



EM BUSCA DE COMPREENSÕES SOBRE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E PROGRAMAÇÃO INTUITIVA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

IN SEARCH OF INSIGHTS INTO ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND INTUITIVE PROGRAMMING IN MATHEMATICS EDUCATION

Silvana Gogolla de Mattos¹

Marco Aurélio Kalinke²

Resumo: Este artigo visa apresentar os resultados obtidos de uma pesquisa de doutorado que explicitou, a partir das relações entre o Design de Interação e a Inteligência Artificial, compreensões sobre ambientes de programação intuitiva utilizados nos processos educacionais de Matemática. Por meio de diferentes rotas de navegação, esta investigação adotou, como metodologia, a Pesquisa em Design Educacional e buscou contribuições com outras áreas do conhecimento, como a Ciência da Computação e o Design de Interação. O trajeto percorrido também considerou reflexões sobre o uso de tecnologias na Educação Matemática; sobre a existência de modelos mentais e conceituais; e sistema intuitivo. A tese defendida destaca que existe uma relação entre a programação intuitiva e a Inteligência Artificial que pode apoiar o uso de tecnologias digitais nos processos educacionais de Matemática. Essa relação pode ser propiciada pela utilização de *feedback* com o uso de metáforas de interface.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Programação intuitiva; Educação Matemática; Feedback; Metáforas de interface.

Abstract: This article aims to present the results obtained from a doctoral research project that explored, based on the relationship between Interaction Design and Artificial Intelligence, understandings about intuitive programming environments used in Mathematics educational processes. Through different navigation routes, this investigation adopted Educational Design Research as its methodology and sought contributions from other areas of knowledge, such as Computer Science and Interaction Design. The path taken also considered reflections on the use of technologies in Mathematics Education; on the existence of mental and conceptual models; and intuitive systems. The thesis highlights that there is a relationship between intuitive programming and Artificial Intelligence that can support the use of digital technologies in Mathematics education processes. This relationship can be fostered by the use of feedback through the use of interface metaphors.

Keywords: Artificial Intelligence; Intuitive programming; Mathematics education; Feedback; Interface metaphors.

1 Introdução

O desenvolvimento das Tecnologias Digitais (TD) propicia diferentes mudanças no indivíduo e na sociedade (Tikhomirov, 1981; Lévy, 2010). Na Educação, o uso de

¹ Doutora em Ensino de Ciências e Matemática pela Universidade Federal do Paraná (UFPR). Professora da Secretaria Estadual de Educação do Paraná. Curitiba, PR, Brasil. E-mail: syl.mattos@gmail.com

² Doutor em Educação Matemática pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP). Professor permanente no Programa de Pós-graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Curitiba, PR, Brasil. E-mail: kalinke@utfpr.edu.br



linguagens de programação intuitivas, por exemplo, compreendidas tal como apresentado em Balbino *et al.* (2021) e discutidas na seção 3.2, possibilita aos alunos e professores tornarem-se criadores de tecnologias e não apenas consumidores. Observa-se que dentre as TD disponíveis, destacam-se também as técnicas e aplicações de Inteligência Artificial (IA) que podem ser exploradas tanto para auxiliar a gestão educacional quanto para contribuir com os processos educacionais.

Com sua presença avançando rapidamente entre as TD, a IA apresenta ampla aplicação na sociedade, como por exemplo: na detecção de objetos ou de pessoas no monitoramento do trânsito em uma cidade ou em jogos esportivos; no reconhecimento de imagens em exames médicos, para auxiliar nos diagnósticos de possíveis doenças; nas redes sociais, no que tange à moderação de conteúdo, dando suporte à detecção de imagens inapropriadas que possam infringir legislações; por meio do processamento de linguagem natural, na correção automática de textos, tradução para diferentes idiomas, entre diversas outras possibilidades.

Um dos modelos de linguagem baseado em IA em destaque, desde seu lançamento em meados de 2022, é o ChatGPT. Desenvolvido pela OpenAI³, este modelo gera textos a partir de uma base de dados que leva em consideração o contexto e palavras anteriores. Ele pode ser usado para responder perguntas, escrever artigos e outros tipos de conteúdo. O uso do ChatGPT e de outros tipos de IA, gera reflexões em aspectos variados, como educacionais, éticos, teóricos, filosóficos, entre outros.

Neste contexto, a IA pode ser considerada como uma área de estudo que envolve diferentes campos de investigação, tais como: Ciência da Computação, Psicologia, Ciência Cognitiva e Educação; podendo assim transitar por áreas distintas e contribuir para a otimização de tarefas e resolução de problemas.

O uso de sistemas computacionais que utilizam IA, assim como outras TD, possibilita a reorganização da atividade humana nos processos de resolução de problemas, inclusive àqueles relacionados aos processos educacionais de Matemática. Uma aplicação de IA na Educação Matemática é identificada em plataformas adaptativas, nas quais, a partir da coleta de dados registrados, sistemas inteligentes podem personalizar os processos educacionais, conforme o interesse e desempenho individual, por meio da disponibilização de conteúdo, trilhas de aprendizagem e exercícios. As plataformas Khan

³ Disponível em: <https://chat.openai.com/auth/login>. Acesso em 13 set. 2023.



Academy, Matific, Path2Math, Mazk, por exemplo, podem ser utilizadas por alunos e professores e propiciam diferentes processos interativos.

Existem também extensões para navegadores web, que por meio de ferramentas de IA geram, de forma automática, questionários e síntese de vídeos. Além dessas possibilidades, software com IA pode ser desenvolvido visando dar suporte aos professores no processo de construção de recursos digitais, como os Objetos de Aprendizagem (OA). A construção e o uso de OA são temas explorados em pesquisas e indicam que esses recursos digitais podem agregar diferentes possibilidades ao ensino de Matemática (Meireles, 2017; Zoppo, 2017; Curci, 2017; Nesi *et al.* 2020; Balbino; Mattos, 2021).

Nesta temática, a GenIA⁴ é uma plataforma desenvolvida para a construção de OA e faz uso de recursos de IA. Neste ambiente, a IA é utilizada para auxiliar os usuários na construção de recursos digitais, por meio do reconhecimento dos conteúdos matemáticos abordados, de sugestões de autopreenchimento de códigos de programação e de sugestões para a correção de problemas ou equívocos ocorridos durante a programação dos OA (Zatti *et al.* 2022).

