



PLATAFORMA GENIA: UMA PROPOSTA DE USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E DA PROGRAMAÇÃO INTUITIVA NA CRIAÇÃO DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

GENIA PLATFORM: A PROPOSAL FOR USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTUITIVE PROGRAMMING IN THE CREATION OF LEARNING OBJECTS

Evandro Alberto Zatti¹

Marco Aurélio Kalinke²

Resumo: Na Educação, observa-se, ainda que de forma tímida, o uso de inteligência artificial em diferentes situações que vão desde o suporte à gestão, até as contribuições com os processos de ensino e de aprendizagem. Este artigo apresenta uma pesquisa de doutorado já concluída, que investigou como recursos de inteligência artificial, aliados à programação intuitiva, poderiam ser explorados na criação de uma plataforma destinada à construção de objetos de aprendizagem de Matemática. Para tanto, metodologicamente foram utilizadas a prototipação e a pesquisa em design educacional. Por estar inserida em um programa de doutorado profissional, a pesquisa apresentou, como produto educacional, uma plataforma denominada GenIA, que se baseia nos pilares da programação intuitiva para construir, usando fluxogramas, objetos de aprendizagem de Matemática, assistida por algoritmos de inteligência artificial, fazendo uso de aprendizado de máquina. A plataforma foi validada em diferentes contextos, e se mostrou viável de ser explorada em aulas de Matemática.

Palavras-chave: Educação Matemática; Inteligência artificial; Objetos de aprendizagem; Plataforma GenIA; Programação intuitiva.

Abstract: In Education, the use of artificial intelligence is observed, albeit timidly, in various situations ranging from management support to contributions to teaching and learning processes. This article presents completed doctoral research that investigated how artificial intelligence resources, combined with intuitive programming, could be explored in creating a platform for building Mathematics learning objects. Methodologically, prototyping and educational design research were employed. As part of a professional doctoral program, the research yielded an educational product called GenIA, which relies on the pillars of intuitive programming to construct Mathematics learning objects using flowcharts, assisted by artificial intelligence algorithms and machine learning. The platform was validated in different contexts and demonstrated its viability for use in Mathematics classes.

Keywords: Mathematics Education; Artificial intelligence; Learning objects; GenIA platform; Intuitive programming.

¹ Doutor em Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUC-PR), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: evandro.zatti@live.com

² Doutor em Educação Matemática, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Docente da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. E-mail: kalinke@utfpr.edu.br



1 Introdução

Em um processo contínuo de desenvolvimento, a sociedade está constantemente explorando uma variedade de abordagens e modelos em áreas como política, economia, educação e cultura. Alguns desses fenômenos surgem gradualmente, passando por transformações ao longo do tempo, enquanto outros emergem de maneira súbita e disruptiva.

A análise e registro dessas transformações são frequentemente abordados na literatura (Toffler, 1980; Gates, 1995; Lévy, 2016), sendo possível identificar diversas perspectivas de classificação da sociedade. É notável e constante a presença da tecnologia como um fator central ou catalisador desse processo evolutivo. A aplicação da tecnologia na automatização de tarefas abrange uma ampla gama de exemplos, desde a criação da roda até o uso de assistentes pessoais digitais.

As oportunidades e desafios que a tecnologia oferece são respaldados, entre outros, pelas teorias de Tikhomirov (1981), que sugerem que o uso da tecnologia pode promover a reorganização dos processos mentais criativos do indivíduo.

Uma das teses centrais de Vygotsky é a de que os processos mentais nos seres humanos mudam na medida em que seus processos de atividade prática mudam (i.e., os processos mentais tornam-se mediados). [...] No uso de meios e sinais auxiliares (por exemplo, no fazer um entalhe numa vara para se lembrar), os humanos produzem mudanças nas coisas externas; mas estas mudanças subsequentemente têm um efeito nos seus processos mentais internos (Tikhomirov, 1981, p. 264).

Na atualidade, as pessoas vivem em um ambiente coletivo, compartilhando informações em tempo real, graças à ubiquidade das redes móveis e da internet. Isso tem levado a uma ressignificação dos conceitos de tempo e espaço. Zatti e Kalinke (2021) consideram que as pessoas estão continuamente em busca de ferramentas que possibilitem economizar tempo, transferindo para as máquinas tarefas que requerem esforço físico, e isso permite que concentrem sua atenção no crescimento e aprimoramento intelectual pessoal.

As tecnologias digitais (TD) possibilitam não apenas a automação de tarefas que envolvem esforço físico, mas também desempenham um papel fundamental desde a disseminação dos computadores pessoais até a utilização constante de dispositivos móveis nas atividades diárias, potencializadas pelo compartilhamento de informações por meio da internet. Essas tecnologias têm acompanhado várias gerações ao longo de



décadas. Lévy (2007) já considerava as possibilidades do saber e do conhecimento ante a realidade da grande rede.

Nossa relação material com o mundo se mantém por meio de uma formidável infraestrutura epistêmica e de software: instituições de educação e formação, circuitos de comunicação, tecnologias intelectuais com apoio digital, atualização e difusão contínua dos *savoir-faire*... Tudo repousa, a longo prazo, na flexibilidade e vitalidade de nossas redes de produção, comércio e troca de saberes (Lévy, 2007, p. 19).

Alinhadas com a cultura digital, as TD ingressam no cenário educacional oferecendo a possibilidade de aprimorar os processos de ensino e aprendizagem por meio de abordagens didáticas inovadoras. Nesse sentido, Motta, Kalinke e Mocrosky (2018, p. 67) pontuam que “[...] a inserção das tecnologias no contexto educacional apresenta consigo uma série de desafios, considerando que novas maneiras de se relacionar e interagir com o mundo ficam evidenciadas”. Sobre o uso de tecnologia e seus impactos no contexto educacional, Borba, Scucuglia e Gadanidis (2018, p. 21) fazem uma transposição especificamente para a Educação Matemática: “[...] as dimensões da inovação tecnológica permitem a exploração e o surgimento de cenários alternativos para a educação e, em especial, para o ensino e aprendizagem de Matemática”.

Possibilidades do uso de TD na Educação Matemática são objeto de estudo do Grupo de Pesquisa sobre Tecnologias na Educação Matemática (GPTM)³, que explora o uso de TD como ferramenta de apoio aos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Dentre diversas temáticas abordadas pelos pesquisadores do grupo, estão os objetos de aprendizagem (OA) e a Inteligência Artificial (IA), que, junto com a programação intuitiva, consolidam a tríade que compõem a fundamentação teórica da pesquisa apresentada neste artigo.

O movimento da pesquisa pode promover aprofundamento em algumas dessas inquietações quando buscou responder à seguinte questão norteadora: Como recursos de IA, aliados à programação intuitiva, podem ser explorados na criação de uma plataforma destinada à construção de OA de Matemática? É relevante ressaltar que a pesquisa está associada a um programa de doutorado profissional, e uma das características distintivas destes programas na área de ensino é a elaboração de um produto educacional diretamente relacionado à pesquisa realizada sobre o tema em questão. O produto educacional que serviu como base para explorar as possibilidades apresentadas pela pesquisa, foi uma

³ <https://gptem5.wixsite.com/gptem>



plataforma para construção de OA de Matemática que faz uso de programação intuitiva e é assistida por IA, denominada GenIA⁴.

