

**INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E EDUCAÇÃO AMBIENTAL: UMA PLATAFORMA
PARA APOIO A PROFESSORES NO PLANEJAMENTO DAS AULAS PARA O
ENFRENTAMENTO DA CRISE CLIMÁTICA NO RS**

**TECHNOLOGICAL INNOVATION AND ENVIRONMENTAL EDUCATION: A
PLATFORM TO SUPPORT TEACHERS IN LESSON PLANNING FOR
ADDRESSING THE CLIMATE CRISIS IN RIO GRANDE DO SUL**

Recebido em: 19/06/2025

Aceito em: 15/11/2025

Publicado em: 02/02/2026

Marco Aurélio Schünke¹ 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dante Augusto Couto Barone² 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Rodrigo de Cassio da Silva³ 

Universidade Estadual de Ponta Grossa

Rosa Maria Viccari⁴ 

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Resumo: Este documento apresenta o estado da arte do projeto para desenvolvimento de uma Plataforma Habilitante de IA para enfrentamento das emergências climáticas, uma proposta interdisciplinar vinculada ao doutorado em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS), que integra Inteligência Artificial, Grafos de Conhecimento e Soluções Baseadas na Natureza (SBNs) para fortalecer a resiliência climática em escolas públicas de regiões vulneráveis do Rio Grande do Sul. A partir de uma revisão crítica da literatura, evidencia-se a lacuna na articulação entre tecnologias emergentes e práticas pedagógicas voltadas à sustentabilidade. A plataforma proposta visa personalizar trilhas de aprendizagem, gerar simulações climáticas e promover microprojetos ecológicos em contextos escolares. A contribuição inédita do projeto reside na combinação entre inovação tecnológica e ação educativa territorializada, com impacto potencial sobre políticas públicas, formação docente e transformação socioambiental. O estudo destaca a importância de soluções interdisciplinares para enfrentar a crise climática e aponta caminhos para a integração entre educação, ciência de dados e conservação ambiental.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Educação Ambiental; Soluções Baseadas na Natureza; Grafos de Conhecimento; Informática na Educação.

Abstract: This document presents the state of the art of a project aimed at developing an AI-Enabled Platform to address climate emergencies. It is an interdisciplinary proposal linked to the Doctoral Program in Informatics in Education (PPGIE/UFRGS), integrating Artificial Intelligence, Knowledge Graphs, and Nature-Based Solutions (NbS) to strengthen climate resilience in public schools located in vulnerable regions of Rio Grande do Sul, Brazil. Based on a critical literature review, the study highlights a gap in the articulation between emerging technologies and pedagogical practices focused on sustainability. The proposed platform aims to personalize learning pathways,

¹ Aluno do Programa de Pós-graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil, RS. Porto Alegre. E-mail: marco.schunke@ufrgs.com.br

² Orientador e Coordenador do Programa de Pós-graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil, RS. Porto Alegre. E-mail: barone@inf.ufrgs.br

³ Coorientador e Coordenador do Curso Superior em Tecnologia em Gestão Ambiental da Universidade Estadual de Ponta Grossa. Brasil, Paraná. Ponta Grossa. E-mail: rocsilva@uepg.br

⁴ Programa de Pós-graduação em Informática na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Brasil, RS. Porto Alegre. E-mail: rosa@inf.ufrgs.br

generate climate simulations, and promote ecological microprojects within school contexts. The project's original contribution lies in its combination of technological innovation and place-based educational action, with potential impacts on public policies, teacher training, and socio-environmental transformation. The study emphasizes the importance of interdisciplinary solutions to address the climate crisis and outlines pathways for integrating education, data science, and environmental conservation.

Keywords: Artificial Intelligence; Environmental Education; Nature-Based Solutions; Knowledge Graphs; Data Curation; Informatics in Education.

INTRODUÇÃO

A intensificação dos eventos climáticos extremos já expôs a fragilidade das infraestruturas urbanas e dos sistemas educacionais, particularmente nas esferas de vulnerabilidade social. As inundações, incluindo as de 2024 no Rio Grande do Sul, foram um chamado imediato para ações em iniciativas que fortaleçam a resiliência climática. A proposta Plataforma de Capacitação em IA para Resposta a Emergências Climáticas aqui é uma contribuição sem precedentes do Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS). E é um empreendimento interdisciplinar que combina IA, Grafos de Conhecimento e Soluções Baseadas na Natureza (NBS) para transformar escolas públicas em centros de educação e ação climática.

As temperaturas globais estão aumentando a um ritmo sem precedentes, atualmente, devido à insuficiência na redução de emissões, o risco de exceder um nível médio de temperatura global (+1,5 °C acima dos níveis pré-industriais) na próxima década está aumentando (IPCC, 2021, 2022). Mesmo quando se trata de limitar o aquecimento global a 2 °C, ou 1,5 °C acima dos níveis pré-industriais, ainda é uma aspiração social, e foi sugerido na 21ª Conferência das Partes (COP21) em Paris como uma política global com muito espaço para melhorias. Nesse sentido, o aquecimento pode estabilizar em ou perto de 1,5 °C, temporariamente permanecer acima e voltar a essa temperatura ou exceder e permanecer acima dela, dependendo da eficácia política da ação climática e da redução das emissões de gases de efeito estufa (UNFCCC, 2015).

Além disso, além das implicações financeiras por exemplo, estima-se que devido a ocorrências extremas atribuídas a questões climáticas nos últimos 20 anos, a média anual de danos (Newman, Noy, 2023) é de cerca de 143 bilhões de dólares em danos há as perdas financeiras e humanas decorrentes das mortes e perdas associadas a tais eventos como um todo, tanto aquelas associadas à perda de seres humanos quanto de não-humanos. Para abordar isso, é essencial apontar que regiões com baixas emissões históricas de CO₂ e baixa renda (e particularmente aquelas no Sul Global) são, em média, mais frequentemente e severamente suscetíveis a impactos climáticos, e são menos capazes de acomodar e sustentar sua própria

adaptação, o que constitui uma injustiça ambiental de causa e efeito já conhecida, e constitui uma desigualdade de responsabilidade pelo aumento da temperatura global e pelos extremos na ocorrência de eventos climáticos (Wallemacq; Below; McClean, 2018; Diffenbaugh; Burke, 2019; Dhakal, 2023).