Diante deste cenário, pesquisas sobre o uso da IA em processos educacionais de Matemática se fazem necessárias para ampliar as compreensões sobre possibilidades e dificuldades advindas da sua inserção nestes processos. Para contribuir com estas discussões, o presente trabalho apresenta os resultados da pesquisa de Mattos (2022), que envolve compreensões sobre o uso de IA em ambientes de programação intuitiva utilizados nos processos educacionais de Matemática. A partir dos caminhos trilhados nesta investigação, buscou-se responder à seguinte questão: como os elementos do Design de Interação e da Inteligência Artificial podem se relacionar em ambientes de programação intuitiva utilizados nos processos educacionais de Matemática? Ao respondê-la, defendeu-se a tese de que existe uma relação entre a programação intuitiva e a IA que pode apoiar o uso de TD nos processos educacionais de Matemática.

Na sequência serão apresentados os trajetos percorridos na referida pesquisa, os caminhos trilhados, as rotas de navegação e o problema de pesquisa. Logo após, o histórico de navegação, as conexões estabelecidas e a indicação de futuros roteiros. Isto é, de possíveis investigações que explorem diferentes mapas, indicando outros caminhos

⁴ Disponível em: <http://plataformagenia.com/>. Acesso em 13 set. 2023.



de pesquisa. Para este caminhar foi utilizada a metáfora do uso de um GPS, também apresentada a seguir.

2 GPS, as rotas de navegação e o problema de pesquisa

Para percorrer um caminho é necessário partir de algum lugar, identificado como a origem, e deslocar-se até outro, o destino. Geralmente, ao realizar uma viagem de carro para um local desconhecido, em que o percurso também o é, utilizam-se aplicativos de navegação como o Google Maps, Waze, Here, entre outros. Conforme as configurações estabelecidas, essas tecnologias apresentam rotas de navegação e o usuário faz sua escolha, que pode variar pela distância, por estradas pedagiadas ou ainda, pelo tempo previsto para realizar o trajeto.

Durante a viagem, imprevistos podem ocorrer, como por exemplo, uma estrada interditada ou uma parada fora do trajeto escolhido, são fatores que irão gerar atualizações na rota de navegação. Conforme o GPS utilizado, o caminho pode ser atualizado em tempo real, e cabe ao usuário, outra vez, fazer suas escolhas e decidir por qual caminho irá prosseguir até chegar ao destino pretendido.

Diante deste contexto, ao iniciar uma investigação, o pesquisador pode, a partir de suas vivências, saber previamente quais são as etapas que permeiam sua pesquisa; ter conhecimento das paradas obrigatórias que necessita realizar: definição de metodologia, referenciais teóricos, instrumentos para a coleta de dados etc. Ele ainda pode não conhecer qual é o destino, em que ponto exato este local se encontra. Entretanto, as diferentes estradas percorridas, a bagagem transportada, os registros fotográficos, o exercício de investigar, o levarão a locais que poderão se mostrar como destinos.

Com a adoção de aspectos metodológicos de uma pesquisa qualitativa em que “o pesquisador utiliza os insights e as informações provenientes da literatura enquanto conhecimento sobre o contexto, utilizando-se dele para verificar afirmações e observações a respeito de seu tema de pesquisa naqueles contextos” (Flick, 2009, p. 62), esta investigação utilizou como metodologia a Pesquisa em Design Educacional (PDE). Esta metodologia relaciona-se ao estudo sistemático de concepção, desenvolvimento e avaliação de intervenções educacionais (Mckenney; Reeves, 2012; Plomp, 2013; Plomp; Nieveen, 2013; Powell; Ali, 2018). As referidas intervenções podem ser interpretadas, segundo Plomp (2013), como programas, ambientes de aprendizagem, materiais, produtos e sistemas destinados aos processos de ensino e de aprendizagem.



Sobre a definição desse tipo de pesquisa, há diferentes entendimentos na literatura. Barbosa e Oliveira (2015, p. 530) explicitam que “a expressão passou a ser vista como um grande guarda-chuva das abordagens metodológicas interessadas em conjugar investigação e desenvolvimento de produtos a serem utilizados como soluções para um determinado problema.” Plomp (2013), por sua vez, elenca outras expressões relacionadas a esse tipo de pesquisa: experimentos de design, pesquisa baseada em design, pesquisa de desenvolvimento, pesquisa de engenharia, pesquisa de ação participativa e pesquisa de implementação baseada em design.

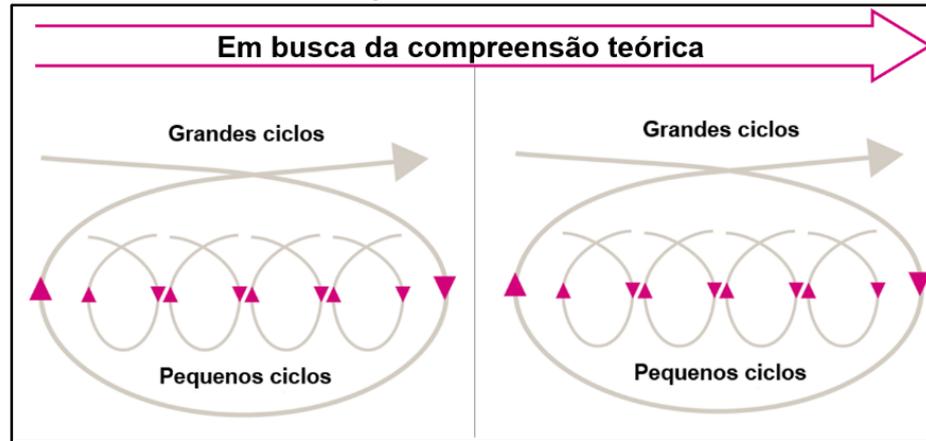
A expressão “pesquisa de desenvolvimento” é adotada por Matta, Silva e Boaventura (2014) e Barbosa e Oliveira (2015). Estes últimos autores explicitam que esse tipo de pesquisa tem chamado a atenção de pesquisadores, tanto da Educação, quanto da Educação Matemática (Lesh; Sriraman, 2010; Gravemeijer; Cobb, 2013; Meireles, 2017; Powell; Ali, 2018).