Existem outros softwares e plataformas que são comumente utilizados para construção de OA de Matemática, como por exemplo o GeoGebra⁵ e o Scratch⁶, porém a plataforma GenIA difere-se dos recursos existentes em dois aspectos principais: nela, a programação acontece por meio de fluxogramas e, para auxiliar o usuário na construção destes, a plataforma implementa algoritmos de inteligência artificial.

A pesquisa buscou defender a tese de que a IA pode ser uma aliada na construção de OA de Matemática com uso de programação intuitiva, com uma abordagem diferente da programação visual adotada por outras plataformas. Os estudos teóricos que culminaram na criação do produto educacional vinculado à tese serão apresentados na próxima seção.

2 Em busca de uma base teórica

A trilha que resultou na criação da GenIA fundamentou-se basicamente em três pilares: os OAs, a programação intuitiva e a IA. Assim, é importante perpassar pelos seus principais aportes teóricos, o que será explorado a seguir.

2.1 Objetos de aprendizagem

Os OAs têm sido objeto de investigação no âmbito educacional por um período significativo, contudo, não existe consenso entre os pesquisadores quanto à sua definição. A pesquisa em questão adota a definição apresentada pelo GPTEM, que considera um OA como sendo “[...] qualquer recurso virtual multimídia, que pode ser usado e reutilizado com o intuito de dar suporte à aprendizagem de um conteúdo específico, por meio de atividade interativa, apresentada na forma de animação ou simulação” (Kalinke; Balbino, 2016, p. 25).

De acordo com Meireles (2017), as fases envolvidas na criação de objetos de aprendizagem podem se tornar uma tarefa desafiadora caso as características fundamentais dos objetos não sejam adequadamente consideradas, especialmente a interatividade e a autonomia. Stavny *et al.* (2021, p. 3) a respeito dos desafios na

⁴ <http://plataformagenia.com>

⁵ <https://www.geogebra.org/>

⁶ <https://scratch.mit.edu/>



construção de OA consideram que “[...] a construção de um OA não é tarefa simples, pois envolve diferentes especificidades, tais como programação, design, aspectos pedagógicos, metodológicos e ergonômicos, entre outros. Por conta disso, tende a se tornar um trabalho multidisciplinar.”

Tendo em vista que a GenIA é um produto que se destina à construção de OA, considerou-se importante visitar metodologias que abordassem o processo de produção desse tipo de recurso. Balbino e Mattos (2021) tecem considerações a respeito do equilíbrio entre os aspectos pedagógicos e computacionais ao se elaborar um OA.

Ao aliar as características técnicas e pedagógicas, há a necessidade de organizar e padronizar métodos de trabalho que possam contribuir com o processo de construção de OA, que atendam às necessidades educacionais. [...] A partir dessas proposições, indicamos a necessidade da adoção de uma metodologia que vise o equilíbrio entre as áreas técnica e pedagógica (Balbino; Mattos, 2021, p. 60).

Neste viés, o desenvolvimento da plataforma foi orientado por uma metodologia, proposta por Motta e Kalinke (2019), que “[...] associa as ideias de Cordeiro *et al.* (2007) sobre o método RIVED e de Kemczinski *et al.* (2012) sobre os instrumentos de produção de um OA e a utilização de softwares ou ambientes virtuais acessíveis ou que utilizam programação intuitiva.” (Motta; Kalinke, 2019, p. 208). A metodologia denomina-se “Metodologia de Produção de um OA na Dimensão Educacional (MPEDUC)” e uma compilação de suas fases são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1: Fases e etapas da MPEDUC

Fase	Etapa	Objetivo
Planejamento	Informações gerais do OA	Identificar os elementos básicos do OA: objetivos, conteúdo específico e público-alvo.
	Mapa conceitual	Representar o conteúdo que será proposto, estruturando-o de forma sequencial e lógica.
	Roteiro	Estruturar um roteiro das telas do objeto, de forma a apresentar a sequência de utilização do OA.
	Mapa de cenário	Contextualizar o OA, apresentando uma situação presente à realidade do público-alvo.
	Mapa navegacional	Compreender o direcionamento, permitindo verificar se a navegabilidade representa o percurso das aprendizagens propostas.
Produção	Escolha da ferramenta	Escolher a ferramenta que mais se aproxima das competências do professor ao manipular.
	Desenvolvimento do OA	Desenvolver o OA utilizando a ferramenta intuitiva escolhida.
	Elaboração da guia do professor	Elaborar um material que sirva de suporte para que os professores aproveitem as potencialidades do OA.
Validação	Teste de viabilidade	Verificar se o OA atende aos parâmetros previstos na dimensão educacional.
Divulgação	Escolha do repositório	Identificar um ambiente virtual no qual o OA possa ser compartilhado.



Elaboração dos metadados	Elaborar os metadados do OA, de acordo com o repositório, para potencializar sua organização e reuso.
Disponibilização do OA	Possibilitar que outros docentes possam fazer uso do OA, adaptando-o ao seu contexto.

Fonte: Motta; Kalinke (2019, p. 204, adaptado)

Cabe destacar que a plataforma criada em conjunto com a pesquisa destina-se ao desenvolvimento do OA, uma das fases da MPEDUC que integra a etapa de produção. Em consonância com a afirmação de que o desenvolvimento deve ser por meio de uma ferramenta intuitiva, considerou-se necessário uma maneira de programar que fosse, de certa forma, democrática, acessível a grupos de professores de Matemática, que não tenham obrigatoriamente em sua base de formação a programação de computadores. Isto é, a programação precisaria ser intuitiva.

Assim como acontece com os OA, não há uma definição consensual para a programação intuitiva, então acredita-se que seja importante conhecer como a pesquisa considerou essa maneira de programar para que ela pudesse ser implementada na GenIA, o que será abordado na sequência.

2.2 Programação intuitiva

A definição de OAs utilizada na pesquisa, que descreve os recursos digitais destinados à aprendizagem por meio de atividades interativas, implica em algumas conclusões. Destacando-se os termos “digital”, “aprendizagem” e “interativa”, pode-se entender que o OA será programado por um professor. Professores da área da Computação possuem em sua formação o domínio da programação de computadores, mas para educadores de outras áreas, desenvolver tal habilidade pode requerer cursos de formação específica. Como alternativa, é possível fazer uso da programação intuitiva. Balbino *et al.* (2021), em busca de uma definição para a programação intuitiva no contexto educacional pontuam que

[...] pode-se propor uma definição para programação intuitiva como sendo uma linguagem de programação destinada à construção de projetos educacionais em ambientes computacionais que não necessitem o domínio de uma linguagem de programação específica e que apresentem características de similaridade, visualização e acessibilidade (Balbino *et al.* 2021, p. 19).

Programar um computador incorre na especificação de uma sequência lógica e finita de comandos destinados a resolver um determinado problema ou executar uma tarefa. Essa sequência, denominada algoritmo, segundo Zatti (2017), pode ser notado de



três formas, a saber: narrativa, gráfica ou pseudocódigo. O Quadro 2 apresenta o mesmo algoritmo sob as diferentes formas.