A crescente severidade de tais eventos climáticos extremos também expôs a miopia das infraestruturas urbanas e dos sistemas educacionais, particularmente em condições sociais e econômicas mais vulneráveis (como o baixo status da maioria da população brasileira). É com isso em mente que examinamos as últimas inundações no Estado do Rio Grande do Sul, onde os eventos de 2024 demonstram uma necessidade crescente de apoiar programas de adaptação climática dentro de nossas comunidades. Os danos locais podem ser minimizados se uma série de programas de adaptação tiver sido implementada, como tem sido frequentemente solicitado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) (Pillar; Overbeck, 2024).

A educação climática, aliada a métodos pedagógicos inovadores, é de particular importância para alcançar a cidadania ecológica e pode servir como um meio de adaptar esses setores em risco (UNESCO, 2021; Leicht *et al.*, 2018). Mas muitas escolas brasileiras não estão equipadas com estruturas, habilidades de professores ou recursos pedagógicos apropriados para tais tópicos (Barros; Silva; Mello, 2020) e isso pode incluir problemas climáticos. Por outro lado, o desenvolvimento de tecnologias digitais e a invenção da Inteligência Artificial (IA) oferecem uma plataforma promissora para aprendizagem adaptativa, personalização e inteligência georreferenciada (Luckin *et al.*, 2016; Holmes; Bialik; Fadel, 2019).

Além disso, o conceito de educação climática, outro dispositivo, Soluções Baseadas na Natureza (NBS), tem sido recentemente enfatizado por sua contribuição para enfrentar a emergência climática, reduzir as emissões de carbono, mitigar desastres naturais relacionados a riscos climáticos e reverter a perda de biodiversidade (Pan *et al.*, 2023). As NBS também podem ser definidas como comportamentos destinados a proteger, gerenciar de forma sustentável e restaurar ecossistemas naturais e modificados; para enfrentar desafios sociais de maneira eficiente e adaptativa; ao mesmo tempo em que proporcionam benefícios humanos para o bem-estar humano e a biodiversidade. Essas soluções baseadas na natureza são reconhecidas como adequadas para enfrentar as crises de biodiversidade e clima que, em certa medida, ajudarão a humanidade ou questões sociais. As NBS têm demonstrado reduzir riscos ambientais e ajudar a restaurar ecossistemas urbanos; essas inovações oferecem vários benefícios sociais, ecológicos e pedagógicos (Cohen-Shacham *et al.*, 2019; Nesshöver *et al.*, 2017; Raymond *et al.*, 2017).

A proposta da plataforma está enraizada no conceito de Educação Climática 4.0, que exige a incorporação de novas tecnologias como PNL e GC no trabalho de ensino como uma nova abordagem no combate às mudanças climáticas. Sob esse ponto de vista, essas tecnologias não substituem a mediação pedagógica, mas ampliam o potencial para o planejamento, contextualização e monitoramento do ensino e aprendizagem por meio dessa tecnologia.

Como observaram Schünke, Barone e Silva (2024), a aplicação descrita de PNL e GC facilita a elaboração de currículos mais vibrantes, a formulação de trajetórias de aprendizagem dos alunos e a construção de materiais didáticos interativos que contribuirão para que o processo educacional esteja melhor equipado para ser mais responsivo à natureza e aos desafios dos problemas ambientais atuais. Através da organização e inferência sobre conhecimento, habilidades e resultados de aprendizagem, essas tecnologias promovem um currículo mais adaptável e situado.

PNL e GC, juntos, aumentam a capacidade dos professores de mediar conhecimentos complexos relacionados às mudanças climáticas, conduzir análises de cenários, interpretação de dados e problematizar questões socioambientais. Assim, a plataforma permite a aplicação adicional de abordagens pedagógicas inovadoras que visam criar competências socioambientais, pensamento crítico e a formação de indivíduos que possam conceituar e agir no contexto da crise climática.

Apesar do surgimento de abordagens integradas de tecnologia e sustentabilidade, poucos projetos especificam esse espaço e estão focados na educação básica (formação de professores e gestores educacionais, bem como ensino), especialmente nos terrenos impactados por desastres climáticos. Portanto, a abordagem interdisciplinar que integra Inteligência Artificial, Grafos de Conhecimento e Soluções Baseadas na Natureza (NBS) espera tornar as escolas públicas o centro de treinamento e ação para responder a emergências climáticas. A Plataforma de Capacitação em IA para Resposta a Emergências Climáticas visa preencher essa lacuna utilizando uma plataforma educacional que combina muitas tecnologias emergentes para ajudar na tomada de decisões pedagógicas e territoriais.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