Com o objetivo de desenvolver soluções para problemas da prática educacional, para elaborar ou validar teorias sobre os processos educacionais, a PDE compreende as fases preliminar, de prototipagem e de avaliação. Na primeira são realizadas a análise do contexto em que a intervenção educacional será desenvolvida; a identificação do problema educacional a ser solucionado; e a revisão de literatura com o intuito de identificar trabalhos que versam sobre questões semelhantes às investigadas na pesquisa que se pretende realizar.

Na fase de prototipagem são elaborados protótipos ou modelos que serão aprimorados com as iterações realizadas no decorrer da investigação. E a última fase, avaliação, compreende a verificação, isto é, se a intervenção desenvolvida cumpre com os critérios estabelecidos previamente.

McKenney e Reeves (2012, p. 15, tradução nossa) explicitam que os “insights e as intervenções da pesquisa de design educacional evoluem ao longo do tempo através de múltiplas iterações de investigação, desenvolvimento, testes e refinamento.” Esse processo iterativo pode iniciar ao final da fase de avaliação, mas também pode ocorrer entre as fases preliminar e de prototipagem ou dentro de uma única fase. A **Figura 1** ilustra os diferentes ciclos que podem ocorrer durante uma PDE:

Figura 1: Ciclos na PDE



Fonte: adaptado de Gravemeijer e Cobb (2013)

Assim sendo, os pequenos e grandes ciclos fazem parte do desenvolvimento da investigação. “A evolução na pesquisa de design é geralmente motivada por novos insights, que geralmente levam a novas perguntas” (Mckenney; Reeves, 2012, p. 135, tradução nossa). Esses questionamentos contribuem para as diferentes rotas de navegação que podem ser traçadas durante a pesquisa.

Ao considerar o propósito de investigação, a PDE também engloba uma classificação sobre os tipos de estudos realizados: de desenvolvimento e de validação. O primeiro visa desenvolver soluções para os problemas da prática educacional; e o segundo relaciona-se com a elaboração ou a validação de uma teoria (compreensão teórica).

Embora existam esses dois tipos de estudo, Plomp e Nieveen (2013) explicitam que é possível desenvolver pesquisa utilizando a combinação entre eles. De um lado podem existir investigações das intervenções educacionais e do outro, o conhecimento sobre tais intervenções.

Desta forma, é fundamental conhecer diferentes investigações que possam contribuir com a combinação entre os dois tipos de estudo da PDE. A pesquisa aqui relatada classifica-se, em grande parte, como um estudo teórico, pois dedica-se à busca por compreensões sobre os aspectos relacionados à IA em ambientes de programação intuitiva na Educação Matemática. Tais compreensões, por sua vez, contribuem para o desenvolvimento de uma intervenção educacional, neste caso, uma plataforma assistida por IA para a construção de OA de Matemática. A referida plataforma, chamada GenIA, foi desenvolvida por Zatti (2023) em uma pesquisa de doutorado profissional que caminhou *pari passu* à pesquisa aqui relatada.

Nas próximas seções, o leitor conhecerá o histórico de navegação desta pesquisa: o ponto de partida, as paradas obrigatórias realizadas; e por fim, as considerações sobre a



pesquisa (destino), como também, a indicação de futuros roteiros sobre este tema, a serem explorados em pesquisas futuras.

3 Histórico de navegação

Durante a viagem, que resultou na defesa da tese sobre a existência de relação entre a programação intuitiva e a Inteligência Artificial que pode apoiar o uso de tecnologias digitais nos processos educacionais de Matemática, diferentes dúvidas emergiram. Vale destacar que a pesquisa de doutorado aqui relatada iniciou no segundo semestre de 2019 e foi desenvolvida durante a pandemia da Covid-19. Assim sendo, eram desconhecidos os lugares pelos quais a pesquisa necessitaria percorrer, quais desafios seriam enfrentados; que tipo de bagagem seria necessária levar para chegar ao destino.

Curvas, subidas e descidas fizeram parte deste caminho. Houve momentos que foram percorridos de forma mais lenta, identificados por pontos de dificuldades, de atenção ou de aprofundamento. Mas também, existiram situações em que a velocidade pôde ser elevada, com cautela, quando as compreensões fluíram sem maiores contratempos.

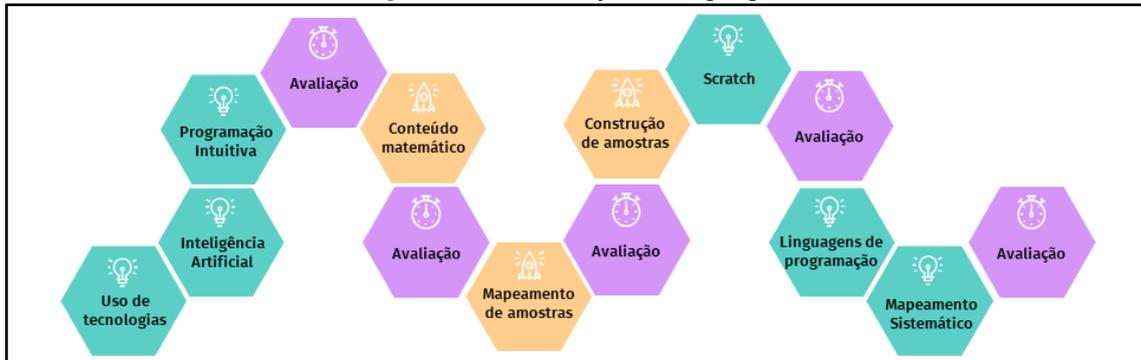
Nesta seção objetiva-se apresentar, a partir das fases que compõem a PDE, os trajetos percorridos, bem como os ciclos iterativos realizados, que possibilitaram explicitar, a partir das relações entre o Design de Interação e a Inteligência Artificial, compreensões sobre ambientes de programação intuitiva utilizados nos processos educacionais de Matemática.

Para que o objetivo supracitado fosse alcançado, algumas atualizações de rota no percurso foram necessárias. Desta maneira, por mais que a caminhada não tenha acontecido de forma linear durante o doutorado, as fases que compõem a PDE serão utilizadas para mostrar os trajetos percorridos e os microciclos avaliativos adotados no desenvolvimento da pesquisa.