Quadro 2: Formas de notação de um algoritmo

Narrativa (linguagem natural)	Gráfica (fluxograma)	Pseudocódigo (português estruturado)
Sejam a e b dois números, informados pelo usuário, calcule a soma entre eles e apresente o resultado	<pre>graph TD; A([início]) --> B[/leia a/]; B --> C[/leia b/]; C --> D[s ← a + b]; D --> E[/escreva s/]; E --> F([fim]);</pre>	<pre>Algoritmo "somadoisnumeros" Var a, b, s: inteiro Inicio leia (a) leia (b) s ← a + b escreva (s) Fimalgoritmo</pre>

Fonte: Balbino *et al.* (2021, p. 4, adaptado)

Atualmente, é frequente que computadores e dispositivos digitais sejam capazes de receber comandos em linguagem natural (humana), seja por texto ou por voz, e desempenhem tarefas relacionadas ao reconhecimento de imagens, tal questão sugere que seria possível programar um computador por qualquer uma das formas apresentadas. Contudo, no exercício de sua profissão, um programador precisa expressar os comandos em uma linguagem de programação destinada ao sistema que se deseja programar, como por exemplo o C++, Java, C# ou Python.

Ao optar-se por uma linguagem, os comandos devem ser registrados em um arquivo de texto conhecido como código fonte, e é fundamental aderir estritamente à sintaxe especificada.

Os primeiros computadores eram programados por meio de acionamento direto de chaves e botões que, combinados, formavam as sequências de pulsos elétricos inerentes ao seu funcionamento. As instruções nesta forma primária são conhecidas como linguagem de máquina. Em seu processo evolutivo, as combinações foram associadas inicialmente a mnemônicos⁷ e posteriormente a palavras cada vez mais próximas da escrita humana. Por conta disso, uma das maneiras de se classificar as linguagens de programação é pelo seu grau de abstração (Zatti, 2017). Linguagens mais próximas das sequências binárias e uso de símbolos são chamadas de linguagens de baixo nível, ao passo que linguagens com sintaxe mais próxima da linguagem natural são classificadas como sendo de alto nível.

⁷ “Os símbolos, chamados mnemônicos são associações de sequências binárias a pequenas sequências de caracteres, inteligíveis e, portanto, de mais fácil memorização” (Zatti, 2017, p. 15).



Para Balbino *et al.* (2021), ainda que faça uso de uma linguagem de alto nível, um programador profissional precisa empregar habilidades específicas, sendo necessário ter raciocínio lógico e saber construir algoritmos eficazes para que se possa criar programas utilizando diferentes linguagens, regras, níveis de abstração e paradigmas. Considerando essa perspectiva, a programação intuitiva alcança um patamar superior em relação às linguagens tradicionalmente consideradas de alto nível, uma vez que ela necessita abstrair as complexidades relacionadas ao software e hardware, aproximando-se ainda mais da linguagem natural.

Na busca por elementos que pudessem embasar o que seria intuitivo em termos computacionais, Balbino *et al.* (2021) pontuam três características: a similaridade, a visualização e a acessibilidade. Elas sugerem que a programação intuitiva faça uso de elementos visuais (gráficos), característica que Lévy (2004) considera uma vantagem, dada a possibilidade de se evitar erros de sintaxe pela eliminação de um código esotérico.

A acessibilidade sugere que os comandos básicos da interface devem estar disponíveis em botões e ícones que tenham significados claros para o usuário. A visualização se dá pela combinação, por exemplo, de blocos coloridos para realizar a programação, tal como acontece em recursos como o Scratch e o App Inventor. Os encaixes, nestes blocos, impedem que elementos de funções sintáticas incompatíveis sejam combinados. Por fim, a similaridade sugere que o foco principal deve ser na criação do OA, e não no aprendizado do ambiente.

Pode-se partir, finalmente, para o terceiro e último pilar da pesquisa aqui relatada, qual seja, a inteligência artificial.

2.3 Inteligência Artificial

A IA é um campo de estudo multidisciplinar que tem atraído a atenção constante de pesquisadores de áreas distintas. Diversos autores (Searle, 1980; Minsky; Papert, 1988; Russell, 2021) concordam ao considerar que a IA é uma maneira de fazer o computador realizar tarefas que seriam desempenhadas por humanos. O termo “inteligência artificial” foi introduzido na década de 1950 e é creditado a John McCarthy (1955), que o cunhou ao se referir a uma proposta de estudo sobre como máquinas poderiam aprender.

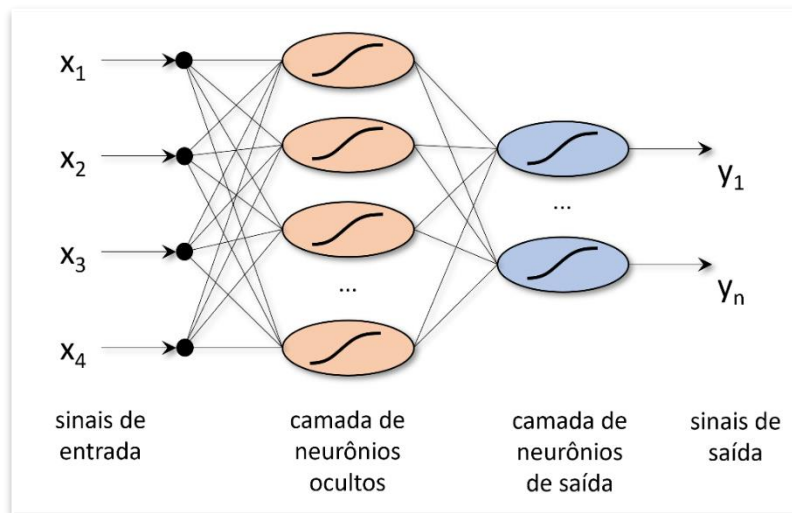
Os experimentos na área, entretanto, começaram ainda no início dos anos 1940, quando McCulloch e Pitts (1943) apresentaram a ideia de simular o funcionamento dos neurônios por meio de modelos matemáticos. A partir do modelo proposto pelos autores,

foi criada a primeira rede neural artificial (RNA). No final da década de 1950, Minsky e Papert (1988) construíram uma rede de dispositivos a qual denominaram “Perceptron”.

De acordo com Haykin (2001), uma RNA se assemelha ao cérebro humano basicamente em dois aspectos: 1) o conhecimento é adquirido pela rede por intermédio do processo de aprendizagem; 2) são utilizadas forças de conexão entre neurônios (pesos sinápticos) para armazenar o conhecimento adquirido.

Os neurônios artificiais são chamados de células da RNA. As células são distribuídas em camadas e podem ser classificadas de acordo com sua função de ativação. A Figura 1 ilustra essa estrutura.

Figura 1: Exemplo de RNA com duas camadas interconectadas



Fonte: Kubat (2017, p. 92, tradução nossa, adaptado)

O funcionamento do aprendizado de máquina em uma RNA se dá, essencialmente, da seguinte forma: valores de entrada (sinais) são fornecidos para cada neurônio na primeira camada, conhecida como a camada de entrada; esses valores são multiplicados pelos pesos previamente definidos (peso do bias⁸; em conformidade com as funções de entrada e ativação, cada neurônio na camada de entrada produz uma saída, que serve como entrada para a próxima camada de neurônios, chamada de camada oculta; esse processo continua sucessivamente até atingir a última camada da rede, conhecida como a camada de saída.