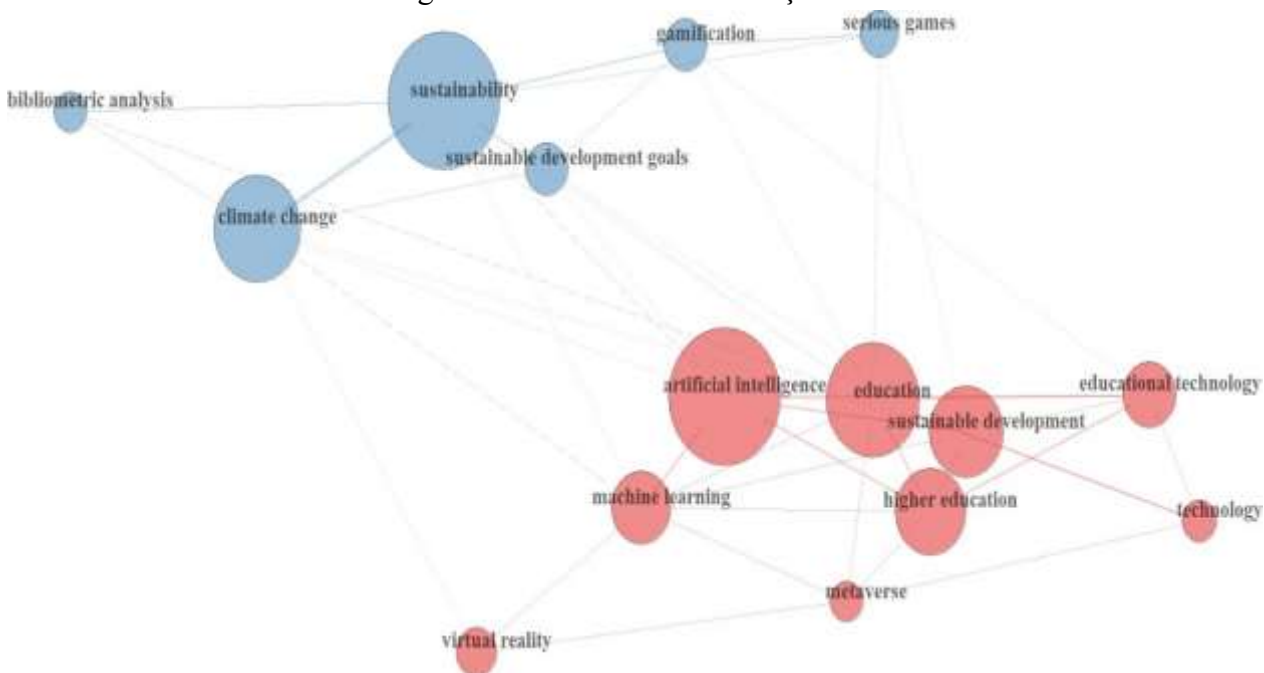
A partir de palavras-chave potenciais para uso em buscas bibliográficas e mapas temáticos de coocorrência, propõe-se o delineamento do escopo da proposta visando a compreensão do estudo e a encontrabilidade de material bibliográfico aderente, principalmente na esfera da América Latina e do Caribe. Assim, procurou-se novos termos a partir de uma

string inicial que busca identificar produções científicas interdisciplinares que explorem a aplicação de inteligência artificial e tecnologias digitais, como machine learning, sensoriamento remoto, no enfrentamento das mudanças climáticas, com ênfase em estratégias educativas, apoio à decisão e modelagem do conhecimento para adaptação ambiental:

(artificial intelligence" OR "machine learning") AND ("climate change" OR "climate adaptation") AND ("remote sensing") AND ("environmental education" OR "education technology") AND ("decision support" OR "knowledge modeling")

A busca resultou na recuperação de metadados dos artigos encontrados na base Scopus e na posterior extração de palavras-chave que os autores indicaram em seus trabalhos, limitadas àquelas pertencentes aos 500 primeiros registros por ordem temporal. Essa medida garante uma representatividade atual ao universo semântico. Então, elaborou-se um modelo de visualização gerando uma abstração sobre o tema da pesquisa que pode dizer algo para o delineamento do projeto.

Figura 1 – Modelo de visualização.



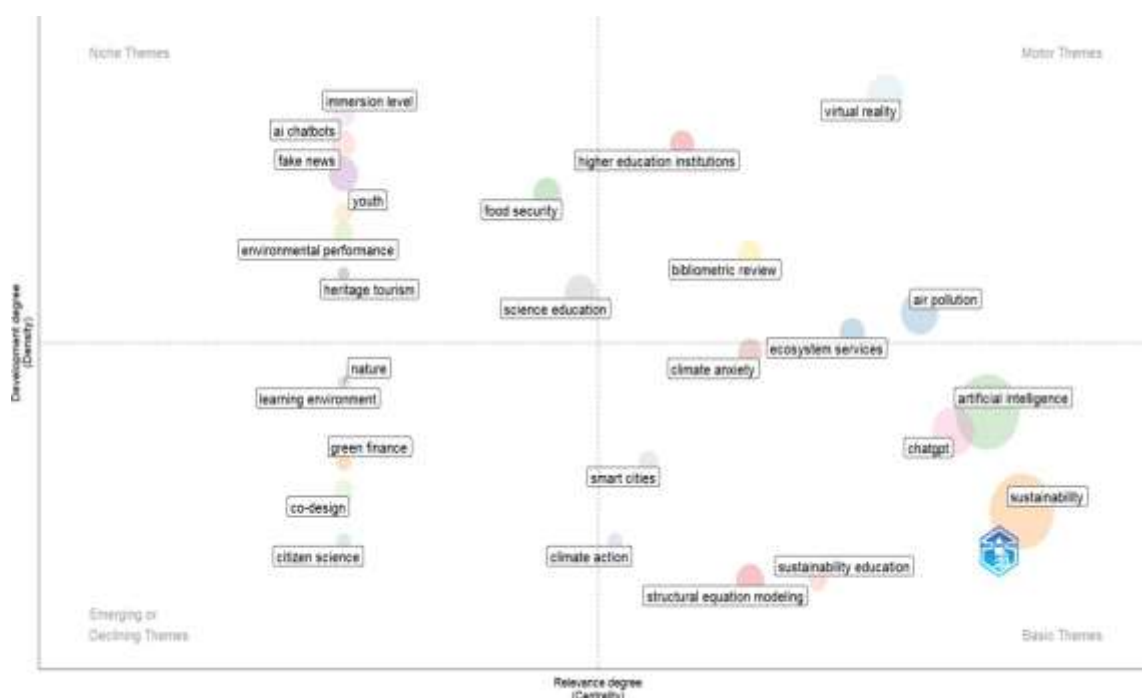
Fonte: elaborado pelos autores.