A primeira trajetória da pesquisa está ilustrada na **Figura 2**. Os hexágonos verdes identificam os principais temas de revisão de literatura realizados na **fase preliminar**; os hexágonos laranjas representam os temas explorados na **fase de desenvolvimento** da pesquisa; e os hexágonos lilás identificam as **avaliações** realizadas durante o processo de investigação. É importante destacar que a maioria desses temas foram explorados e desenvolvidos em todo o trajeto da pesquisa. Essa representação também indica o momento em que tais temas passaram a ser inseridos na rota desta investigação. A título de exemplo, uma parada para buscar compreensões na literatura sobre o Scratch foi

adicionada ao trajeto após a etapa de construção de amostras e antes da quarta etapa de avaliação.

Figura 2: Primeira trajetória da pesquisa



Fonte: Mattos (2022, p. 141)

Estudos sobre os trabalhos de autores que consideram que o uso das tecnologias na sociedade provoca mudanças nas formas de pensar, nas formas de comunicação e, de modo mais amplo, de comportamento dos homens e das comunidades, tais como: Tikhomirov (1981) e Lévy (2010), que fazem parte, por exemplo, da fase preliminar da pesquisa e podem ser considerados o ponto de partida da trajetória.

Lévy (2010) considera que as tecnologias da inteligência, técnicas associadas à memória e ao conhecimento (a oralidade, a escrita e a informática), modificam a forma como os humanos produzem e transmitem conhecimento. Tikhomirov (1981) apresenta a ideia da reorganização da atividade criativa a partir da utilização do computador.

A partir das relações entre as ideias destes dois autores, Borba e Villarreal (2005) explicitam compreensões sobre a produção do conhecimento matemático mediado pelas tecnologias da informação, a partir do conceito de coletivos constituídos por seres-humanos-com-mídias... Alguns dos aspectos envolvidos neste coletivo consideram que há uma moldagem recíproca entre pensamento e tecnologia (Borba; Silva; Gadanidis, 2014). Souto e Borba (2016, p. 7) destacam que:

Um conceito central desse construto é a noção de moldagem recíproca (Borba, 1993, 1999), segundo a qual, os *feedbacks* dados por uma determinada mídia influenciam no raciocínio de quem interage com elas, em outras palavras, a mídia molda o ser humano. Mas, os seres humanos também a moldam na medida em que a utilizam. Um exemplo pode ser observado na forma como os estudantes fazem uso de um determinado *software*, que muitas vezes é diferente da maneira como a equipe que o desenvolveu havia pensado. Por outro lado, a equipe que desenvolve um *software* procura elaborar um *design* levando em consideração a forma como os estudantes têm utilizado.

Uma área que se dedica a identificar as necessidades do usuário, por exemplo, alunos e professores, e a projetar produtos interativos é o Design de Interação (Rogers;



Sharp; Preece, 2013). Esta área faz parte das reflexões propiciadas pela segunda parada obrigatória da pesquisa, que será explorada mais adiante.

Considerando a noção de moldagem recíproca apresentada na última década do século XX, é possível identificar que essa relação se torna cada vez mais presente na sociedade. Evidencia-se assim que o avanço de TD, com recursos como a IA e a Internet das Coisas, por exemplo, apresenta diferentes formas para a produção do conhecimento. Por se tratar de tecnologias recentes, salienta-se a necessidade da realização de pesquisas que versem sobre as possibilidades e os desafios presentes na utilização dessas tecnologias nos processos educacionais.

Direcionar o olhar para os estudos realizados sobre o uso de TD na Educação Matemática foi importante, porém não foi suficiente para chegar ao destino da pesquisa. Desta forma, foi necessário realizar uma parada obrigatória para abordar questões sobre a IA.

3.1 Primeira parada: Inteligência Artificial

O ajuste da rota de pesquisa foi realizado em meados do primeiro semestre de 2021 quando, em uma situação pandêmica, optou-se por desenvolver uma investigação que visasse a busca por compreensões teóricas e entendimentos sobre IA e programação intuitiva na Educação Matemática.

O resultado das buscas sobre investigações agrupadas, realizadas sobre IA e programação intuitiva; IA e Educação Matemática, identificou a necessidade de ampliar as pesquisas direcionadas para essas áreas. Nestas buscas, realizadas nas bases de dados como Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, plataforma Google, observou-se um direcionamento para a Ciência da Computação, que colocou em evidência as características técnicas de sistemas que usam recursos de IA na Educação. Esse direcionamento mostra uma das possíveis contribuições da pesquisa aqui relatada para a Educação Matemática.

A IA aplicada na Educação é considerada por Vicari (2018) como uma área de pesquisa multi e interdisciplinar, visto o intuito da utilização de sistemas que fazem uso de IA estar direcionado ao ensino e à aprendizagem. Algumas aplicações da IA na Educação que podem contribuir com a gestão educacional e com os processos de ensino e de aprendizagem são o uso de sistemas tutores inteligentes, como o Mazk; ferramenta de gestão e análise de dados, como o Power BI; chatbot etc.



Wayne Holmes (ERTE DGE, 2020) tece discussões sobre a IA na Educação, organizando essa área em três categorias: aprender com a IA; aprender sobre a IA; e aprender para a IA. A primeira relaciona-se ao uso da IA como apoio aos sistemas de ensino, professores e alunos. A segunda, refere-se à possibilidade de ensinar a IA aos estudantes da Educação Básica, do Ensino Superior e gestores. E a última categoria compreende a reflexão sobre o impacto da IA na sociedade.

Pesquisas sobre as possibilidades de uso da IA na Educação Matemática podem ser encontradas em Schuck; Giraffa (2001), Castro (2010), Damasceno (2011), Seffrin *et al.* (2012), Seffrin (2015), Bittencourt (2018), Moro (2019), Valeriano (2019) e Mello; Canto Filho; Lima (2020), que em sua maioria, abordam compreensões sobre a utilização de sistemas tutores inteligentes e chatbot.

A utilização de chatbot como assistente de interação e mediador de tarefas extraclasse, por exemplo, pode considerar a participação e o rendimento dos estudantes.

Nessa interação entre aluno e Chatbot, muitos dados de acesso são gerados, o que permite **compreender as necessidades do usuário**, além de atualizar e aperfeiçoar as informações que serão disponibilizadas na plataforma. Como exemplo da utilização desses dados, os mesmos poderão auxiliar na **compreensão das dificuldades dos alunos**, através da observação das suas principais demandas e necessidades, ou seja, acompanhando os botões mais acessados, bem como as palavras mais digitadas pelos alunos, além do tempo de permanência em cada atividade apresentada (Mello; Canto Filho; Lima, 2020, p. 9, grifos nossos).

