

REDES NEURAIS EXPLICÁVEIS E ROBÓTICA EDUCACIONAL: REVISÃO E ANÁLISE DO OPEN ROBERTA LAB PARA O ENSINO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

EXPLAINABLE NEURAL NETWORKS AND EDUCATIONAL ROBOTICS: REVIEW AND ANALYSIS OF THE OPEN ROBERTA LAB FOR TEACHING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

REDES NEURONALES EXPLICABLES Y ROBÓTICA EDUCATIVA: REVISIÓN Y ANÁLISIS DEL LABORATORIO ABIERTO ROBERTA PARA LA ENSEÑANZA DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Jorge Mikael Coutinho Alves¹
Genarde Macedo Trindade²

RESUMO: Esta pesquisa apresenta resultados parciais sobre o ensino de Inteligência Artificial no Ensino Médio, com ênfase em Redes Neurais Explicáveis e no uso do simulador Open Roberta Lab como recurso pedagógico. O estudo incluiu revisão de literatura e análise funcional e pedagógica do simulador Open Roberta Lab, considerando sua compatibilidade com a BNCC Computação e abordagens construcionistas. Os achados indicam que a plataforma oferece programação visual por blocos, simulação de 32 sistemas incluindo microcontroladores, robôs físicos e módulos de IA e recursos para criação e treinamento de Redes Neurais Explicáveis simples com visualização em tempo real. Essas funcionalidades favorecem a compreensão de conceitos como aprendizado supervisionado e tomada de decisão baseada em dados, superando a lógica de caixa-preta da Inteligência Artificial. O simulador Open Roberta Lab mostrou-se acessível, gratuito e multiplataforma, possibilitando a realização de atividades práticas mesmo em contextos escolares com infraestrutura limitada. A proposta articula-se a competências da BNCC, como compreensão crítica de sistemas de IA, modelagem computacional e desenvolvimento de projetos integradores. O simulador Open Roberta Lab representa uma alternativa viável e inclusiva para a popularização da Inteligência Artificial educação básica, sendo promissor para o desenvolvimento de sequências didáticas que unam teoria e prática.

1782

Palavras-chave: Redes Neurais Explicáveis. Inteligência Artificial. Open Roberta Lab.

ABSTRACT: This research presents partial results on the teaching of Artificial Intelligence in high school, with an emphasis on Explainable Neural Networks and the use of the Open Roberta Lab simulator as a pedagogical resource. The study included a literature review and a functional and pedagogical analysis of the Open Roberta Lab simulator, considering its compatibility with the BNCC Computing and constructionist approaches. The findings indicate that the platform offers visual block programming, simulation of 32 systems including microcontrollers, physical robots, and AI modules, and resources for creating and training simple Explainable Neural Networks with real-time visualization. These features favor the understanding of concepts such as supervised learning and data-driven decision-making, overcoming the black-box logic of Artificial Intelligence. The Open Roberta Lab simulator proved to be accessible, free, and multiplatform, enabling practical activities even in school settings with limited infrastructure. The proposal is articulated with BNCC competencies, such as critical understanding of AI systems, computational modeling, and the development of integrative projects. The Open Roberta Lab simulator represents a viable and inclusive alternative for the popularization of Artificial Intelligence in basic education, being promising for the development of teaching sequences that combine theory and practice.

Keywords: Explainable Neural Networks. Artificial Intelligence. Open Roberta Lab.

¹ Discente do curso de Licenciatura em Computação pela Universidade do Estado do Amazonas.

² Docente do curso de Licenciatura em Computação pela Universidade do Estado do Amazonas.

RESUMEN: Esta investigación presenta resultados parciales sobre la enseñanza de la Inteligencia Artificial en la educación secundaria, con énfasis en las Redes Neuronales Explicables y el uso del simulador Open Roberta Lab como recurso pedagógico. El estudio incluyó una revisión bibliográfica y un análisis funcional y pedagógico del simulador Open Roberta Lab, considerando su compatibilidad con los enfoques computacionales y construccionistas de la BNCC. Los hallazgos indican que la plataforma ofrece programación visual por bloques, simulación de 32 sistemas, incluyendo microcontroladores, robots físicos y módulos de IA, y recursos para la creación y el entrenamiento de Redes Neuronales Explicables simples con visualización en tiempo real. Estas características favorecen la comprensión de conceptos como el aprendizaje supervisado y la toma de decisiones basada en datos, superando la lógica de caja negra de la Inteligencia Artificial. El simulador Open Roberta Lab demostró ser accesible, gratuito y multiplataforma, lo que permite actividades prácticas incluso en entornos escolares con infraestructura limitada. La propuesta se articula con las competencias de la BNCC, como la comprensión crítica de los sistemas de IA, el modelado computacional y el desarrollo de proyectos integradores. El simulador Open Roberta Lab representa una alternativa viable e inclusiva para la popularización de la Inteligencia Artificial en la educación básica, siendo prometedor para el desarrollo de secuencias de enseñanza que combinen teoría y práctica.

Palabras clave: Redes neuronales explicables. Inteligencia artificial. Open Roberta Lab.

INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) tem se destacado como tecnologia transversal, ganhando espaço em diversos setores, inclusive na educação (SANTOS, 2024a). No Brasil, o avanço da IA requer o desenvolvimento de competências que articulem Pensamento Computacional (PC), compreensão crítica e uso ético da tecnologia. Documentos como o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA) reforçam o papel da escola nesse processo (DUARTE, 2024; BRASIL, 2024).