A análise do grafo de coocorrências mostra dois núcleos principais: um voltado para mudanças climáticas e sustentabilidade, e outro para inteligência artificial, educação e tecnologias emergentes. Para o delineamento do projeto, é recomendável fortalecer a conexão entre essas áreas, explorando como soluções tecnológicas podem apoiar ações educativas voltadas à mitigação das mudanças climáticas. A forte presença de termos como

sustentabilidade, desenvolvimento sustentável e tecnologias imersivas indica oportunidades para integrar metodologias inovadoras de ensino ao tema ambiental. Além disso, o distanciamento entre os blocos sugere a importância de explicitar, no projeto, como a tecnologia educacional será orientada para objetivos de impacto climático, garantindo uma convergência real dos temas.

Na matriz temática, indicada como um diagrama estratégico, os temas emergentes do campo científico estão organizados em duas dimensões: densidade e centralidade.

Figura 2 – Diagrama de matriz temática.



Fonte: elaborado pelos autores.

A matriz temática construída a partir da análise de coocorrência de palavras-chave dos artigos recuperados na base Scopus oferece evidências consistentes para o delineamento conceitual do projeto. Estruturada com base nos eixos de centralidade que expressa o grau de relevância temática no campo e de densidade que indica o nível de desenvolvimento interno dos temas, a matriz revela a existência de dois grandes núcleos de articulação: um associado às tecnologias emergentes e outro relacionado à sustentabilidade e à educação climática.

Temas como *artificial intelligence*, *sustainability* e *ChatGPT* situam-se no quadrante dos temas básicos, caracterizados por alta centralidade e baixa densidade. Essa posição indica que tais conceitos são fundamentais para a estrutura do campo, embora ainda se encontrem em processo de consolidação teórica, configurando um cenário particularmente favorável à

inovação interdisciplinar.

O destaque do tema *virtual reality* como tema motor sinaliza a existência de um corpo de pesquisas mais consolidado, especialmente no que se refere a aplicações educacionais e ao potencial de metodologias imersivas para o ensino e a formação ambiental. Em contraste, temas como *co-design*, *green finance* e *citizen science*, posicionados no quadrante dos temas emergentes, configuram fronteiras teóricas ainda pouco exploradas, mas altamente promissoras, sobretudo quando articuladas a estratégias de engajamento social e à participação de comunidades em contextos de vulnerabilidade.

A dispersão de conceitos como *science education*, *learning environment* e *sustainability education* evidencia, por sua vez, a necessidade de maior integração teórico-metodológica no campo da educação ambiental crítica mediada por tecnologias digitais. Esse cenário aponta para lacunas que demandam abordagens mais sistêmicas e articuladas entre educação, tecnologia e território.

Esses achados reforçam a diretriz central do projeto, ao sustentar a proposta de uma plataforma integrada que combina mapeamento geoespacial automatizado por meio de drones, processamento de imagens com algoritmos de Inteligência Artificial e módulos educativos interativos. Tal integração visa apoiar práticas pedagógicas contextualizadas e contribuir para a promoção da justiça climática em territórios periféricos e socialmente vulneráveis.

O desenvolvimento da Plataforma Habilitante de Inteligência Artificial para Educação Climática surge como resposta aos desafios atuais da educação ambiental, especialmente nas escolas localizadas em territórios impactados por desastres climáticos. Estudos recentes apontam que a educação climática, quando integrada a abordagens pedagógicas inovadoras, é fundamental para a formação de uma cidadania ecológica crítica e ativa (UNESCO, 2021; Leicht *et al.*, 2018). No entanto, grande parte das instituições de ensino brasileiras ainda enfrenta limitações estruturais, carência de formação docente específica e falta de materiais didáticos adequados às demandas ambientais contemporâneas (Barros; Silva; Mello, 2020).

Por outro lado, o avanço das tecnologias digitais e, mais recentemente, da inteligência artificial (IA), abre novas possibilidades para a construção de ambientes de aprendizagem mais dinâmicos, adaptativos e personalizados (Luckin *et al.*, 2016; Holmes; Bialik; Fadel, 2019). Nesse contexto, a plataforma foi pensada como uma ferramenta capaz de articular dados territoriais, modelos de IA, simulações climáticas e recursos pedagógicos, com o objetivo de fortalecer a atuação dos professores na mediação de saberes sobre meio ambiente, mudanças climáticas e sustentabilidade.

Além disso, o conceito de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) foi integrado como eixo estruturante da proposta pedagógica da plataforma, uma vez que as SBNs têm se mostrado eficazes na redução de riscos ambientais, na restauração de ecossistemas urbanos e na geração de benefícios sociais, ecológicos e educacionais (Cohen-Shacham *et al.*, 2019; Nesshöver *et al.*, 2017; Raymond *et al.*, 2017). Ao inserir esse conceito na plataforma, buscamos não apenas informar, mas também inspirar práticas pedagógicas que dialoguem com estratégias reais de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

O desenvolvimento tecnológico da plataforma foi realizado utilizando Python, que oferece um ecossistema robusto para integração de dados, desenvolvimento web e implementação de sistemas de IA. Para garantir uma experiência de uso fluida, responsiva e acessível, o frontend foi desenvolvido utilizando React.js, Tailwind CSS e Bootstrap, aplicando rigorosamente os princípios das Web Content Accessibility Guidelines (WCAG). Essa escolha assegura que docentes e estudantes possam acessar os recursos em qualquer dispositivo e com diferentes condições de conectividade ou acessibilidade, promovendo inclusão digital.