A rede recebe sucessivas execuções (chamadas “gerações”). A cada geração, a saída da rede é analisada e, caso não gere o resultado esperado, são ajustados os pesos do

⁸ Em redes neurais artificiais, o termo “bias” diz respeito a uma entrada de valor associada a um peso, em um neurônio, com o intuito de mudar sua função de ativação.



bias dos neurônios e todo o processo é repetido. Quanto mais gerações a rede for submetida, mais refinado será o resultado gerado.

O ramo da IA que trabalha com RNA é, atualmente, denominado conexionista. A GenIA implementa algoritmos de aprendizado de máquina para reconhecimento e classificação dos OAs, e é neste contexto que se enquadram seus recursos de IA.

A seguir, são apresentados os aspectos metodológicos que serviram de direcionamento para a concepção e desenvolvimento da plataforma, juntamente com os marcos atingidos durante o processo.

3 Aspectos metodológicos

A pesquisa apresentada por este artigo é de caráter qualitativo. Segundo D'Ambrósio (2004, p. 10) “[...] a pesquisa qualitativa, também chamada de pesquisa naturalística, tem como foco entender e interpretar dados e discursos, mesmo quando envolve grupos de participantes”. Para Bicudo e Costa (2019), essa modalidade de pesquisa considera que não é suficiente um relato de “como se faz”, mas que se trata de um trabalho discursivo no qual são explicitadas também as dificuldades e controvérsias.

Para conduzir a pesquisa, optou-se pela utilização da Pesquisa em Design Educacional (PDE). A PDE diz respeito ao estudo sistemático de concepção, desenvolvimento e avaliação de intervenções educacionais e, segundo Plomp (2013), é indicada para:

[...] projetar e desenvolver uma intervenção (como programas, estratégias e materiais de ensino-aprendizagem, produtos e sistemas) como solução para um problema educacional complexo, bem como avançar nosso conhecimento sobre as características dessas intervenções e os processos para projetar e desenvolver ou, alternativamente, para projetar e desenvolver intervenções educacionais (sobre, por exemplo, processos de aprendizagem, ambientes de aprendizagem e similares) com o objetivo de desenvolver ou validar teorias. (Plomp, 2013, p. 15, tradução nossa).

A PDE pressupõe uma trilha consolidada por três fases: preliminar, de prototipagem e avaliação. A fase preliminar prevê o cumprimento das seguintes tarefas: análise do contexto no qual a intervenção educacional será desenvolvida; identificação do problema educacional que busca ser solucionado; e revisão bibliográfica. Na fase de prototipagem são elaborados protótipos ou modelos que irão sofrer iterações no decorrer da pesquisa. Espera-se que as iterações promovam aprimoramentos em tais protótipos. A fase de avaliação considera que o protótipo deve passar por uma verificação, na qual é observado se ele cumpriu (ou não) os critérios estabelecidos.



É possível categorizar a PDE em dois tipos de estudos, dependendo de seu objetivo de investigação: o estudo de desenvolvimento e o estudo de validação. O estudo de desenvolvimento visa criar soluções para os desafios encontrados na prática educacional, enquanto o estudo de validação está relacionado à formulação ou confirmação de uma teoria ou entendimento teórico. Para Plomp (2013), esses dois tipos de estudo não são excludentes, e é possível desenvolver pesquisa combinando ambos, em um trabalho de intervenção. A pesquisa aqui apresentada buscou estreitar a relação entre a Educação Matemática e a Ciência da Computação, estabelecendo conexões que abrangem a programação intuitiva e a IA. Nesse processo, as teorias que fundamentam essas diversas áreas foram validadas de maneira simultânea. Portanto, o produto educacional (a plataforma) pode ser considerado a intervenção a que Plomp (2013) se refere.

Tendo em vista que a pesquisa tem como produto educacional uma plataforma, era necessário, também, considerar aspectos metodológicos do desenvolvimento de software. Enquanto a PDE norteava as sucessivas avaliações e aprimoramentos do produto sob uma perspectiva educacional, era fundamental que fossem observados, conjuntamente, aspectos técnicos do desenvolvimento, como a identificação de erros de programação ou necessidades de aprimoramento das funcionalidades da plataforma.

Em paralelo ao uso da PDE, o processo de software adotado para desenvolvimento da GenIA também precisaria acompanhar as iterações, direcionando o olhar para os aspectos técnicos do produto. Neste viés, foi adotado o modelo de prototipação, previsto na literatura da Engenharia de Software: “[...] um protótipo é uma versão inicial de um sistema de software que é usado para demonstrar conceitos, experimentar opções de design e descobrir mais sobre o problema e suas possíveis soluções” (Sommerville, 2016, p. 62, tradução nossa).

Pressman e Maxim (2015) consideram que o modelo de prototipação segue cinco fases: 1) comunicação, na qual há uma reunião com os interessados para definir os objetivos gerais do software; 2) plano rápido e 3) modelagem rápida, cujo foco é identificar os aspectos do software que são visíveis ao cliente, como telas, botões e outras formas de interação; 4) construção do protótipo; e 5) entrega e *feedback*, momento em que os interessados avaliam o que foi construído, identificando pontos de aceitação ou de



melhoria, que serão implementados na próxima iteração. Um olhar cuidadoso sobre as etapas da prototipação revela sua consonância com as fases da PDE⁹.

Para transitar pelos caminhos da PDE e do processo de software por prototipação, inicialmente desenhou-se uma solução tecnológica teórica e buscou-se identificar se ela atenderia às necessidades de criação da GenIA. A intenção inicial foi adotar uma solução baseada no ecossistema Microsoft, a saber: programação na linguagem C# sobre o framework .NET, utilizando a IDE do Visual Studio, com colaboração e compartilhamento de dados por meio de serviços de nuvem.

Em buscas realizadas no site do fabricante e em comunidades de desenvolvedores, identificou-se que as ferramentas atenderiam aos fatores listados. Além disso, na busca pela garantia da longevidade do software, identificou-se também que, em março de 2022 e com confirmação em junho de 2023, a linguagem C# figurava entre as dez mais utilizadas em aplicações de diversos países (Tiobe, 2023).

Para verificar a factibilidade da proposta, foram considerados alguns fatores que o ecossistema deveria atender: desenvolvimento sob o paradigma orientado a objetos; criação de aplicativos com interface gráfica; implementação de algoritmos de aprendizado de máquina; execução em diferentes ambientes (desktop, web, dispositivo móvel); compartilhamento de dados em nuvem; execução em diferentes ambientes operacionais (desejável); contabilização de métricas de desenvolvimento por meio da IDE (desejável).

A plataforma, denominada GenIA¹⁰, foi registrada no INPI¹¹, sob o número BR512023001822-8, com certificado emitido em julho de 2023. Além disso, possui website próprio, com domínio registrado (plataformagenia.com), sob o qual estão hospedados, com acesso público e gratuito, além do software, outros artefatos resultantes da pesquisa. A versão do software registrada no INPI conta com aproximadamente 45 mil linhas de código fonte.

⁹ A consonância entre as etapas da prototipação e da PDE estão aprofundadas na tese de doutorado do autor.

¹⁰ GenIA é um acrônimo formado por Gen (iniciais de gênese) e IA (sigla para Inteligência Artificial).

¹¹ Criado em 1970, o Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Economia, responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria. Disponível em: <<https://www.gov.br/inpi/pt-br>>. Acesso em: 24 set. 2023.