1783

Embora haja reconhecimento institucional da importância da IA, sua implementação na Educação Básica ainda enfrenta desafios significativos (SANTOS, 2024b). A falta de materiais acessíveis, infraestrutura limitada e formação docente insuficiente dificultam a aplicação de conceitos como Redes Neurais Artificiais (RNAs) (MACIEL; LEAL, 2022; CAVALCANTE et al., 2023). Mesmo com interesse pedagógico, os custos de kits físicos e a complexidade de algumas ferramentas reduzem as possibilidades práticas (ALEIXO, 2021). Diante disso, é necessário investigar soluções pedagógicas acessíveis e visuais, em consonância com os objetivos da BNCC Computação (DOS SANTOS et al., 2025; BRASIL, 2022).

Nesse contexto, simuladores como o Open Roberta Lab (ORL) têm se mostrado uma alternativa para o ensino de Robótica Educacional (RE) e IA em diferentes realidades escolares (SANGALI; CATABRIGA; BOERES, 2024; GAMA, 2023). O ORL permite programação visual por blocos e simulação de diversos robôs e microcontroladores, viabilizando atividades práticas mesmo sem kits físicos. O uso do ORL para apoiar sequências didáticas sobre Redes Neurais Explicáveis (XNNs) destaca-se por sua acessibilidade, inovação metodológica e

alinhamento com diretrizes curriculares, como evidenciam estudos sobre Construcionismo e IA explicável (RIBEIRO, 2024; POTTER; STILINSKI; ADABLANU, 2024).

Dessa forma, este artigo apresenta resultados de uma pesquisa em desenvolvimento, voltada à investigação de possibilidades didáticas para o ensino de IA com foco em XNNs, utilizando o simulador ORL. Desta forma, contemplando a revisão de literatura e análise exploratória do ORL enquanto ferramenta educacional. As próximas seções estão organizadas da seguinte forma: Fundamentos teóricos (seção 2), metodologia (seção 3), resultados e discussão (seção 4) e considerações finais (seção 5).

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A IA tem sido apontada como um campo estratégico para o desenvolvimento educacional, especialmente pela sua capacidade de promover a personalização do ensino, a automação de tarefas repetitivas e a mediação inteligente da aprendizagem (PESTANA, 2025). No Brasil, o PBIA define diretrizes que orientam a formação de cidadãos preparados para lidar com tecnologias emergentes de forma crítica e ética, integrando a IA em diversas áreas do conhecimento (BRASIL, 2024).

No contexto escolar, a IA pode ser utilizada para apoiar professores e estudantes por meio de sistemas adaptativos, tutores inteligentes e assistentes de aprendizagem. Essa abordagem amplia o potencial de aprendizagem ao favorecer a diversidade de ritmos e estilos cognitivos, auxiliando na tomada de decisão pedagógica (RIBEIRO, 2024). A literatura aponta que, transcendendo o uso da IA, é fundamental que os estudantes compreendam os fundamentos, implicações sociais e limites (SANTOS, 2024c).

Esse entendimento crítico da IA exige uma abordagem curricular que promova o letramento computacional, com foco em algoritmos, dados e aprendizado de máquina (ALEIXO, 2021). No Ensino Médio, tal abordagem deve estar aliada ao desenvolvimento do PC e à reflexão ética, o que justifica a introdução de conteúdos como RNAs e XNNs (DUARTE, 2024). Assim, a escola assume um papel de mediação entre os avanços tecnológicos e a formação cidadã.

BNCC Computação no Ensino Médio

A BNCC, em seu documento complementar de Computação, estabelece competências e habilidades específicas que visam preparar os estudantes para o uso crítico e criativo das tecnologias digitais (LIMA, 2023). No Ensino Médio, destacam-se habilidades como EM13CO10

(compreensão da IA), EM13CO11 (modelagem computacional), EM13CO12 (tomada de decisão baseada em dados) e EM13CO16 (desenvolvimento de projetos com robótica e simuladores) (BRASIL, 2022).

Essas diretrizes alinham-se a propostas educacionais que valorizam o protagonismo estudantil e o uso das tecnologias como ferramentas cognitivas (GUARDA; SILVEIRA, 2023). A Computação é apresentada não apenas como um conjunto de ferramentas, mas como uma ciência a ser ensinada com intencionalidade pedagógica. Essa perspectiva é reforçada por iniciativas da Sociedade Brasileira de Computação, que propõem a formação de professores e a elaboração de materiais curriculares compatíveis com a BNCC (VICARI; RODRIGUES; LIMA, 2023).

Neste sentido, a integração da IA e da RE ao currículo da Educação Básica é mais do que desejável, é uma exigência legal e pedagógica (SILVA; GONÇALVES, 2024). O desafio está em operacionalizar essas competências com equidade, especialmente em ambientes escolares que enfrentam limitações estruturais. Desta forma, o uso de simuladores, como o ORL, surge nesse contexto como uma solução viável e alinhada às habilidades da BNCC Computação.

O Construcionismo como Abordagem Pedagógica

1785

O Construcionismo, proposto por Seymour Papert, defende que os alunos aprendem melhor quando estão ativamente envolvidos na construção de produtos significativos, especialmente por meio de tecnologias digitais. Essa abordagem valoriza a experimentação, o erro como parte do processo de aprendizagem e o trabalho colaborativo em torno de projetos concretos (RIBEIRO NETO, 2024).