Observa-se que a compreensão das necessidades dos estudantes pode levar o professor à reorganização de sua prática pedagógica. Os dados gerados, quando agrupados a partir da interatividade com o assistente virtual, possibilitam que o professor verifique quais tópicos necessitam ser retomados em suas aulas. Neste contexto, considera-se que o uso da IA, por meio do chatbot, pode contribuir com os processos educacionais de Matemática.

A partir do levantamento realizado foi possível verificar que ainda há poucas pesquisas, publicadas e/ou disponibilizadas, que versam sobre as possibilidades de utilização da IA nos processos educacionais de Matemática. Considera-se que o desenvolvimento de ambientes como a GenIA, PAT2Math e Mazk, entre outros, pode ampliar as reflexões e compreensões sobre o impacto da IA na Educação Matemática.

Para que se pudesse dar continuidade à rota de navegação da pesquisa, uma segunda pausa se fez presente e dedicou-se ao entendimento sobre a programação intuitiva. Esta parada foi responsável por apresentar elementos e possíveis conexões entre as áreas do Design de Interação, da Ciência da Computação e da Educação Matemática.



3.2 Segunda parada: Programação Intuitiva

A partir da segunda trajetória da pesquisa, outra parada foi adicionada à rota de navegação: a revisão de literatura foi ampliada e passou a aprofundar estudos sobre a programação intuitiva e a incluir as áreas de Design de Interação e intuição matemática.

A justificativa por incluir nessa pesquisa o Design de Interação, uma área de estudo referente à projeção de produtos interativos (Rogers; Sharp; Preece, 2013), relaciona-se ao desenvolvimento de uma intervenção educacional. A partir dos estudos sobre essa área, outros temas emergiram e possibilitaram a conjectura de conexões entre programação intuitiva, sistema intuitivo e Educação.

Balbino *et al.* (2021) apontam que educadores e profissionais da informática, não possuem uma definição específica para o termo “programação intuitiva”. Realizam, entretanto, um diálogo entre os elementos da programação de computadores e o uso da programação no âmbito educacional, para assim, propor uma definição para o termo. Para esses autores, os pilares da programação intuitiva envolvem as características de similaridade, visualização e acessibilidade.

Salienta-se que os dois primeiros pilares também estão presentes no Design de Interação, no que se refere à usabilidade (Nielsen, 2020), tais como, combinação entre o sistema e o mundo real; e reconhecimento em vez de recordação. Na utilização de um recurso digital para fins educacionais, compreende-se usabilidade como a capacidade que esse recurso “tem de ser facilmente utilizado pelo professor e estudante. Para tanto, as interfaces devem ser desenvolvidas com a finalidade de garantir a qualidade e eficiência do objeto, propiciando melhoras na interatividade” (Nesi *et al.* 2020, p. 100).

As investigações sobre a linguagem de programação intuitiva realizadas, indicam que a conexão entre essa linguagem e o Design de Interação pode ser estabelecida a partir das características presentes em um sistema intuitivo e das heurísticas de usabilidade. Nesse sentido, é importante considerar elementos presentes na interface desse sistema e os modelos conceituais (MC) e mentais (MM) desenvolvidos na projeção e utilização de um produto interativo. Para compreender estes modelos um pequeno desvio de rota se fez necessário.

O MM está relacionado ao usuário. Esse modelo é único, pois cada usuário cria o seu. O MC, por sua vez, relaciona-se ao sistema. Um usuário, ao utilizar um software pela primeira vez, faz conexões de como aquele software funciona, isto é, imagina as funções dos ícones e de como interagir com o sistema. Esse é o MM.



Do outro lado, tem-se uma equipe que provavelmente desenvolveu o software. Esse é o MC, que pode ser traduzido como a maneira que efetivamente o produto funciona. É comum acontecer que esses modelos sejam distintos, e às vezes, muito diferentes. Nesse sentido, quando o MC é semelhante ao MM, tem-se a compreensão de um sistema intuitivo.

Lévy (2004) considera que MM são representações mentais. Essas representações podem ser utilizadas para recordar, raciocinar e tomar decisões. “Experiências em psicologia cognitiva mostraram que os sujeitos constroem um modelo mental a partir de descrições coerentes e determinadas de lugares” (Lévy, 2004, p. 209). A partir da teoria proposta por Johnson-Laird, Lévy (2004) também destaca que a ativação de MM permite raciocinar:

a) A partir de premissas (isto é, de dados disponíveis formulados de modo proposicional) e de nossos conhecimentos gerais do campo em questão, construímos um modelo mental, ou seja, uma interpretação de premissas. b) A exploração desse modelo mental permite-nos chegar a uma conclusão provisória. c) Buscamos em seguida, sistematicamente, interpretações de premissas (isto é, de modelos mentais alternativos) que contradiriam essa conclusão. Se a busca for completa, bem-conduzida e sem qualquer registro de contraexemplo, a conclusão é válida. d) Se encontramos um exemplo que invalide a primeira conclusão, o ciclo recomeça com outra conclusão provisória até encontrarmos uma que não seja desmentida por nenhuma interpretação das premissas, isto é, que seja compatível com simulações de todos os modelos mentais passíveis de ser inferidos a partir de premissas e de nossos conhecimentos (Lévy, 2004, p. 112).

O referido processo de (re)construção e reflexão sobre os MM também se faz presente na utilização de TD. Por exemplo, um estudante de Licenciatura em Matemática que comece a usar o GeoGebra pela primeira vez em seu curso (considerando que ele nunca tenha utilizado esse software), após abrir o software, pode construir um MM (item a); na sequência, depois de interagir com o sistema, ele observa que determinadas ações imaginadas anteriormente não funcionam como havia suposto. Dessa forma, ele atualiza seu MM (itens b e c) e retoma a utilização do software. Caso o estudante identifique falhas em seu novo MM, o ciclo recomeça (item d).

Além das características presentes em um sistema intuitivo, a conexão entre a programação intuitiva e o Design de Interação também pode ser estabelecida a partir das heurísticas de usabilidade. Elas são consideradas por Nielsen (2020) como os princípios gerais para o Design de Interação, a saber: visibilidade do status do sistema; combinação entre o sistema e o mundo real; controle e liberdade do usuário; consistência e padrões; prevenção de erros; reconhecimento em vez de recordação; flexibilidade e eficiência de

uso; design estético e minimalista; auxílio aos usuários para reconhecer, diagnosticar e se recuperar de erros; ajuda e documentação.