4 Em busca dos dados de pesquisa

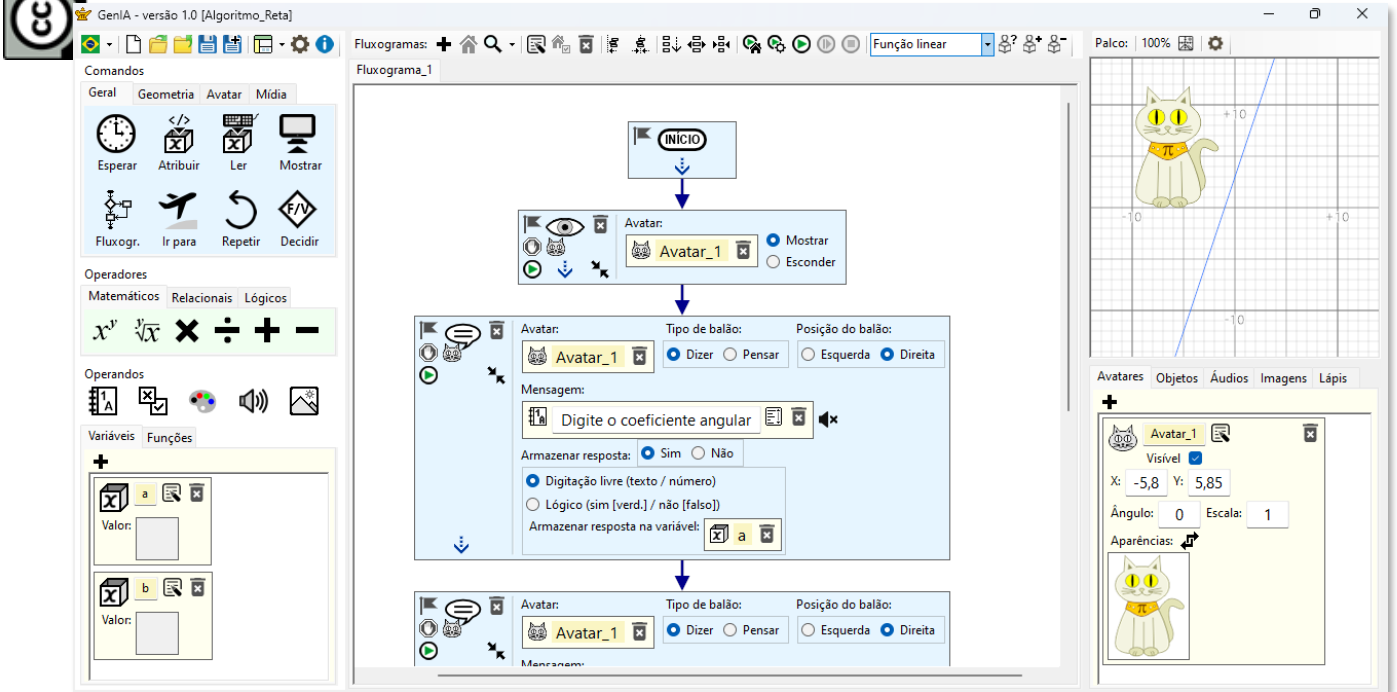
A fase de prototipagem iniciou no segundo semestre de 2020 e perdurou por diversas iterações até o final da pesquisa, buscando-se, ao final de cada iteração, avaliar: a viabilidade gráfica das soluções adotadas; a compatibilidade dos metadados advindos de outros sistemas similares, em especial o Scratch, para alimentação da plataforma e posterior treinamento dos algoritmos de IA; as possibilidades de uso de algoritmos de IA com aprendizado de máquina presentes nas bibliotecas do Microsoft ML.NET; a viabilidade do uso de programação intuitiva dentro da plataforma, sob diferentes abordagens; a evolução dos algoritmos de aprendizado de máquina e a inferência na operação da interface por parte do professor utilizador.

No desenvolvimento do protótipo, em cada ciclo de iteração, foram seguidas as etapas do processo de desenvolvimento de software, com planejamento e modelagem mínimos; resultando na criação de documentação técnica abrangente do software, para o pesquisador responsável, juntamente com o protótipo executável em si, que foi disponibilizado para o público.

Um dos desafios que precisaram ser transpostos na primeira iteração foi no sentido de como a GenIA poderia proporcionar uma programação que fosse intuitiva. Na busca de respostas para este questionamento, foram observados alguns ambientes de programação considerados intuitivos. Considerando-se o histórico da linguagem Logo e suas contribuições no contexto educacional, optou-se por analisar o Scratch, isto porque: 1) ele é considerado uma evolução do Logo; 2) ele se faz presente em um número expressivo de pesquisas e trabalhos publicados que investigam a programação no âmbito educacional, com atenção especial às publicações do GPTEM.

Considerando que a programação intuitiva é um dos pilares da pesquisa, era imperativo que a concepção da interface da GenIA, apresentada na Figura 2, também considerasse estes aspectos.

Figura 2: Interface da GenIA



Fonte: Autoria própria (2023)

Por ser uma plataforma voltada à criação de OA de Matemática, os ícones e a organização dos comandos foram pensados considerando-se o conhecimento prévio de professores da área, a exemplo dos comandos específicos de geometria e a presença dos símbolos formais para operadores. Tais características revelam a preocupação inicial com a similaridade, uma vez que os textos e mensagens da GenIA podem ser visualizados tanto na Língua Portuguesa quanto na Língua Inglesa, podendo ser facilmente traduzida para outros idiomas.

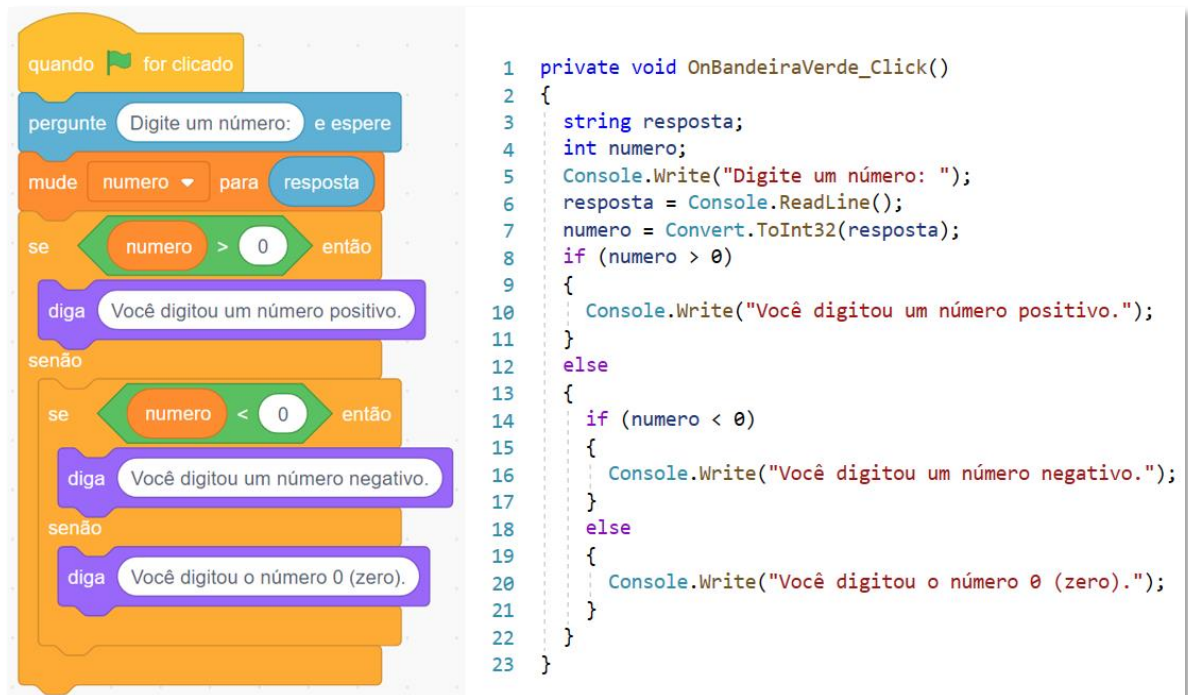
O cuidado com a acessibilidade evidencia-se de imediato à medida que os comandos são representados por botões e ícones, organizados por contexto, como também, por funcionalidade e apresentam dicas gráficas ao usuário.