No contexto da RE e da IA, o Construcionismo oferece um suporte teórico para o uso de simuladores e ambientes digitais de programação (ALVES, 2022). Ele orienta práticas pedagógicas que colocam os estudantes como protagonistas, responsáveis pela criação de soluções para problemas reais com base em seus próprios interesses e ritmos de aprendizagem (FIGUEIREDO, 2022).

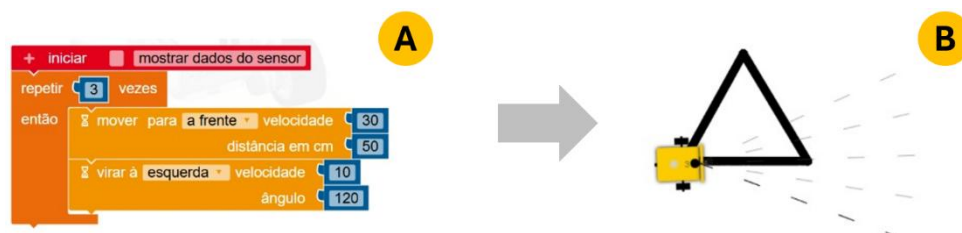
Ao alinhar-se a metodologias ativas e ao uso de plataformas como o ORL, o Construcionismo contribui para a construção de sequências didáticas conectadas com a realidade dos estudantes e voltadas para o desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e emocionais. É nesse contexto que a presente pesquisa se ancora para propor estratégias de ensino com base em IA e RE.

Open Roberta Lab como Ferramenta Educacional

O simulador ORL é uma plataforma *online* e gratuita, desenvolvida pelo Instituto Fraunhofer IAIS, com o objetivo de democratizar o acesso ao ensino de programação e robótica por meio de simulações. A plataforma utiliza a linguagem NEPO, inspirada no Scratch, permitindo que os estudantes programem com blocos visuais e simulem robôs reais sem necessidade de *hardware* (LEIMBACH, 2024).

A plataforma suporta uma ampla gama de dispositivos simulados, o que proporciona diversidade de experiências e atende a diferentes níveis de ensino e perfis escolares. Pois o ORL conta com módulos voltados para IA incluindo ambientes para criação e treinamento de RNAs simples, o que o torna ideal para o ensino de conceitos introdutórios de aprendizado de máquina (MÜNSTERBERG; LEIMBACH; MÜLLER, 2023). A seguir, na Figura 1, apresenta um modelo de código e a simulação do robô.

Figure 1. Modelo de códigos em blocos NEPO e simulação do robô



Fonte: elaborada pelo autor.

A Figura 1, na letra A, mostra um código em blocos que programa o robô para repetir uma sequência de movimentos. Já na letra B, exibe a simulação dessa programação, na qual o robô desenha um triângulo ao avançar e girar à esquerda três vezes, formando ângulos de 120 graus. Essa atividade ajuda os estudantes a entenderem conceitos como repetição, controle de movimento e orientação espacial.

Atualmente no ORL estão disponíveis 32 sistemas simuláveis, que abrangem diferentes robôs físicos, microcontroladores e ambientes virtuais. Possibilitando a personalização de propostas pedagógicas de acordo com os objetivos de aprendizagem e os recursos disponíveis nas escolas. Entre os sistemas, destacam-se: *Calliope mini*, *Arduino*, *Micro:bit*, *mBot*, *Bionic Flower*, *BOB3*, *Bot'n Roll*, *Edison V2 V3*, *NAO*, *RCJ RescueOnlineSim*, *ROB3RTA*, *Robotino*, *senseBox*, *LEGO Spike Prime*, *Robot Inventor*, *Thymio*, *TxT Controller*, *WeDo* e *LEGO Mindstorms*.

Esses sistemas podem ser agrupados em quatro categorias principais: i) Microcontroladores programáveis; ii) Robôs educacionais físicos; iii) Simulação e IA; iv) Kits LEGO compatíveis. Cada grupo oferece características específicas que ampliam as

possibilidades de abordagem em sala de aula. A seguir, a Tabela 1 apresenta uma classificação didática desses sistemas, com exemplos e possibilidades pedagógicas.

Tabela 1 - Classificação dos sistemas simuláveis do ORL. Fonte: Elaborada pelos autores

Categoria	Sistemas simuláveis	Possibilidades pedagógicas
Microcontroladores programáveis	<i>Calliope mini, Arduino, micro:bit, senseBox</i>	Introdução à lógica computacional, controle de sensores, automação básica
Robôs educacionais físicos	<i>mBot, BOB3, Thymio, Bot'n Roll, Edison V2/V3, NAO, Robotino, RCJ Rescue Online Sim, Bionic Flower</i>	Programação de movimento, sensores, resposta ao ambiente físico ou simulado
Simulação e IA	<i>ROB3RTA, RCJ Rescue Online Sim, módulos de rede neural, visão e som</i>	Ensino de redes neurais, tomada de decisão, visão computacional e IA explicável
Kits LEGO compatíveis	<i>LEGO Mindstorms (EV3, NXT), LEGO Spike Prime, Robot Inventor, LEGO WeDo, TxT Controller</i>	Programação lúdica, projetos maker, integração entre físico e digital

A classificação apresentada na Tabela 1 evidencia o amplo espectro de possibilidades oferecidas pelo ORL. Cada categoria atende a diferentes necessidades pedagógicas, como por exemplo: i) os microcontroladores favorecem a compreensão da lógica computacional e da automação em um contexto acessível; ii) Robôs físicos ampliam o engajamento por meio da interação tangível com o ambiente; iii) Módulos voltados à IA e simulação digital permitem trabalhar conceitos complexos, como redes neurais e tomada de decisão; iv) *Kits* LEGO viabilizam abordagens integradoras entre mundo físico e virtual com apelo lúdico e criativo.

