraestrutura tecnológica adequada e o domínio de competências específicas para operar e interpretar os sistemas de IA podem ser entraves significativos, especialmente em contextos escolares com recursos limitados. Socialmente, há o risco de que a adoção acrítica da IA reforce práticas pedagógicas padronizadas, mecanizadas e desumanizadas, em detrimento de abordagens mais dialógicas e emancipatórias. Assim, é fundamental que a introdução da IA na educação seja orientada por princípios éticos, críticos e inclusivos, garantindo que seu uso amplie as possibilidades pedagógicas sem comprometer a equidade e a diversidade educacional.

Este artigo demonstrou como a metáfora do ciborgue, articulada ao uso crítico e criativo da Inteligência Artificial, pode desempenhar um papel fundamental na superação de dicotomias clássicas no ensino de Biologia. A reflexão teórica desenvolvida ao longo do texto destacou que a integração da IA não deve ser entendida apenas como uma inovação tecnológica, mas como uma oportunidade de transformação ontológica e pedagógica, alinhada aos desafios e urgências do Antropoceno. Foram apresentadas propostas metodológicas e exemplos práticos de implementação, que evidenciam o potencial da IA para enriquecer as práticas educativas

com experiências híbridas e especulativas, capazes de estimular a imaginação crítica, a reflexão ética e a construção de novos modos de coexistência entre humanos, não humanos e tecnologias.

Como caminhos futuros para pesquisa e desenvolvimento, sugere-se a criação de projetos interdisciplinares que explorem mais profundamente o uso de IA para a produção de materiais educativos híbridos, que combinem narrativas, imagens e simulações. Além disso, investigações podem focar na avaliação do impacto dessas práticas no desenvolvimento do pensamento crítico e ético dos estudantes, bem como na sua capacidade de compreender e interagir com sistemas híbridos. Também se recomenda o desenvolvimento de protocolos éticos e metodológicos para o uso responsável de IA em ambientes educativos, garantindo a equidade e a inclusão no acesso e uso dessas tecnologias.

Referências

ACHIAM, OpenAI Josh et al. GPT-4 Technical Report. 2023, [S.l: s.n.], 2023. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:257532815>>.

ANTHROPOCENE WORKING GROUP. *Working Group on the 'Anthropocene'. Subcommission on Quaternary Stratigraphy, International Commission on Stratigraphy*. Disponível em: <https://quaternary.stratigraphy.org/working-groups/anthropocene>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CARBAJO-NÚÑEZ, Martín. Inteligência artificial e humanismo de fraternidade. **Revista Eclesiástica Brasileira**, 2024. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:272055813>>.

CASTELLANI, Ana Mauriceia et al. Uso de Inteligência Artificial em Sistemas de Tutores Inteligentes. **Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas**, 2024. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:267974170>>.

CRUTZEN, Paul; STOERMER, Eugene. The Anthropocene. **IGBP Global Change Newsletter**, n. 41, p. 17–18, 2000.

DESCOLA, Philippe. **Par-delà nature et culture**. Paris: Gallimard, 2005.

DÜRBECK, Gabriele; SCHAUMANN, Caroline; SULLIVAN, Heather I. Human and Non-human Agencies in the Anthropocene // Agencialidades humanas y no-humanas en el Antropoceno. **European journal of literature, culture and the environment**, v. 6, p. 118–136, 2015. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:19678424>>.

FLORIDI, Luciano; COWLS, Josh. A Unified Framework of Five Principles for AI in Society. **Harvard Data Science Review**, 23 jun. 2019.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep Learning**. [S.l.]: MIT Press, 2016. Disponível em: <<https://www.deeplearningbook.org>>. Acesso em: 12 maio 2024.

HARAWAY, Donna. A Cyborg Manifesto: Science, Technology, and Socialist-Feminism in the Late 20th Century. In: WEISS JOEL AND NOLAN, Jason and Hunsinger Jeremy and Trifonas Peter (Org.). **The International Handbook of Virtual Learning Environments**. Dordrecht: Springer Netherlands, 2006. p. 117–158. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-3803-7_4>.

HARAWAY, Donna. **Simians, Cyborgs, and Women: The Reinvention of Nature**. New York: Routledge, 1991.

HARAWAY, Donna. **Staying with the Trouble: Making Kin in the Chthulucene**. Durham: Duke University Press, 2016.

HAYLES, Nancy Katherine. **How We Became Posthuman: Virtual Bodies in Cybernetics, Literature, and Informatics**. Chicago: University of Chicago Press, 1999.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland: [s.n.], 2023.

LATOUR, Bruno. **Reassembling the Social: An Introduction to Actor-Network-Theory**. Oxford: Oxford University Press, 2005.

LATOUR, Bruno. **We Have Never Been Modern**. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1991.

LINDENMAIER, Diogo de Souza; CHITOLINA, Maria Rosa. **As representações sociais de sustentabilidade e desenvolvimento sustentável nas pesquisas em ensino de ciências: uma avaliação das publicações em periódicos nacionais de 1996 a 2018**. 2020, [S.l: s.n.], 2020. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:225213458>>.

SÁ-SILVA, Jackson Ronie et al. **Falando do Corpo, Calando a Cultura: Discursos sobre o Corpo Humano em Livros Didáticos de Biologia do Ensino Médio**. 2019, [S.l: s.n.], 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212773819>>.

SIEMENS, George. Connectivism: A Learning Theory for the Digital Age. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**, v. 2, n. 1, p. 3–10, 2005.

SILVEIRA, Antonio Claudio Jorge; JUNIOR, Niltom Vieira. A inteligência artificial na educação: utilizações e possibilidades. **INTERRITÓRIOS**, 2019. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:197455390>>.

DOI: 10.46667/renbio.v18inesp1.1869

STEFFEN, Will; CRUTZEN, Paul J; MCNEILL, John R. The Anthropocene: Are Humans Now Overwhelming the Great Forces of Nature. **AMBIO: A Journal of the Human Environment**, v. 36, n. 8, p. 614 – 621, 2007. Disponível em: <[https://doi.org/10.1579/0044-7447\(2007\)36\[614:TAAHNO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1579/0044-7447(2007)36[614:TAAHNO]2.0.CO;2)>.

VASWANI, Ashish et al. Attention is All you Need. 2017, [S.l: s.n.], 2017. Disponível em: <<https://api.semanticscholar.org/CorpusID:13756489>>.

Recebido em: junho de 2025
Aceito em: novembro de 2025

Revisão gramatical realizada por: Maria da Gloria Fernandes do Nascimento Albino
E-mail: gloriaalbino@gmail.com