Por fim, a visualização é atendida sob diferentes aspectos. Primeiramente, elementos gráficos, como avatares e objetos, podem ser posicionados diretamente no plano cartesiano com o habitual recurso de arrastar-e-soltar dos ambientes gráficos, ação que reflete diretamente na alteração dos valores das coordenadas cartesianas do componente correspondente.

A segunda evidência sobre a presença da característica em relação à visualização como um dos diferenciais da GenIA, diz respeito à forma de como acontece a programação, por meio de fluxogramas. Ainda que usada por aplicativos como o Scratch e o APP Inventor, a programação por blocos se apresentava, para os pesquisadores

envolvidos com a GenIA, como ponto de desconforto, uma vez que o conjunto de blocos segue uma estrutura visual análoga à programação estruturada. A Figura 3 busca elucidar essa associação, colocando uma sequência de blocos do Scratch e o trecho de código análogo escrito na linguagem de programação C#.

Figura 3: Comparativo entre blocos no Scratch e trecho de código em C#



Fonte: Autoria própria (2023)

Comparando-se o conjunto de blocos coloridos com o trecho de código em C#, pode-se inferir que, sob a perspectiva de Lévy (2004), a programação por blocos poderia ser classificada como uma programação “vestida de imagens”:

Podemos dividir as linguagens de programação visuais em duas categorias:

1. As linguagens de programação “vestidas de imagens” não são intrinsecamente visuais, mas possuem representações visuais sobrepostas. São linguagens tradicionais com interface visual ou auxílio de tipo gráfico à engenharia informática.
2. As linguagens de programação intrinsecamente visuais procuram desenvolver novos paradigmas de programação cujas expressões são naturalmente visuais e nem sequer teriam equivalentes textuais. (Lévy, 2004, p. 209).

No sentido de implementar na GenIA uma forma intuitiva de programação que pudesse se aproximar do que Lévy chamou de “intrinsecamente visuais”, recorreu-se ao fluxograma, entendido como um diagrama no qual os comandos são interligados por setas que indicam a direção do fluxo, isto é, a sequência segundo a qual os comandos serão executados. Representações em fluxo são comumente utilizados em diferentes áreas de conhecimento, para organização de conteúdo e resolução de problemas, como por



exemplo o ciclo da água no ensino de Ciências, a classificação de quadriláteros na Educação Matemática, os organogramas e os mapas conceituais.

O desenvolvimento da plataforma seguiu uma constante na expansão de funcionalidades, gerando novas versões executáveis, totalizando cinco versões em um processo contínuo de refinamento técnico até que pudesse ser submetida a avaliação de usuários. Nesta etapa, uma versão inicial foi testada por integrantes do GPTEM que são, em sua maioria, professores de Matemática de diferentes níveis de ensino.

Enquanto os integrantes do grupo validavam as questões de usabilidade e a programação intuitiva, o desenvolvimento seguiu para mais uma expansão, desta vez explorando as possibilidades de implementação dos módulos de IA. Essa fase iniciou com amostras criadas pelo próprio pesquisador, com o objetivo de estudar as possibilidades das bibliotecas do ML.NET, e posteriormente, os fluxogramas criados pelos integrantes do GPTEM foram sendo gradativamente inseridos nos testes de treinamento dos algoritmos.

Com base nos resultados obtidos nas avaliações realizadas e nas soluções técnicas disponíveis, decidiu-se adotar o aprendizado de máquina supervisionado. Isso se deve ao fato de que, desde o início, a proposta envolvia a criação de um sistema em que, quando um professor desenvolvesse um fluxograma, a plataforma fosse capaz de determinar se essa sequência de comandos correspondia a um OA relacionado a um conteúdo específico. Nesse cenário, os pares entrada-saída consistiriam no fluxograma do OA como entrada e na atribuição de um rótulo “sim” ou “não” como saída, indicando se ele se relacionaria ou não com o conteúdo treinado.

Cabe destacar que, de acordo com a documentação técnica da Microsoft¹², a implementação do aprendizado de máquina no ML.NET deve seguir algumas etapas: 1) Criação de um contexto ML; 2) Carga dos dados; 3) Transformação dos dados; 4) Escolha do algoritmo; 5) Treinamento do modelo; 6) Avaliação do modelo; 7) Uso do modelo.

A criação do contexto diz respeito ao conteúdo que está sendo treinado. Para atender a esta etapa, foi implementada na GenIA uma opção em que o professor pode criar rótulos para identificar os diferentes conteúdos e posteriormente selecioná-los para o treinamento. A carga dos dados é feita a partir da leitura do arquivo próprio da GenIA, no qual estão inseridos os fluxogramas. A transformação dos dados representa uma etapa adicional que pode ser útil, caso haja a necessidade de especificar quais atributos do

¹² Disponível em: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/learn/ml-dotnet/what-is-mldotnet>. Acesso em: 24 set. 2023.



conteúdo devem ser processados pelos algoritmos. A escolha do algoritmo é uma tarefa atribuída exclusivamente pelo programador, sendo que os algoritmos disponibilizados para uso pelo ML.NET são apresentados no Quadro 3.

Quadro 3: Algoritmos para treinamento do ML.NET

Tarefa do ML	Algoritmo
Classificação binária	AveragedPerceptronTrainer, SdcaLogisticRegressionBinaryTrainer
Classificação multi-classe	LightGbmMulticlassTrainer, OneVersusAllTrainer
Regressão	LbfgsPoissonRegressionTrainer, FastTreeRegressionTrainer
Clusterização	KMeansTrainer
Deteção de anomalia	RandomizedPcaTrainer
Recomendação	MatrixFactorizationTrainer
Ranking	LightGbmRankingTrainer, FastTreeRankingTrainer

Fonte: ML.NET (2023, tradução nossa)

Para classificação e identificação do conteúdo construído na GenIA, foi usado o modelo baseado na tarefa de Classificação binária, utilizando uma classificação linear simples, por meio do algoritmo AveragedPerceptronTrainer, baseado em RNA Perceptrons. Para alimentar o algoritmo, é feito um percurso de caminho (grafo) perpassando todos os componentes do fluxograma criado, gerando uma sequência análoga a uma frase, que é avaliada pela técnica de análise de sentimentos¹³, uma técnica conhecida de classificação de conteúdo por IA.