1787

Essa diversidade torna o ORL uma plataforma singular para atender às competências da BNCC Computação, permitindo a adaptação das estratégias didáticas a diferentes perfis de turmas, objetivos de ensino e realidades escolares. Pois, ao reunir recursos de programação visual, robótica e IA em um único ambiente gratuito e *online*, o ORL apresenta uma solução pedagógica acessível, inclusiva e alinhada às demandas contemporâneas da educação digital.

Redes Neurais Explicáveis (XNNs) no *Open Roberta Lab*

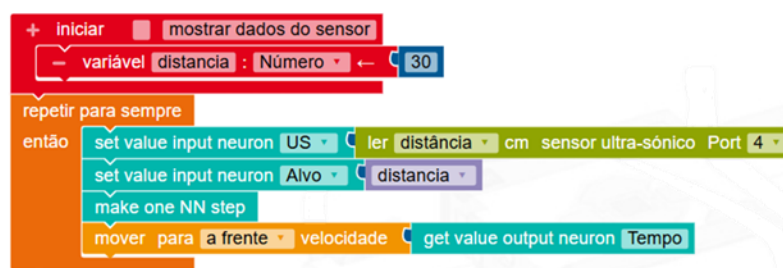
No ORL, as XNNs ganham relevância ao permitir que os estudantes não apenas utilizem a IA, mas compreendam processos internos de funcionamento. Esse conceito é operacionalizado por meio de um ambiente visual que simula o comportamento de uma RNA simples, baseada em entradas sensoriais, camadas intermediárias e saídas visíveis em tempo real (MÜNSTERBERG; LEIMBACH; MÜLLER, 2023).

O recurso “Neural Network” permite a criação de arquiteturas básicas, com a configuração explícita de variáveis como taxa de aprendizado, número de épocas e função de ativação, promovendo um entendimento mais acessível e intuitivo da aprendizagem de

máquina. A visualização dos pesos e dos ajustes realizados após cada iteração contribui diretamente para o letramento em IA, pois rompe com a lógica da “caixa-preta” (POTTER; STILINSKI; ADABLANU, 2024).

Essa funcionalidade favorece metodologias construcionistas ao permitir que o estudante atue ativamente na experimentação e no refinamento da rede, utilizando sensores simulados como entradas e observando os efeitos sobre variáveis de saída. Assim, o ORL destaca-se como uma das poucas plataformas educacionais gratuitas que viabilizam o ensino de XNNs de forma interativa, prática e explicável (ELIAS; SILVA; RIBEIRO, 2024). Nessa perspectiva, o ORL justifica sua escolha como foco desta pesquisa. A Figura 2 apresenta um exemplo de programação de um robô que mantém distância de um obstáculo, e a Figura 3 exibe a RNA configurada na plataforma.

Figure 2. Programa no ORL.



Fonte: Elaborada pelos autores

Figure 3. Aba *Neural Network Learn* no ORL.



Fonte: Elaborada pelos autores

Nota-se que as Figuras 2 e 3 ilustram o funcionamento da plataforma ORL no contexto da criação e treinamento de XNNs. A Figura 2 apresenta um exemplo de programação visual, no qual o valor lido pelo sensor ultrassônico do robô é atribuído a um neurônio de entrada. Esse valor é processado pela RNA, juntamente com um valor-alvo fixado em 30, e a saída resultante, representada pelo neurônio “Tempo”, define a velocidade de deslocamento do robô.

Já a Figura 3 apresenta a interface gráfica da aba *Neural Network Learn*, utilizada para o treinamento da RNA de forma interativa. Nessa tela, é possível configurar e acompanhar parâmetros essenciais para o aprendizado do modelo. No campo destacado pela letra A, observa-se a taxa de aprendizado (*learning rate*), ajustada em 0.0003, a qual influencia diretamente a estabilidade e a velocidade de convergência da rede. Os botões de controle do treinamento, indicados em B, permitem iniciar, pausar ou interromper o processo conforme necessário. O campo marcado com a letra C exibe o número de épocas (*epochs*) já realizadas, no exemplo, 61, indicando quantas vezes o conjunto de dados foi percorrido completamente. Por fim, a letra D destaca a perda de treinamento (*training loss*), que mede o erro atual da rede, sendo um indicador da precisão do modelo ao longo do processo de ajuste.

Procedimentos para a revisão de literatura

A revisão de literatura desenvolvida nesta pesquisa teve como objetivo oferecer fundamentação teórica e metodológica para a construção de uma proposta de ensino de IA no Ensino Médio, com foco específico em XNNs, RE, a BNCC Computação e abordagens construcionistas. Desta forma, ao delimitar esse escopo, buscou-se identificar experiências educacionais relevantes, estratégias de ensino baseadas em tecnologias acessíveis e modelos explicáveis de IA aplicáveis ao contexto escolar. Essa etapa contribuiu diretamente para sustentar a escolha do ORL como ferramenta didática, bem como para orientar a construção futura de sequências didáticas com base em evidências teóricas e práticas.