Essas heurísticas consideram o público-alvo que utilizará o produto interativo. O design de um sistema necessita adotar, por exemplo, palavras, frases e conceitos familiares ao usuário, e uma maneira de potencializar a interatividade com ele é fornecer *feedback*.

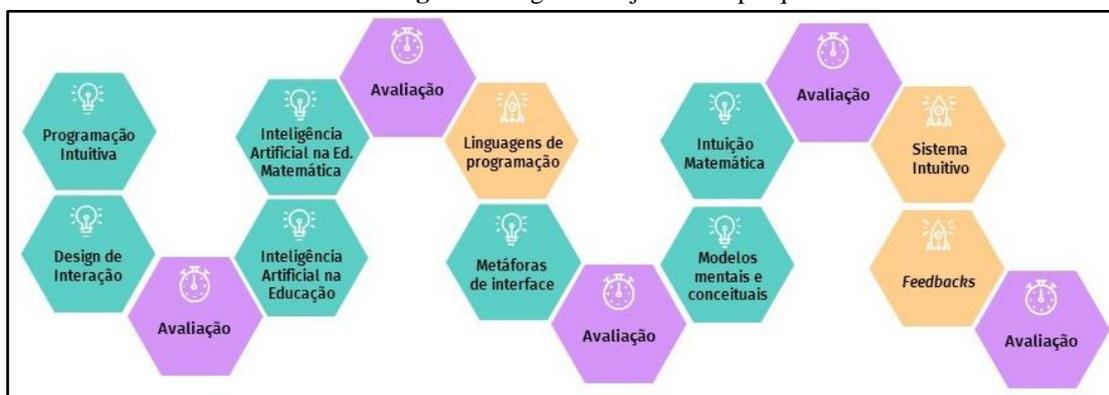
Assim, considerando as ideias Rogers; Sharp; Preece (2013, p. 88), é possível contribuir com o aperfeiçoamento do MM dos usuários, a partir de explicações, tornando o sistema mais transparente. Tal transparência implica em “fornecer *feedback* útil, em resposta à entrada do usuário; maneiras intuitivas e fáceis de entender ao interagir com o sistema; instruções claras e fáceis de seguir”.

A tese defendida na pesquisa aqui relatada explicita uma relação entre a programação intuitiva e a Inteligência Artificial, que pode ser propiciada pela utilização de *feedback* com o uso de metáforas de interface. Essas metáforas “têm a intenção de fornecer entidades familiares que permitam às pessoas facilmente compreenderem o modelo conceitual subjacente e saberem o que fazer em uma interface” (Rogers; Sharp; Preece, 2013, p. 44).

Considerando a utilização destas metáforas na elaboração de sistemas, foi possível observar as possibilidades de contribuição para o entendimento dos usuários sobre a interatividade nos sistemas intuitivos.

Em síntese, e retomando as etapas da viagem da pesquisa, a segunda trajetória pode ser representada pela **Figura 3** da seguinte forma:

Figura 3: Segunda trajetória da pesquisa



Fonte: Mattos (2022, p. 142)



Observa-se, neste percurso, que a utilização dos microciclos avaliativos possibilitou o desenvolvimento de conexões e contribuições da pesquisa para a Educação Matemática, entre as quais como um feedback pode auxiliar os usuários, bem como, a indicação de futuros roteiros e rotas de navegação no mapa do uso das TD na Educação. Utilizá-los viabilizou o caminhar entre as fases preliminar e de desenvolvimento da pesquisa, ampliando a visão do mapa que estava a ser explorado e, ao mesmo tempo, construído.

A terceira trajetória da pesquisa, por sua vez, foi estabelecida após a realização da banca de qualificação, quando foram retomados os elementos do Design de Interação, da IA e das possíveis relações a serem desveladas entre essas áreas e a Educação Matemática.

Como exposto, o ponto de partida da pesquisa foi o uso de tecnologias na Educação Matemática. Esta origem apresentou elementos que contribuíram com as reflexões sobre a IA em que se destacam os aspectos envolvidos no construto seres-humanos-com-mídias..., como a moldagem recíproca entre pensamento e tecnologia (Borba; Silva; Gadanidis, 2014; Souto; Borba, 2016).

Com a primeira parada obrigatória, foi necessário adquirir outra bagagem para a navegação. Verificou-se que a história da IA e os estudos sobre IA na Educação, em particular na Educação Matemática, são recentes e, a partir da identificação de pesquisas que versam sobre este tema, observou-se diferentes possibilidades de uso da IA que envolvem a otimização de tarefas, a resolução de problemas e a utilização de técnicas que podem contribuir com os processos educacionais de Matemática.

Já com a segunda parada obrigatória, para ampliar compreensões sobre a programação intuitiva, foi possível identificar elementos do Design de Interação que se revelaram fundamentais para o diálogo com a Educação Matemática, por meio da existência de modelos mentais e conceituais, sistema intuitivo, linguagens de programação e intuição.

4 Considerações sobre a pesquisa (destino) e futuros roteiros

Os trajetos percorridos tornaram-se possíveis devido à utilização da metáfora do GPS e às posteriores atualizações de rota que se mostraram necessárias, a partir dos microciclos avaliativos da metodologia PDE.