A curadoria de dados é um dos pilares da plataforma e foi viabilizada com o apoio de bibliotecas especializadas em processamento e análise de dados, como Pandas, NumPy, BeautifulSoup e LangChain. Para o processamento de linguagem natural, aplicamos bibliotecas como spaCy, NLTK e os modelos baseados em transformers, incluindo o Llama 2, desenvolvido pela Meta AI. O uso desses modelos de linguagem de grande porte permite que a plataforma ofereça sugestões inteligentes de planos de aula, resumos de artigos científicos, atividades educativas, geração de questionários e até respostas assistivas para dúvidas dos professores sobre temas ambientais e climáticos.

Na infraestrutura de dados, foram implementadas soluções que permitem tanto o armazenamento relacional quanto o processamento de dados complexos. O banco de dados PostgreSQL, com suporte à extensão PostGIS, possibilita a integração de dados georreferenciados fundamentais para a análise territorial e riscos climáticos locais. Já o banco de grafos Neo4j foi adotado para estruturar um Grafo de Conhecimento, interligando conceitos de biodiversidade, soluções baseadas na natureza, impactos climáticos e competências socioambientais. Complementando, o Elasticsearch oferece mecanismos de busca semântica e eficiente em grandes volumes de dados.

A arquitetura da plataforma foi projetada com base em microsserviços, hospedada na nuvem, combinando recursos da AWS, Google Cloud e Azure, garantindo escalabilidade, segurança, alta disponibilidade e facilidade na manutenção. Cada módulo da plataforma como

análise territorial, curadoria inteligente, simulações climáticas ou geração de trilhas de aprendizagem funciona de forma independente, permitindo flexibilidade na evolução e no aprimoramento contínuo do sistema.

As principais funcionalidades da plataforma foram construídas para apoiar diretamente o professor na sua prática pedagógica. Entre elas estão: análise territorial com mapas interativos, acesso a dados atualizados sobre riscos climáticos; curadoria inteligente de recursos, sugerindo planos de aula e atividades alinhadas ao contexto do território e dos objetivos pedagógicos; simuladores de cenários climáticos, que permitem explorar o impacto de diferentes variáveis ambientais; e um Grafo de Conhecimento, que facilita a navegação por temas interdisciplinares, conectando ciência, sustentabilidade e educação.

Todo o processo de desenvolvimento seguiu uma abordagem participativa, com ciclos de validação junto a professores, pesquisadores em educação e especialistas em meio ambiente. A plataforma busca, assim, ser não apenas uma solução tecnológica, mas uma ferramenta pedagógica potente, que contribui para o desenvolvimento de competências socioambientais, a promoção da educação climática e a formação de uma cidadania ecológica crítica, conforme defendem UNESCO (2021) e Leicht *et al.* (2018).

DISCUSSÃO

A integração de Inteligência Artificial na educação vem se consolidando, especialmente em aplicações como sistemas tutores inteligentes, trilhas de aprendizagem adaptativas e ambientes virtuais personalizados (Aleven *et al.*, 2017; Baker; Inventado, 2014). No entanto, a utilização de Grafos de Conhecimento (KG) representa um avanço significativo, pois permite organizar e conectar informações complexas, modelando conceitos de forma contextualizada e dinâmica (Ehrlinger; Wöss, 2016; Hogan *et al.*, 2020). No campo das políticas públicas ambientais, iniciativas como o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) reforçam a urgência de articular educação, tecnologia e conservação ambiental (UNESCO, 2021). Nesse cenário, a proposta da plataforma habilitante de IA busca justamente responder a essa demanda, oferecendo aos professores uma ferramenta que une curadoria de dados, simulações territoriais, modelos de IA e abordagens pedagógicas alinhadas à educação climática contemporânea.

A plataforma se inspira no modelo Climate Economy Regional Agent-Based (CRAB), desenvolvido por Taberna, Filatova, Hochrainer-Stigler, Nikolic e Noll (2023), que demonstra como ações adaptativas em múltiplos níveis envolvendo governos, empresas, comunidades e

famílias são essenciais para enfrentar eventos climáticos extremos, como enchentes e inundações. Alinhado a esse modelo, o projeto propõe uma abordagem multiescalar e socioeducativa, que combina simulação de cenários, mobilização comunitária e formação docente, com ênfase na construção de resiliência urbana e social. Ao incorporar recursos como Processamento de Linguagem Natural (PLN) e Grafos de Conhecimento, a plataforma oferece suporte tanto à tomada de decisão pedagógica quanto à análise dos impactos socioambientais, fortalecendo, assim, o papel da educação como vetor estratégico na implementação dos ODS, especialmente os ODS 11 (Cidades e Comunidades Sustentáveis) e 13 (Ação contra a Mudança Global do Clima).

CONTRIBUIÇÕES

Nesse sentido, a pesquisa adota a educação ambiental como eixo estruturante, promovendo o treinamento de populações vulneráveis em práticas como a separação adequada de resíduos, identificação de rotas seguras em áreas sujeitas a alagamentos e participação ativa em estratégias de mitigação baseadas na coleta e reutilização de resíduos sólidos. A plataforma proposta visa apoiar o trabalho docente ao integrar tecnologias, capazes de identificar e mapear locais com acúmulo de lixo reciclável que contribuem para a obstrução de canais pluviais, bem como zonas com maior exposição a riscos de enchentes considerando variáveis como relevo, ocupação irregular, impermeabilização do solo e proximidade de corpos d'água.

Essas informações serão convertidas em uma cartografia de risco acessível, associada a módulos educativos interativos voltados à formação de professores e agentes multiplicadores nas comunidades mapeadas. Espera-se que os dados gerados subsidiem políticas públicas relacionadas à limpeza urbana, coleta seletiva, prevenção de desastres e educação climática, fortalecendo redes de colaboração entre escolas, prefeituras e organizações sociais.