1789

Para garantir a relevância e atualidade da produção analisada, foram adotados critérios específicos de seleção. Foram priorizados materiais publicados entre os anos de 2021 e 2025, em português, inglês e espanhol, que abordassem pelo menos um dos seguintes temas centrais: ensino de IA e RE no Ensino Médio, uso de simuladores no ensino de Computação, XNNs no contexto educacional e a BNCC Computação. Trabalhos anteriores a esse período foram considerados apenas se apresentassem relevância histórica, como obras fundacionais do Construcionismo. A Tabela 2, apresenta as etapas da revisão da literatura conduzida na pesquisa.

Tabela 2 - Etapas da revisão da literatura. Fonte: Elaborada pelos autores

Etapa	Descrição resumida
1. Definição do escopo	IA, XNNs, RE, BNCC e Construcionismo como eixos teóricos principais.
2. Estabelecimento de critérios	Recorte temporal (2021-2025), idiomas (pt/en/es), foco no Ensino Médio

Etapa	Descrição resumida
3. Levantamento de fontes	Google Scholar
4. Estratégia de busca	Palavras-chave combinadas com operadores booleanos.
5. Seleção de materiais	Triagem por relevância, aplicabilidade e linguagem.
6. Organização e análise	Classificação temática e integração à fundamentação teórica.

As buscas foram realizadas prioritariamente por meio do *Google Scholar*³, por se tratar de uma ferramenta de metabusca que indexa uma ampla variedade de fontes científicas, como Scielo, SpringerLink, IEEE Xplore, ERIC, entre outras. Essa escolha permitiu alcançar uma cobertura mais abrangente da literatura, incluindo artigos de periódicos acadêmicos, capítulos de livros e publicações técnicas (JULIANI; DONHA, 2023). Essa estratégia garantiu a recuperação de produções atualizadas diretamente relacionadas ao ensino fundamentos de IA e RE no Ensino Médio.

Desta forma, as estratégias de busca incluíram o uso de palavras-chave e descritores combinados por operadores booleanos, adaptados conforme a base consultada. Para isto, foram utilizadas as seguintes *strings* de busca, a primeira “Inteligência Artificial” AND “Robótica Educacional” AND “Ensino Médio” AND “Open Roberta Lab” e a segunda “Ensino De Fundamentos” AND “Inteligência Artificial” AND “Ensino Médio” AND “Tecnologia”.

1790

A primeira *string*, voltada ao levantamento de produções diretamente ligadas ao ensino de IA e XNNs, resultou inicialmente em 45 publicações. Após análise detalhada, apenas seis atendiam integralmente aos critérios estabelecidos, com publicações entre 2021 e 2024. Já a segunda *string*, focada em identificar metodologias aplicáveis, retornou 17 resultados, dos quais quatro foram considerados relevantes após triagem, publicados nos anos de 2021, 2023 e 2024. Esses estudos compuseram parte do referencial teórico e contribuíram para o delineamento metodológico da pesquisa.

Para melhor compreensão, os critérios de exclusão envolveram: I) Ausência de relação direta com o público-alvo; ii) Abordagens excessivamente técnicas sem proposta didática associada, ou materiais cuja linguagem ou contexto fossem incompatíveis com o foco educacional. O conjunto final de obras serviu de base tanto para o embasamento teórico do artigo quanto para a análise crítica da ferramenta ORL.

Estratégia de análise do *Open Roberta Lab*

³ *Google Schola*: <https://scholar.google.com/>

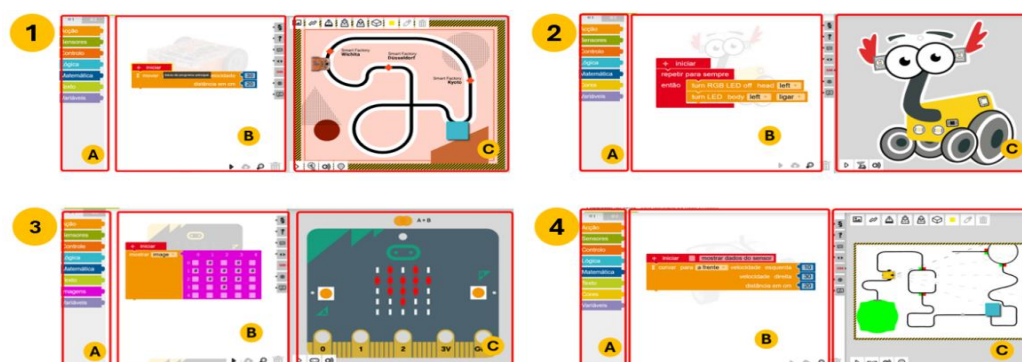
A análise do ORL nesta etapa da pesquisa teve como objetivo principal verificar o potencial pedagógico da plataforma para o ensino de IA integrada à RE, com ênfase em XNNs, no contexto do Ensino Médio. A investigação considerou tanto a aplicabilidade técnica dos recursos da plataforma quanto a compatibilidade com abordagens pedagógicas construcionistas e com as competências previstas na BNCC Computação. Assim, a escolha do ORL se deu gratuidade de acesso, multiplataforma e por incluir recursos pouco comuns em ambientes educacionais, como simulação de RNAs.