A fim de ampliar os testes de usabilidade, a plataforma foi novamente explorada por dois novos grupos de usuários¹⁴. A primeira aplicação ocorreu no segundo semestre de 2022, quando ainda não estavam incluídos os componentes de IA. A plataforma foi usada por uma turma de estudantes matriculados no curso de Bacharelado em Engenharia de Software de uma universidade privada em Curitiba, na disciplina de Algoritmos de Programação, para testes de interface e construção de fluxogramas. A disciplina em questão tem por objetivo o desenvolvimento das habilidades em lógica de programação e costuma ser ministrada fazendo uso de comandos textuais e pseudocódigos para desenvolvimento dos programas, mas também emprega técnicas para construção de fluxogramas. Durante as aulas ministradas pelo autor da tese de doutorado e seu orientador com apoio da GenIA, os estudantes puderam transpor pseudocódigos para

¹³ Análise de sentimentos é o uso de processamento de linguagem natural, análise de texto, linguística computacional e biometria para identificar, extrair, quantificar e estudar sistematicamente estados afetivos e informações subjetivas.

¹⁴ Em relação aos aspectos éticos, as duas aplicações com os estudantes encontram respaldo no item VII do Ofício Circular Nº 17/2022/CONEP/SECNS/MS, que traz orientações acerca do artigo 1.º da Resolução CNS n.º 510, de 7 de abril de 2016.



fluxogramas e tecer considerações a respeito do funcionamento dos comandos, incluindo questões de interface e usabilidade.

No primeiro semestre de 2023, a GenIA foi novamente testada, desta vez na disciplina Tecnologias no Ensino da Matemática, com alunos do oitavo período do curso de Licenciatura em Matemática da UTFPR, câmpus Curitiba. Durante a atividade com a turma, composta de nove alunos, os objetivos da pesquisa foram explicados e uma demonstração geral das funcionalidades da plataforma foi realizada, com a finalidade de contextualizar à sua utilização.

Os estudantes puderam experimentar a construção de OA por meio da GenIA, com acompanhamento do pesquisador e do professor da disciplina. A intenção era de que, ao final da dinâmica, os alunos pudessem considerar aspectos técnicos da utilização, mas principalmente, apresentar uma perspectiva de uso futuro em processos educacionais.

Os alunos expressaram, em suas falas, opiniões favoráveis em relação à plataforma, destacando que a criação de OA com ela mostrou-se mais simples em comparação com outras plataformas que eles haviam utilizado anteriormente, tais como o Scratch e o APP Inventor. Contudo, teceram críticas a respeito do domínio dos comandos necessários para colocar em prática as ideias que tinham para a construção dos AO. Segundo eles, a GenIA precisaria ter um repositório de tutoriais, para facilitar a compreensão de suas possibilidades. Isso levou os pesquisadores envolvidos com a GenIA a criar estes materiais, para que fossem disponibilizados aos usuários em conjunto com os arquivos de instalação. Tais materiais estão disponíveis no site da plataforma¹⁵, organizados em seções específicas, na aba tutoriais.

Conhecendo-se o trabalho resultante da tese do primeiro autor, a seção a seguir apresenta as considerações, com sugestões de trabalhos futuros a partir de um olhar sobre o caminho percorrido.

4 Algumas considerações

A metodologia adotada seguiu duas fases distintas: o desenvolvimento do software com foco na programação intuitiva; e a incorporação dos recursos de IA. Concomitantemente à evolução da primeira etapa, em conformidade com as exigências técnicas, foram conduzidas verificações e validações em diversos níveis, seguindo o processo de desenvolvimento de software adotado. No contexto educacional, levando em

¹⁵ <http://plataformagenia.com>



consideração a usabilidade e a programação intuitiva, os professores que fazem parte do GPTEM realizaram avaliações contínuas, seguindo as iterações orientadas pela PDE. Com base nos dados levantados nesta fase, foram produzidas cerca de 40 compilações da GenIA, incorporando novas funcionalidades e correções.

Juntamente com a validação realizada pelos integrantes do GPTEM, a plataforma foi implementada em cenários acadêmicos reais em duas situações distintas: com estudantes do curso de Bacharelado em Engenharia de Software, que forneceram considerações técnicas sobre a criação de fluxogramas e, posteriormente, como uma ferramenta utilizada em uma disciplina no curso de Licenciatura em Matemática. Esta utilização gerou dados sobre eventuais dificuldades pontuais dos usuários para explorar recursos específicos da plataforma, o que levou à construção de materiais de apoio e tutoriais.

Ao refletir sobre o caminho percorrido e, igualmente relevante, sobre a GenIA como um produto educacional tangível, sujeito a testes sob perspectivas técnicas e avaliações por parte de pesquisadores em Educação Matemática, entende-se que a tese proposta é factível e que a questão apresentada foi respondida. Os recursos de IA, aliados à programação intuitiva, foram explorados em uma plataforma de construção de OA de Matemática por meio do uso de fluxogramas e de algoritmos de IA que usam aprendizado de máquina supervisionado.

Os testes iniciais feitos a partir dos OAs criados pelos usuários revelaram que é possível o treinamento dos algoritmos de IA, ainda que a quantidade de amostras produzidas não seja suficiente para atingir a acurácia necessária dentro do prazo previsto para a conclusão do doutorado. Contudo, uma vez que os algoritmos estão implementados na plataforma e permanecerão em constante treinamento a partir de novos OAs criados, poderão receber contribuições de outras esferas da comunidade acadêmica e servir de base para futuras pesquisas sob temáticas correlatas. Para tanto, o site da plataforma aceita *upload* de arquivos dos OAs construídos pela comunidade.

A respeito dos movimentos que circundaram a pesquisa, percebeu-se que a inserção da IA entre as temáticas de estudo e pesquisa do GPTEM tem revelado um caminho bastante insólito. À medida que surgem novas propostas, manifestando vertentes a serem exploradas no âmbito educacional, há também receio por parte de novos pesquisadores, o que evidencia a importância de haver mais pesquisas interdisciplinares envolvendo IA e Educação, para que alguns preceitos sejam desmistificados.



Não obstante, vários pesquisadores se mostram dispostos a desenvolver novas pesquisas sobre o uso da IA em aulas de Matemática, nas perspectivas da Educação Matemática, e diversas destas pesquisas estão em andamento no âmbito do GPTEM. Muitas delas se dedicam a explorar a GenIA com públicos distintos e ampliar compreensões sobre suas potencialidades e fragilidades.

4.1 Recomendações para trabalhos futuros

Considerando-se os aspectos técnicos da plataforma, há diversos caminhos que ainda podem ser explorados. Não por limitação, mas por questão de escolha, a versão inicial da GenIA foi desenvolvida exclusivamente para execução em ambiente Windows. Uma proposta a ser desenvolvida em novas pesquisas é que a GenIA seja portada para ambiente web, possibilitando seu uso para uma gama mais abrangente de equipamentos, incluindo os dispositivos móveis. As questões relacionadas à usabilidade também podem ser aperfeiçoadas, pois ainda há diversos recursos gráficos e de leiaute que podem ser inseridos ou aprimorados.

Redirecionando o olhar para questões mais abrangentes, vislumbra-se, por exemplo, a possibilidade de integração da GenIA com kits voltados à Robótica, em soluções como as que combinam com Arduíno ou similares.

A GenIA tem em sua concepção uma preocupação especial em atender públicos diversos, tanto que sua versão inicial proporciona a utilização em dois idiomas (português e inglês), o que sugere de imediato a possibilidade de pesquisas sobre traduções transculturais para outros idiomas.