A originalidade da proposta está na convergência entre inovação tecnológica, ciência comportamental e ação comunitária, utilizando a inteligência artificial não apenas como ferramenta técnica de mapeamento e análise, mas como catalisadora de engajamento social e transformação ambiental. Assim, a pesquisa contribui para o desenvolvimento de soluções sustentáveis e participativas, promovendo a resiliência climática em territórios urbanos periféricos e vulneráveis.

Este projeto, desenvolvido no âmbito do doutorado no Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE/UFRGS), propõe uma contribuição inovadora ao campo da Informática na Educação ao articular uma solução tecnológica com enfoque socioambiental, fundamentada em bases teóricas consolidadas e em práticas pedagógicas contemporâneas.

A proposta integra diferentes componentes de forma articulada. Primeiramente, utiliza Grafos de Conhecimento para representar e mapear as relações entre conteúdos curriculares, condições ambientais locais e ações pedagógicas, a partir de uma curadoria sistemática de dados. Essa curadoria organiza informações provenientes de fontes confiáveis, como literatura científica, livros didáticos, artigos acadêmicos e dados institucionais, garantindo consistência conceitual e alinhamento educacional.

Em complemento, emprega técnicas de Inteligência Artificial para a recomendação de trilhas de aprendizagem personalizadas e para a construção de simulações climáticas, considerando tanto os dados territoriais quanto o conhecimento previamente estruturado nos grafos. Esse mecanismo busca apoiar decisões pedagógicas mais contextualizadas e sensíveis às realidades locais.

O projeto também contempla o desenvolvimento de uma interface educacional gamificada, concebida para ampliar o engajamento dos estudantes ao transformar desafios ambientais em experiências interativas, exploratórias e colaborativas, favorecendo a participação ativa e o aprendizado significativo.

Por fim, a proposta se ancora em metodologias ativas, articulando a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) à realização de microprojetos ecológicos. Essa abordagem estimula a autonomia dos estudantes, o pensamento crítico e a aplicação prática do conhecimento, promovendo a reflexão e a intervenção sobre problemas reais do território em que estão inseridos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da crise climática e da urgência de respostas educacionais efetivas, a Plataforma Habilitante de IA para enfrentamento das emergências climáticas configura-se como uma solução transformadora. Sua fundamentação teórica sólida, metodologia interdisciplinar e proposta tecnológica inédita no país fazem deste projeto um marco na interseção entre educação, inteligência artificial e meio ambiente. Como iniciativa de doutorado no PPGIE/UFRGS, contribui não apenas para a formação acadêmica, mas também para a sociedade, reforçando o papel transformador da educação na construção de um futuro resiliente e ecologicamente justo.

Mais do que uma proposta tecnológica, este projeto representa um chamado urgente à reflexão e à ação no ambiente escolar. Inserir tecnologias emergentes como inteligência artificial, grafos de conhecimento e curadoria de dados no contexto educacional não é mais uma

escolha opcional, mas uma necessidade diante dos desafios do nosso tempo. Preparar os estudantes para compreenderem os fenômenos climáticos, analisarem dados reais do seu território e desenvolverem soluções locais é essencial para formar uma geração mais crítica, consciente e capaz de enfrentar as emergências climáticas. Trabalhar desde já com essas ferramentas na escola significa não apenas alinhar-se às demandas contemporâneas, mas também garantir uma educação conectada à vida, ao território e ao futuro que desejamos construir coletivamente.

REFERÊNCIAS

ALEVEN, Vincent; MCLAUGHLIN, Elizabeth A.; GLENN, Robert; KOEDINGER, Kenneth R. Instruction based on adaptive learning technologies. In: MAYER, Richard E.; ALEXANDER, Patricia A. (Org.). **Handbook of research on learning and instruction**. 2. ed. New York: Routledge, 2017. p. 522-560.

ARANA-RUEDAS, Del Piero R.; CRUZ M, Yomira; SOTO-GUERRA, Laura; TTITO M, Ewonny. Public knowledge regarding adaptation and mitigation measures against climate change in Lima, Peru. **Manglar**, v. 20, n. 3, p. 289–296, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.57188/manglar.2023.033>.

ARCE ROMERO, Antonio *et al.* Crop yield simulations in Mexican agriculture for climate change adaptation. **Atmósfera**, v. 33, n. 3, p. 215–231, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.20937/atm.52430>.

BAKER, Ryan S.; INVENTADO, Paul S. Educational data mining and learning analytics. In: LANE, H. Chad; YACEF, Kalina; MOSTOW, Jack; SINCLAIR, John (Org.). **Learning analytics**. New York: Springer, 2014. p. 61-75.

BARROS, Davi D.; SILVA, Eliane G.; MELLO, Cláudia F. Educação ambiental e os desafios das escolas públicas brasileiras. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, São Paulo, v. 15, n. 1, p. 45–61, 2020.

BERNAL SÁNCHEZ, Laura Camila. Estrategias de adaptación al cambio climático en el sector agrícola colombiano. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 29, n. 3, p. e03–e03, 2023.

BOLAÑOS-GUERRA, Bernardo; CALDERÓN-CONTRERAS, Rafael. Desafíos de resiliencia para disminuir la migración inducida por causas ambientales desde Centroamérica. **Revista de Estudios Sociales**, n. 76, p. 7–23, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.7440/res76.2021.02>.

BRITO, Renata Peregrino de. The multilevel path to climate change adaptation. **Revista de Administração de Empresas**, v. 62, n. 6, p. e2021-0021-0021, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0034-759020220609>.

COHEN-SHACHAM, Eliahu *et al.* **Nature-based solutions to address global societal challenges**. Gland: IUCN, 2019. Disponível em: <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2019-036-En.pdf>. Acesso em: 25

maio 2025.

CARVAJAL-SUÁREZ, Isaac; VARGAS-ROJAS, Jorge Claudio. Productividad del pasto Cuba OM-22 bajo diferentes densidades de siembra y frecuencias de cosecha. **InterSedes**, v. 24, n. 49, p. 216–237, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15517/isucr.v24i49.50582>.