Neste sentido, para nortear a exploração dos recursos disponíveis, foram definidos critérios de observação com foco em funcionalidades essenciais para o ensino de IA e RE. Entre esses critérios estavam: i) Diversidade de sistemas simuláveis; ii) Presença de sensores virtuais e atuadores; iii) Possibilidade de criação e treinamento de RNAs simples; iv) Clareza da visualização dos dados processados pela rede; v) Grau de interatividade da interface. Esses aspectos foram explorados por meio de sessões práticas na plataforma, com registro de telas, elaboração de testes e análise de manuais técnicos disponíveis no próprio ambiente.

A Figura 4 exibe quatro simuladores disponíveis no ORL: Edison V₂/V₃ (1), ROB₃RTA (2), *Micro:bit* (3) e LEGO EV₃ (4). Em todos, nota-se uma interface organizada em três áreas principais: a letra A indica os blocos programáveis organizados por função e cor; a letra B marca a área de construção do código; e a letra C corresponde à área de simulação. Essa estrutura bem definida evidencia a potencialidade didática da plataforma. A Figura 4 apresenta algumas das interfaces analisadas no ORL.

1791

Figure 4. Interfaces do ORL.



Fonte: Elaborada pelos autores.

A análise realizada foi de natureza funcional e pedagógica (BOMDARGI, 2022). A abordagem funcional consistiu no mapeamento e teste das funcionalidades da plataforma por meio de simulações. A análise pedagógica, por sua vez, considerou elementos como clareza conceitual, nível de abstração, suporte visual e potencial construtivo dos recursos. Essa

combinação permitiu avaliar a plataforma não apenas quanto ao seu funcionamento, mas também em relação à sua aplicabilidade educacional.

Durante os testes, destacou-se o uso do sensor ultrassônico com uma rede neural criada na própria plataforma. O valor captado pelo sensor foi usado como entrada, enquanto uma variável predefinida alimentou o neurônio “Alvo”. Após o treinamento, a saída da rede, o neurônio “Tempo”, passou a controlar o movimento do robô. Esse experimento demonstrou que é possível simular conceitos de IA, como o aprendizado supervisionado, de maneira concreta e acessível, mesmo sem kits físicos.

A organização visual da plataforma, com blocos coloridos e intuitivos, favorece a aprendizagem ativa. Essa simplicidade, sem perder profundidade, está em sintonia com os princípios do Construcionismo, permitindo que os estudantes explorem, testem e visualizem seus próprios algoritmos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A revisão de literatura evidenciou um crescente interesse em introduzir conceitos de IA na educação, especialmente no Ensino Médio. No entanto, ainda são poucos estudos, principalmente quando se trata de propostas que abordem XNNs de forma acessível e didática. A maioria das iniciativas identificadas concentra-se no uso de robótica e algoritmos simples, sem explorar recursos que permitam a visualização do processo de aprendizagem das máquinas. Desta forma, observou-se uma necessidade de materiais didáticos voltados para a aplicação prática de IA em sala de aula, o que reforça a necessidade de propostas pedagógicas fundamentadas e contextualizadas.

A análise funcional do ORL confirmou seu potencial como ferramenta de apoio ao ensino de IA e RE em contextos com infraestrutura limitada. A plataforma oferece 32 sistemas simuláveis, incluindo microcontroladores, robôs físicos, simuladores 2D e 3D, além de módulos com funcionalidades de RNA, visão computacional e sensores virtuais. O ambiente é acessível diretamente pelo navegador, sem necessidade de instalação, o que amplia sua aplicabilidade em escolas públicas. Outro ponto é a linguagem NEPO, baseada em blocos visuais, favorece a construção de algoritmos por estudantes iniciantes, permitindo transitar entre abstração e execução prática.

Do ponto de vista pedagógico, os recursos do ORL voltados ao ensino de XNNs se mostraram relevantes. A possibilidade de configurar RNAs simples, ajustar parâmetros de treinamento, visualizar os pesos e simular o comportamento de saída a partir de dados de

sensores proporciona uma abordagem explicável do funcionamento da IA. Essa visualização direta dos dados processados pela rede favorece o entendimento de conceitos como aprendizado supervisionado, função de ativação e erro de treinamento, geralmente difíceis de serem trabalhados com estudantes do Ensino Médio em ambientes tradicionais.

A proposta também se mostra alinhada às diretrizes da BNCC Computação (Brasil, 2022), especialmente no que diz respeito às habilidades EM13CO10 (compreensão de sistemas de IA e suas implicações), EM13CO11 (uso de modelos computacionais), EM13CO12 (tomada de decisão com base em dados) e EM13CO16 (desenvolvimento de projetos com uso de robótica e simulação). Ao utilizar um simulador gratuito e interativo como o ORL, a proposta contribui para o desenvolvimento do PC, da criticidade digital e da capacidade dos estudantes de atuarem como criadores e não apenas consumidores de tecnologia. A seguir na Tabela 3, são apresentadas as articulações entre as competências da BNCC Computação, juntamente com as funcionalidades do ORL.