Visualiza-se também a necessidade de explorar outras possibilidades de algoritmos de IA para implementação na GenIA. Sua versão inicial trabalha somente com a classificação de conteúdo. Entende-se que seja possível, por exemplo, o emprego de algoritmos que possibilitem o completar automático de elementos gráficos durante a construção dos fluxogramas. Ainda no viés das alternativas de IA, sugere-se a implementação de mensagens personalizadas, de acordo com o direcionamento do professor na construção dos OAs.

Ampliando a visão para uma perspectiva acadêmico-científica, sugere-se o uso da GenIA para diversos públicos (professores, acadêmicos de licenciatura, estudantes de ensino fundamental e médio etc.), acompanhado de pesquisadores que busquem compreender como a GenIA pode ser explorada em atividades educacionais e quais suas



potencialidades em atividades ou disciplinas que investiguem o Pensamento Computacional. Em paralelo, o desenvolvimento de pesquisas sobre programação em fluxogramas em relação àquelas realizadas por blocos, pode trazer maiores compreensões sobre esta temática específica.

Por fim, no contexto social, sugere-se ainda que haja extensivas discussões a respeito dos aspectos éticos que circundam tanto a respeito da utilização da GenIA em si, quanto de pesquisas que explorem a IA como recurso educacional.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.

Referências

BALBINO, R. O.; KALINKE, M. A.; ZATTI, E. A.; MATTOS, S. G. DE; LOSS, T.; MOTTA, M. S. Programação Intuitiva: em Busca de Compreensões. **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 14, n. 36, p. 1-22, dez. 2021. <https://doi.org/10.46312/pem.v14i36.12121>.

BALBINO, R. O.; MATTOS, S. G. Uma proposta de utilização da MPEDUC para a construção de objetos de aprendizagem. In: MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A. (org.). **Inovações e Tecnologias Digitais na Educação: uma busca por definições e compreensões**. Campo Grande, MS: Life Editora, 2021, p. 57-74.

BICUDO, M. A.; COSTA, A. P. (org.). **Leituras em Pesquisa Qualitativa**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019.

BORBA, M. C.; SCUCUGLIA, R. R. S.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. 2. ed.; 2. reimp. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

D'AMBROSIO, U. In: ARAÚJO, J. L., BORBA, M. C. **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2004. p. 9-21.

GATES, B. **The Road Ahead**. New York: Viking Penguin, 1995.

HAYKIN, S. **Redes Neurais - Princípios e Práticas**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2001.

KALINKE, M. A.; BALBINO, R. O. Lousas Digitais e Objetos de Aprendizagem. In: KALINKE, M. A.; MOCROSKY, L. F. (org.). **A Lousa Digital & Outras Tecnologias na Educação Matemática**. Curitiba, CRV, 2016. p. 13-32.

KUBAT, M. **An Introduction to Machine Learning**. 2 ed. Cham: Springer, 2017.

LÉVY, P. **A ideografia dinâmica: Rumo a uma imaginação artificial?** 2. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2004.



LÉVY, P. **A inteligência coletiva**: por uma antropologia do ciberespaço. Tradução de Luiz Paulo Rouanet. 5. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2007.

LÉVY, P. **O big data e a próxima revolução científica**. 2016. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=W5hIcxKPVRw>. Acesso em: 24 set. 2023.

MCCARTHY, MCCARTHY, J.; MINSKY, M. L.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. **A Proposal for The Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence**. 1955. Disponível em: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/history/dartmouth/dartmouth.html>. Acesso em: 24 set. 2023.

MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. H. A Logical Calculus of The Ideas Immanent. **Nervous Activity**. *Bulletin of Mathematical Biophysics*, New York, v. 5, n. 01, p. 115-133, 1943.

MEIRELES, T. F. **Desenvolvimento de um Objeto de Aprendizagem de Matemática usando o Scratch**: da elaboração à construção. Curitiba, 2017. 217 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/handle/1884/56109>. Acesso em: 20 mar. 2024.

MINSKY, M. L.; PAPER, S. A. **Perceptrons**: An Introduction to Computational Geometry. Expanded Edition. 3 ed. Boston: MIT Press, 1988.

ML.NET. **What is ML.NET?** Disponível em: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/learn/ml-dotnet/what-is-mldotnet>. Acesso em: 24 set. 2023.

MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A. Uma proposta metodológica para a produção de objetos de aprendizagem na perspectiva da dimensão educacional. In: MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A. (org.). **Objetos de aprendizagem**: pesquisas e possibilidades na Educação Matemática. Campo Grande, MS: Life Editora, 2019, p. 203-218.

MOTTA, M. S.; KALINKE, M. A.; MOCROSKY, L. F. Mapeamento das dissertações que versam sobre o uso de tecnologias educacionais no ensino de Física. **Actio: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 3, n. 3, p. 65-85, set./dez. 2018. <http://dx.doi.org/10.3895/actio.v3n3.7591>.

PLOMP, T. Educational design research: an introduction. In: PLOMP, T., NIEVEEN, N. (org.). **Educational design research** – Part A: an introduction. 3 ed. Enschede: Netherlands Institute for Curriculum Development (SLO), 2013. p. 10-51.

PRESSMAN, R. W; MAXIM B. R. **Software Engineering** – A Practitioner's Approach. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2015.

RUSSELL, S. **Inteligência artificial a nosso favor**: Como manter o controle sobre a tecnologia. Tradução de Berilo Vargas. São Paulo: Companhia das Letras, 2021.

SCRATCH. **Crie histórias, jogos e animações**. Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>. Acesso em: 24 set. 2023.

SEARLE, J. Minds, brains, and programs. **The Behavioral and Brain Sciences**, Berkeley, v. 3, p. 417-457. 1980. Disponível em: <http://cogprints.org/7150/1/10.1.1.83.5248.pdf>. Acesso em: 24 set. 2023.

SOMMERVILLE, I. **Software Engineering**. 10th ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2016.



STAVNY, F. M.; MATTOS, S. G.; BALBINO, R.; ZATTI, E. A.; KALINKE, M. A. Em busca de compreensões sobre utilização de recursos digitais na criação de objetos de aprendizagem de matemática. **REVEMAT**: Revista Eletrônica de Educação Matemática, Florianópolis, v. 16, p. 01-22, jan./dez. 2021. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2021.e80312>.

TIKHOMIROV, O. K. The Psychological Consequences of Computerization. In: WERTSCH, J. V. (org.). **The Concept of Activity in Soviet Psychology**. New York: M. E. Sharpe Inc., 1981. p. 256-278.

TIOBE. **TIOBE Programming Community Index**. 2023. Disponível em: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>. Acesso em: 24 set. 2023.

TOFFLER, A. **A Terceira Onda**. Rio de Janeiro: Record, 1980.

ZATTI, E. A. **Programação orientada a objetos**. Curitiba: Fael, 2017.

ZATTI, E. A.; KALINKE, M. A. Inteligência Artificial na Educação Matemática: tendências ou “entendências”. In: KALINKE, M. A.; MOTTA, M. S. (org.). **Inovações e Tecnologias Digitais na Educação**: uma busca por definições e compreensões. Campo Grande, MS: Life Editora, 2021. p. 75-96.

Recebido em: 06 de outubro de 2023.

Aceito em: 01 de abril de 2024.