CISNEROS, Paul; ILBAY-YUPA, Mercy. How is climate change adaptation aid allocated? A study of climate justice in Ecuador. **Desarrollo y Sociedad**, n. 95, p. 91–130, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.13043/dys.95.3>.

COAYLA, Edelina; BEDÓN, Ysabel. Peruvian organic agro-exports, climate change and food security. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 62, n. 4, p. e282838–e282838, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.282838>.

DRENKHAN, Fabian; CASTRO-SALVADOR, Sofía. Una aproximación hacia la seguridad hídrica en los Andes tropicales: desafíos y perspectivas. **Revista Kawsaypacha: Sociedad y Medio Ambiente**, n. 12, p. A-006–006, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.18800/kawsaypacha.202302.a006>.

EHRLINGER, Lisa; WÖSS, Wolfgang. Towards a definition of knowledge graphs. In: **SEMANTiCS 2016**. Leipzig, Alemanha, 2016. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1812.01280>. Acesso em: 25 maio 2025.

FONTANA, Michele Dalla *et al.* Integrando conhecimentos para avançar na adaptação climática no nível local. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 102, p. 143–157, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.009>.

FURCHE GUAJARDO, Carlos. El futuro de la agricultura y la alimentación: apuntes para una discusión sobre nuevos requerimientos para la formación profesional en ciencias agronómicas. **Idesia (Arica)**, v. 41, n. 2, p. 105–113, 2023.

GALLARDO-LÓPEZ, Felipe *et al.* Disonancia cognitiva ante el cambio climático en apicultores: un caso de estudio en México. **Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias**, v. 12, n. 1, p. 238–255, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12i1.5213>.

GARIBAY-CHÁVEZ, M. G.; CURIEL-BALLESTEROS, A. Demandas al sector salud ante las manifestaciones del cambio climático en Jalisco. **Revista Bio Ciencias**, v. 8, p. e884–e884, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.15741/revbio.08.e884>.

GOMEL-APAZA, Zenón Porfidio *et al.* Usos de conocimientos tradicionales de conservación de la agrobiodiversidad en adaptación al cambio climático en comunidades indígenas de Puno, Perú. **Revista Espiga**, v. 22, n. 46, p. 140–163, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.22458/re.v22i46.5016>.

GÓMEZ VILLERÍAS, Ramiro Salvador *et al.* Activismo ambiental e incidencia para la adaptación al cambio climático en Acapulco. **Espiral (Guadalajara)**, v. 28, n. 82, p. 291–328, 2021.

GÓMEZ-CAMPOS, Nelvis Elaine; VALDÉS-SANTANA, Cecilia Rosalía; CABRERA-MARTÍNEZ, Juan Alfredo. Adaptación al cambio climático basada en servicios ecosistémicos.

Ações desde el sector de la salud en Matanzas. **Revista Médica Electrónica**, v. 46, p. e5560– e5560, 2024.

GONZÁLEZ DE LEÓN, Aquileo Daniel et al. Evaluación y estimación de curvas de calibración de dispositivos para medir humedad de suelo. **Agronomía Mesoamericana**, v. 35, n. 1, p. 55384–55384, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.15517/am.2024.55384>.

GONZÁLEZ ORNELAS, Itzel; MUÑOZ MELÉNDEZ, Gabriela. Adaptive capacity to climate variability in three rural communities at Sierra de San Pedro Martir. **Frontera Norte**, v. 33, p. e2114–e2114, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2114>.

HOGAN, Aidan et al. Knowledge graphs. **ACM Computing Surveys**, New York, v. 54, n. 4, p. 1–37, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1145/3417984>. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2003.02320>. Acesso em: 25 maio 2025.

HERNÁNDEZ-NARVÁEZ, Desireé et al. Adaptación basada en ecosistemas y carbono azul en la gestión del cambio climático del gran Caribe. **Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía**, v. 32, n. 1, p. 70–87, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15446/rcdg.v32n1.90964>.

HERRERA CARMONA, Julio César et al. Vulnerability and climate risk analysis of the mangrove socio-ecosystem in Colombia. **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR**, v. 53, n. 2, p. 103–132, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2024.53.2.1308>.

HIDALGO-MAYO, Axel et al. Metodología para el estudio climático de las inundaciones costeras en Cuba. Aplicación en la costa norte de la región central y oriental. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 26, n. 2, p. e08–e08, 2020.

HOLMES, Wayne; BIALIK, Maya; FADEL, Charles. **Artificial intelligence in education: promises and implications for teaching and learning**. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019. Disponível em: <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/AI-in-Education-Promises-and-Implications.pdf>. Acesso em: 25 maio 2025.

ISLAS-VARGAS, Maritza. Adaptación al cambio climático: definición, sujetos y disputas. **Letras Verdes, Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales**, n. 28, p. 9–30, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.17141/letrasverdes.28.2020.4333>.

LÓPEZ PERDOMO, Daniel Alejandro; GUZMÁN ALVIS, Ángela Inés. Determination of an exclusive artisanal fishing zone-ZEPA as a strategy for the sustainable management of fishing resources and climate adaptation for artisanal fishers of the Colombian South Pacific. **Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR**, v. 53, n. 1, p. 117–144, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2024.53.1.1240>.

LEICHT, Alexander; HEISS, Julia; BYUN, Won Jung. (Org.). **Issues and trends in education for sustainable development**. Paris: UNESCO, 2018. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000261445>. Acesso em: 25 maio 2025.

LUCKIN, Rosemary et al. **Intelligence unleashed: an argument for AI in education**. London: Pearson Education, 2016. Disponível em:

https://www.pearson.com/content/dam/corporate/global/pearson-dot-com/files/innovation/Intelligence_Unleashed_Publication.pdf. Acesso em: 25 maio 2025.