Tabela 3 - Mapeamento das competências da BNCC Computação e funcionalidades do ORL. Fonte:

Elaborada pelos autores

Habilidade da BNCC Computação (Ensino Médio)	Descrição resumida	Funcionalidade correspondente no ORL
EM13CO10	Compreender sistemas de IA e suas implicações sociais e éticas.	Módulo de redes neurais explicáveis; simulações com sensores e resposta do robô em tempo real.
EM13CO11	Utilizar modelos computacionais para representar e simular situações reais	Criação e treinamento de redes neurais; simulações com entrada sensorial e variáveis controladas.
EM13CO12	Tomar decisões com base em dados e informações.	Visualização de saída da rede neural; controle de ações do robô com base em entradas sensoriais.
EM13CO16	Desenvolver projetos integrando robótica, programação e simuladores.	Programação com blocos NEPO; 32 sistemas simuláveis; controle de atuadores e sensores em ambientes 2D.

1793

A Tabela 3 demonstra como os recursos do ORL dialogam diretamente com as competências da BNCC Computação para o Ensino Médio. A habilidade EM13CO10, que envolve a compreensão crítica de sistemas de IA, é contemplada pelo módulo de redes neurais explicáveis (XNNs), permitindo a manipulação e visualização do aprendizado de máquina de forma interativa. A habilidade EM13CO11, voltada à simulação de situações reais com modelos computacionais, é atendida pelas funcionalidades que permitem configurar sensores e observar o comportamento dos robôs simulados. Já a habilidade EM13CO12, relacionada à tomada de decisão com base em dados, é desenvolvida quando os estudantes analisam as saídas das redes neurais e ajustam seus parâmetros. Por fim, a habilidade EM13CO16, que prevê projetos

integradores com robótica e simulação, é plenamente explorada com os diversos dispositivos simuláveis e a programação por blocos NEPO.

Embora esta etapa da pesquisa tenha caráter exploratório e ainda não envolva a aplicação prática das sequências didáticas, a limitação será superada na próxima fase, que incluirá a construção, testagem e validação das atividades com professores de Computação. Com base nos achados da revisão e da análise do OPR, espera-se desenvolver materiais pedagógicos que contribuam para a popularização da IA nas escolas, promovendo uma abordagem crítica, ética e contextualizada da tecnologia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta etapa da pesquisa permitiu aprofundar o entendimento sobre os desafios e possibilidades do ensino de IA no Ensino Médio, com ênfase no uso de XNNs e no potencial do ORL como ferramenta pedagógica. A revisão de literatura apresentou a necessidade de propostas que abordem IA de forma explicável e acessível, especialmente no Ensino Médio, e destacou a necessidade de materiais que promovam uma aprendizagem crítica, visual e prática dos conceitos envolvidos. A análise funcional e pedagógica do OPR revelou que a plataforma oferece recursos relevantes, como simulação de sensores, programação por blocos e módulos de redes neurais, que viabilizam a construção de experiências didáticas inovadoras e acessíveis.

1794

Os resultados indicam que o ORL pode desempenhar um papel estratégico na popularização do ensino de IA, sobretudo em contextos escolares com limitações de infraestrutura tecnológica. A linguagem NEPO, baseada em blocos visuais, e a interface intuitiva da plataforma facilitam a compreensão de conceitos complexos, como treinamento de RNAs e tomada de decisão baseada em dados, mesmo por estudantes sem familiaridade prévia com programação. Tais características tornam o ORL um ambiente propício à aplicação de metodologias construcionistas, ao permitir que os alunos aprendam experimentando, visualizando resultados e ajustando parâmetros.

Nesta perspectiva, as funcionalidades exploradas no ORL se mostraram alinhadas às competências previstas na BNCC Computação, especialmente no que tange ao desenvolvimento do PC, à compreensão crítica das tecnologias digitais e à realização de projetos com robótica e simulação. Ao relacionar diretamente as habilidades curriculares com as funcionalidades da plataforma, a pesquisa reforça o papel do ORL como recurso didático capaz de integrar teoria e prática no ensino de Computação, promovendo a autonomia, a criticidade e a criatividade dos estudantes.

Como limitação, destaca-se que esta fase da pesquisa foi de natureza exploratória, sem ainda envolver a aplicação das sequências didáticas com professores. A análise concentrou-se na revisão teórica e na exploração técnica da ferramenta, o que, embora necessário, exige validação empírica. A próxima etapa da investigação será dedicada à construção de sequências didáticas com o uso do ORL e de XNNs, seguidas de aplicação piloto em contextos escolares, análise de resultados e ajustes metodológicos.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, C. S. Robótica educacional e metodologias ativas no Ensino Médio: desafios e possibilidades. **Revista Educação**, v. 26, n. 3, p. 134-150, 2021.

ALVES, M. C. **Uma proposta de ensino de inteligência artificial no ensino médio. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso** (Graduação em ...) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul – IFRS. Repositório Institucional IFRS.

BESERRA, V. Integração da Inteligência Artificial na Educação Básica: desafios e caminhos. **EDUCAR**, 2024.

BOMBARDI, G. M. **Discutindo natureza da ciência no ensino médio: análise da potencialidade pedagógica de uma sequência didática que se utiliza do contexto do movimento terraplanista. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso** – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Repositório da UNESP.

1795

BRASIL. Base Nacional Comum Curricular: Computação (Complemento). Brasília, DF: MEC, 2022.

BRASIL. Plano Brasileiro de Inteligência Artificial 2024-2028. Brasília, DF: MCTI, 2024.