Uma das conexões estabelecidas na pesquisa é identificada pela existência da moldagem recíproca no uso de tecnologias. As ideias de Tikhomirov (1981) sobre a teoria da reorganização; as tecnologias da inteligência explicitadas por Lévy (2010) e os

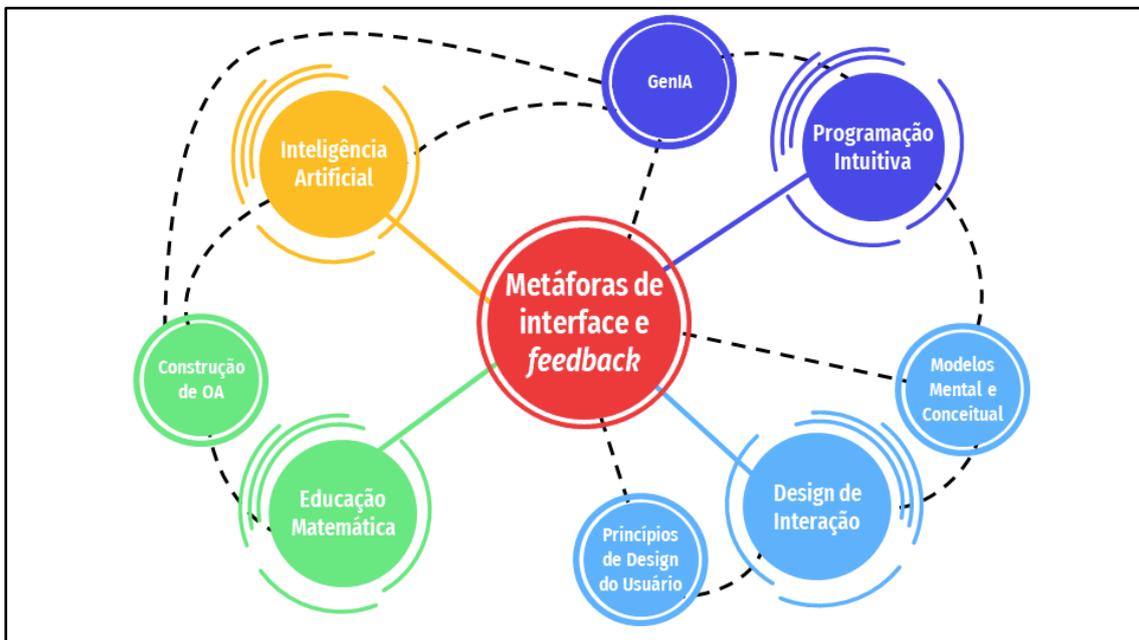
aspectos envolvidos no construto seres-humanos-com-mídias... (Borba; Villarreal, 2005) possibilitam compreender que a atividade do usuário é reorganizada com a tecnologia que usa. Nesse contexto, à medida que ele interage com um software, por exemplo, ocorre uma “influência de mão-dupla”, visto que “a mídia molda o ser humano. Mas, os seres humanos também a moldam na medida em que a utilizam” (Souto; Borba, 2016, p. 7).

Essa influência é possível de ser observada relacionando-a às formas de uso da IA na Educação, visto que o uso de Sistemas Tutores Inteligentes (STI) ou chatbot, por exemplo, podem personalizar os processos educacionais.

Outras conexões também se estabeleceram durante a rota de navegação da pesquisa e propiciaram o resultado da tese, conforme ilustra a **Figura 4**. O plano de fundo dessas conexões é o uso de tecnologias na Educação. Essas relações se originaram a partir das áreas de IA, Programação Intuitiva, Design de Interação e Educação Matemática.

Cada uma dessas quatro áreas está representada, respectivamente, pelas cores amarelo, azul escuro, azul claro e verde, que se relacionam à metáfora do GPS, pois indicam as etapas dos trajetos percorridos na pesquisa, como o ponto de partida e as paradas obrigatórias.

Figura 4: Conexões da tese



Fonte: Mattos (2022, p. 129)

O destino, por sua vez, destacado no centro da **Figura 4**, em vermelho, é identificado pela tese da pesquisa aqui relatada, que defende a existência de uma relação entre a programação intuitiva e a Inteligência Artificial que pode apoiar o uso de



tecnologias digitais nos processos educacionais de Matemática. As linhas tracejadas indicam pontos de convergência entre as áreas e estas, conectam-se com a tese, por meio de linhas contínuas.

A relação entre a programação intuitiva e a IA envolve a utilização de *feedback* com o uso de metáforas de interface. Conforme exposto, esta relação pode contribuir com a atualização dos MM, bem como, com a compreensão do MC do sistema. Isso acontece devido ao fornecimento de elementos que já são conhecidos pelos usuários.

Observa-se, assim, que o uso de metáforas de interface vem ao encontro de um sistema intuitivo. “Quanto mais próximos forem à lógica de metáforas de interface do objeto de um software provavelmente melhor será a interação com os usuários e mais fácil fica usá-lo” (Fernandes, 2005, p. 1). Desta maneira, compreende-se que a convergência entre os MM e MC é essencial, pois auxiliará o usuário no entendimento do sistema o que, de forma indireta, pode contribuir para a compreensão de conceitos matemáticos explorados ao usar a IA em um software, por exemplo. Assim, diante das compreensões explicitadas, considera-se que um sistema intuitivo pode revelar-se por meio da utilização de técnicas de IA que privilegiem as constantes atualizações dos MM pelo usuário.

A partir das conexões estabelecidas na pesquisa, sugere-se a realização de futuros roteiros, ou seja, investigações que explorem diferentes mapas, indicando outros caminhos de investigação, tais como:

- identificação e estudo sobre técnicas de IA que possam viabilizar as atualizações dos MM em ambientes de programação intuitiva;
- aplicação de metáforas de interface em sistemas intuitivos utilizados no âmbito educacional;
- aprofundamento sobre as categorias a respeito da IA na Educação: aprender com IA, aprender sobre IA, aprender para a IA;
- compreensões dos docentes sobre o uso de técnicas e aplicações de IA na Educação, por meio da formação de professores;
- ampliar reflexões sobre aspectos éticos e filosóficos da utilização da IA envolvidos nos processos educacionais.



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. Disponível em: <https://periodicos.ufms.br/index.php/pedmat/article/view/12121>. Acesso em: 31 jul. 2023.

BALBINO, R. O.; MATTOS, S. G. DE. 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. 135-152.

BARBOSA, J. C.; OLIVEIRA, A. M. P. Por que a Pesquisa de Desenvolvimento na Educação Matemática? **Perspectivas da Educação Matemática**, Campo Grande, v. 8, n. 18, p. 526-546, 2015.

BITTENCOURT, W. N. **A utilização do Tutor Inteligente MAZK no processo de ensino-aprendizagem**. 2018, 137 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2018.

BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte, MG: Autêntica, 2014.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. New York: Springer, 2005.

CASTRO, P.J. P. **Ambiente de avaliação do software virtual-TANEB aplicado à geometria do quinto ano do Ensino Fundamental**. 2010. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2010.