MELO, Inamara Santos *et al.* Adaptação aos impactos das mudanças climáticas na perspectiva do Plano Diretor da cidade do Recife. **Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais**, v. 23, p. e202140–e202140, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.22296/2317-1529.rbeur.202140pt>.

MENA RENTERÍA, Darwin *et al.* Water supply failure probability under influence of climate change – Balsillas river basin case study. **Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia**, n. 103, p. 9–19, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.17533/udea.redin.20201008>.

MONTERO-MATA, Rudy; GUARDADO-LACABA, Rafael Miguel. Integración de las políticas de reducción de riesgos de desastres y la adaptación al cambio climático en los municipios costeros. **Minería y Geología**, v. 40, n. 2, p. 145–155, 2024.

NESSHÖVER, Carsten *et al.* The science, policy and practice of nature-based solutions: an interdisciplinary perspective. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 579, p. 1215–1227, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.11.106>. Acesso em: 25 maio 2025.

NUSDEO, Ana Maria de Oliveira; SILVA, Andresa Tatiana da; ROTTA, Fernanda dos Santos. Adaptação às mudanças climáticas e prevenção a desastres na cidade de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 37, n. 109, p. 263–278, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2023.37109.016>.

OSWALD, Úrsula. Migración climática y fronteras militarizadas: seguridad humana, de género y ambiental. **Frontera Norte**, v. 35, p. e2292–e2292, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.33679/rfn.v1i1.2292>.

OVIEDO-CELIS, Ricardo Andrés; CASTRO-ESCOBAR, Edison Stiven. Un análisis comparativo de la sostenibilidad de sistemas para la producción de café en fincas de Santander y Caldas, Colombia. **Ciencia y Tecnología Agropecuaria**, v. 22, n. 3, p. e2230–e2230, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num3_art:2230.

PACHECO-PEÑA, Daniel; LEMA-QUINGA, Luis; YÁNEZ-MORETTA, Patricio. Cogestión del agua entre actores públicos y comunitarios como herramienta de adaptación al cambio climático global: el caso de la Comuna Santa Clara de San Millán, DM Quito. **LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida**, v. 37, n. 1, p. 44–57, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.17163/lgr.n37.2023.04>.

REYES ARTILES, Grisel; PRIMELLES FARIÑAS, Josefa. Marco conceptual y metodológico del sistema de indicadores para el monitoreo de los ecosistemas marino-costeros del norte de Camagüey. **Retos de la Dirección**, v. 17, n. 2, p. e23201–e23201, 2023.

RIVERA-CRESPO, Omayra; RODRÍGUEZ, Yara Colón. Casas resilientes en Puerto Rico: resistir al desastre redefiniendo la vivienda. **Revista de Arquitectura (Bogotá)**, v. 23, n. 2, p. 84–93, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.14718/revarq.2021.2793>.

RODRÍGUEZ ARIAS, Reynaldo Luis; ZAMORA FERNÁNDEZ, Maria de los Angeles. Impactos del cambio climático en el sector aeroportuario en Cuba. Estudio preliminar. **Revista Cubana de Meteorología**, v. 30, n. 1, p. e04–e04, 2024.

RAYMOND, Christopher M. *et al.* A framework for assessing and implementing the co-benefits of nature-based solutions in urban areas. **Environmental Science & Policy**, Amsterdam, v. 77, p. 15-24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2017.07.008>. Acesso em: 25 maio 2025.

SCHÜNKE, Marco Aurélio; BARONE, Dante Augusto Couto; SILVA, Rodrigo de Cássio da. Educação Climática 4.0: Como Potencializar o Papel dos Professores com PLN e KG?. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE ÉTICA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL, 1. , 2024, Niterói. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2024 . p. 73-76. DOI: <https://doi.org/10.5753/laai-ethics.2024.32455>.

SEGURA RAMÍREZ, Luis Diego; BONILLA VARGAS, Adriana. La influencia de los marcos de referencia (framings) en la gobernanza de la adaptación al cambio climático y gestión del riesgo a nivel local: Los casos de Upala de Costa Rica y San Francisco del Valle de Ocotepeque Honduras. **Revista Relaciones Internacionales**, v. 96, n. 1, p. 93–130, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15359/ri.96-1.4>.

SEGURA RAMÍREZ, Luis Diego; BONILLA VARGAS, Adriana. The influence of framing on the governance of climate change adaptation and risk management at the local level: The cases of Upala in Costa Rica and San Francisco del Valle de Ocotepeque, Honduras. **Revista Relaciones Internacionales**, v. 96, n. 1, p. 208–244, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.15359/ri.96-1.10>.

SILVA DUARTE, Denise Helena; TEIXEIRA GONÇALVES, Fábio Luiz. Urban climate adaptation: an interdisciplinary research experience empowering architecture and urbanism education. **Revista de Arquitetura (Bogotá)**, v. 24, n. 2, p. 116–125, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.14718/revarq.2022.24.4380>.

SMITH, Welber Senteio et al. Extreme events and ichthyofauna: case report of a neotropical river. **Revista Ambiente & Água**, v. 19, p. e3011–e3011, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.3011>.

UNESCO. **Education for sustainable development: a roadmap**. Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374802>. Acesso em: 25 maio 2025.

VALLE-CÁRDENAS, Beatriz Del *et al.* Las organizaciones de la sociedad civil y su papel en la adaptación al cambio climático en México. **Revista Mexicana de Investigación Educativa**, v. 25, n. 87, p. 1149–1182, 2020.

VILLAVICENCIO-ORDÓÑEZ, Johanna Elizabeth; LÓPEZ-GUZMÁN, Diana Raquel; VELÁSQUEZ-CAJAS, Ángel Patricio. Crecimiento urbano y vulnerabilidad al cambio climático de Calderón en el Distrito Metropolitano de Quito, Ecuador. **Urbano (Concepción)**, v. 27, n. 49, p. 94–107, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.22320/07183607.2024.27.49.07>.