CAVALCANTE, R. M.; et al. IA no ensino médio: possibilidades e limites. **Revista Brasileira de Educação em Computação**, v. 7, n. 2, p. 45-60, 2023.

DUARTE, M. F. A inteligência artificial e a BNCC: convergências para uma educação crítica e digital. **Cadernos de Informática na Educação**, v. 8, n. 1, p. 33-47, 2024.

ELIAS, A. F.; SILVA, J. R.; RIBEIRO, M. A. Redes neurais explicáveis e o ensino crítico de IA. **Anais do Congresso Brasileiro de Educação e Tecnologia**, v. 15, p. 215-230, 2024.

FIGUEIREDO, J. M. Construindo saberes com robótica: uma abordagem construcionista na escola pública. **Revista Brasileira de Tecnologias Educacionais**, v. 14, n. 1, p. 50-67, 2022.

GAMA, F. A. Simuladores robóticos e metodologias ativas na formação docente. **Revista Brasileira de Tecnologia Educacional**, v. 12, n. 3, p. 80-95, 2023.

GUARDA, G. F.; SILVEIRA, I. F. Desafios e caminhos para a implementação da BNCC Computação no Ensino Médio. In: **Workshop de Informática na Escola – WIE**, 2023, [Local]. Anais [...]. Sociedade Brasileira de Computação, p. 798-809, nov. 2023.

JULIANI, J. P.; DONHA, R. D. G. Sistemas de recomendação de artigos científicos: integrando o Moodle com uma base de dados de acesso aberto. **EaD em Foco**, v. 13, n. 1, e2027, 2023.

LEIMBACH, T. Open Roberta Lab und künstliche neuronale Netze in der Schule. Sankt Augustin: Fraunhofer IAIS Publications, 2024.

LOIOLA, L. M.; ANDRADE, M. C.; FERNANDES, A. P. Inteligência artificial na escola pública: cenário e estratégias. **Revista Educar com Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 55-70, 2024.

MACIEL, C. M.; LEAL, J. P. Robótica educacional e equidade: desafios na escola pública. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, p. 102-119, 2022.

MÜNSTERBERG, A. V.; LEIMBACH, T.; MÜLLER, C. Perzeptrons são programados e explorados em Rahmen do Open Roberta Lernumgebung. In: GESELLSCHAFT FÜR INFORMATIK e.V. (Ed.). **INFOS 2023 – Informatikunterricht zwischen Aktualität und Zeitlosigkeit**. Bonn: Gesellschaft für Informatik, 2023. p. 435-436.

OLIVEIRA, S. B. de. **Robótica educacional: sequência didática para introdução ao desenvolvimento do pensamento computacional utilizando o BBC micro:bit no 9º ano do Ensino Fundamental**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECIM. Teses e Dissertações PPGEICIM.

PESTANA, D. M. A. A. Inteligência artificial na educação contemporânea. **Revista Processando o Saber**, v. 17, p. 51-73, 2025.

1796

POTTER, R.; STILINSKI, M.; ADABLANU, A. Explainable AI in education: principles and practices. **Journal of Artificial Intelligence Education**, v. 3, n. 1, p. 22-38, 2024.

RIBEIRO NETO, A. L. Papert e o construcionismo na educação em computação. **Revista Educação & Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 41-55, 2024.

RIBEIRO, M. V. M. O impacto da inteligência artificial na educação: oportunidades e desafios nas escolas. **Revista Delos**, v. 17, n. 61, e2309, 2024.

ROCHA, T. S. Inclusão digital e IA na educação: diretrizes do PBIA. **Revista Brasileira de Política Educacional**, v. 11, n. 1, p. 88-101, 2025.

SANGALI, L.; CATABRIGA, A.; BOERES, M. Simuladores e robótica educacional: acessibilidade e inovação. **Anais do CBIE**, v. 1, n. 1, p. 145-158, 2024.

SANTOS, G. F. Ensinar inteligência artificial no ensino médio: uma necessidade emergente. **Revista Computação na Escola**, v. 6, n. 1, p. 77-93, 2024c.

SANTOS, I. S. R. dos; COELHO, D. A.; OLIVEIRA, K. V.; JUNIOR, C. R. B. O papel do pensamento computacional na formação de professores para a educação básica: uma revisão sistemática de literatura. **Anais do Computer on the Beach**, v. 16, p. 302-309, 2025.

SANTOS, P. A. L. Formação docente e IA na educação básica: um panorama nacional. **Revista Brasileira de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 77-92, 2024b.

SANTOS, P. A. L. **Propostas pedagógicas para o ensino de inteligência artificial no Ensino Médio.** 2024a. Dissertação (Mestrado em ...) – Universidade Católica de Brasília. Repositório Institucional UCB.

SILVA, L. R.; GONÇALVES, E. Inteligência artificial: educação, trabalho docente e currículo sob a visão dos professores de robótica pedagógica e tecnologias. **Anais CIET: Horizonte**, [s.l.], 2024.

SILVA, R. B. da. **Proposta de sequência didática para o ensino de inteligência artificial na educação básica com foco em redes neurais artificiais.** 2023. Dissertação (Mestrado em ...) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP. Repositório Institucional UNESP.

VICARI, R. M.; RODRIGUES, P. A.; LIMA, J. S. A computação na BNCC: potencialidades para o pensamento computacional. **Revista Brasileira de Ensino de Computação**, v. 5, n. 3, p. 100–115, 2023.