CURCI, A. P. F. **O Software de Programação Scratch na Formação Inicial do Professor de Matemática por meio da criação de Objetos de Aprendizagem**. 2017. 141 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Matemática) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Londrina, 2017.

DAMASCENO, F. R. **Concepção e desenvolvimento do agente tutor e modelo de aluno no ambiente inteligente de aprendizagem PAT2MATH**. 2011. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa Interdisciplinar de Pós-graduação em Computação Aplicada, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2011.

ERTE DGE. **MOOC IA - Wayne Holmes, Módulo 3**. YouTube, 27 jan. 2020. Disponível em: <https://youtu.be/nWNeON-b3Lw>. Acesso em: 23 ago. 2023.

FERNANDES, G. G. **Paradigmas e avaliação de interface humano-computador: evolução, caracterização e ícones de interface Computacional**. 2005. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/38856/1/2005_eve_ggfernandes.pdf. Acesso em: 04 ago. 2023.

FLICK, U. **Introdução à Pesquisa Qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GRAVEMEIJER, K.; COBB, P. Design Research from the Learning Design Perspective. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **Educational design research - Part A: an introduction**. Enschede: SLO, 2013. p. 72-113.



LESH, R.; SRIRAMAN, B. Re-conceptualizing mathematics education as a design science. In: SRIRAMAN, B.; ENGLISH, L. (Ed.). **Theories of mathematics education: Seeing new frontiers**. Heidelberg: Springer, 2010. p. 123-146.

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

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. 2. ed. São Paulo: Editora 34, 2010.

MATTA, A. E. R.; SILVA, F. P. S.; BOAVENTURA, E. M. Design-based research ou pesquisa de desenvolvimento: metodologia para pesquisa aplicada de inovação em educação do século XXI. **Revista da FAEEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 23, n. 42, p. 23-36, jul./dez. 2014.

MCKENNEY, S.; REEVES, T. C. **Conducting Educational Design Research**. Londres: Routledge, 2012.

MATTOS, S. G. **Em busca de compreensões sobre inteligência artificial e programação intuitiva na educação matemática**. 2022. 169 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências e em Matemática) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2022.

MEIRELES, T. F. **Desenvolvimento de um objeto de aprendizagem de matemática usando o Scratch: da elaboração à construção**. 2017. 166 p. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e em Matemática) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

MELLO, J. N. B.; CANTO FILHO, A. B. do; LIMA, J. V. de. A tarefa de casa na disciplina de Matemática mediada por assistente virtual de comunicação-chatbot. **Revemat**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 01-20, 2020. <https://doi.org/10.5007/1981-1322.2020.e58129>. Acesso em: 21 ago. 2023.

MORO, F. F. **Protótipo de um chatbot para auxiliar o professor na utilização do Sistema Tutor Inteligente MAZK**. 2019. 133 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2019.

NESI, T.; KALINKE, M. A.; MOTTA, M. S.; ROLKOUSKI, E. A reformulação de um objeto de aprendizagem de matemática buscando melhorar sua usabilidade. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, São Paulo, v. 11, n. 6, p. 94 -113, out. 2020.

NIELSEN, J. **10 Usability Heuristics for User Interface Design**. 2020. Disponível em: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>. Acesso em: 11 set. 2023.

PLOMP, T. Educational design research: an introduction. In: PLOMP, T., NIEVEEN, N. **Educational design research - Part A: an introduction**. Enschede: SLO, 2013. p. 10-51.

PLOMP, T.; NIEVEEN, N. References and Sources on Educational Design Research. In: PLOMP, T.; NIEVEEN, N. **Educational design research - Part A: an introduction**. Enschede: Editora, 2013. p. 170-199.

POWELL, A. B.; ALI, K. V. Design Research in Mathematics Education: Investigating A Measuring Approach To Fraction Sense. In: CUSTODIO, J. F.; FLORES, C. R.; COSTA, A. A. (org.). **Programa De Pós-Graduação Em Educação Científica E Tecnológica (PPGECT): contribuições para pesquisa e ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2018. p. 221-242.



ROGERS, Y.; SHARP, H.; PREECE, J. **Design de interação**: além da interação humano-computador. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

SEFFRIN, H.; RUBI, G.; GHILARDI, C.; MORAIS, F.; JAQUES, P. A.; ISOTANI, S.; BITTENCOURT, I. Dicas inteligentes no Sistema Tutor Inteligente PAT2Math. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 23., 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBIE, 2012. p. 1-10.

SEFFRIN, H. M. **Avaliando o conhecimento algébrico do estudante através de redes Bayesianas dinâmicas**: Um estudo de caso com o Sistema Tutor Inteligente Pat2Math. 2015. 130 f. Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2015.

SCHUCK, P. W.; GIRAFFA, L. M. M. Construindo um Sistema Tutor Inteligente para suporte ao ensino de Matemática Financeira: da modelagem à validação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 12., 2001, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: SBIE, 2001. p. 48-57. <http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/106>.

SOUTO, D. L. P.; BORBA, M. C. Seres humanos-com-internet ou internet-com-seres humanos: uma troca de papéis? **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, San Pedro Zacatenco, v.19, n. 2, p. 217-242, 2016.

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

VALERIANO, E. C. F. **O Sistema Tutor Inteligente MAZK no processo de ensino e aprendizagem do Pré-escolar e Ensino Fundamental I**. 2019. 123 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias da Informação e Comunicação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, 2019.

VICARI, R. M. **Tendências em inteligência artificial na educação no período de 2017 a 2030**: sumário executivo. 2018. Disponível em: <http://tracegp.sesi.org.br/handle/uniepro/259>. Acesso em: 25 ago. 2023.

ZATTI, E. A.; BALBINO, R.; MATTOS, S. G.; KALINKE, M. A. Una Propuesta para la Creación de una Plataforma Asistida por la Inteligencia Artificial para la Construcción de Objetos de Aprendizagens de Matemática. Maracaibo, **PARADIGMA**, [S. l.], v. 43, n. 2, p. 259-281, 2022.

ZATTI, E. A. **GenIA**: plataforma para construção de objetos de aprendizagem de matemática que faz uso de programação intuitiva e é assistida por inteligência artificial. 2023. 121 f. Tese (Doutorado em Formação Científica, Educacional e Tecnológica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

ZOPPO, B. M. **A contribuição do Scratch como possibilidade de material didático digital de matemática no ensino fundamental**. 2017. 135 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Setor de Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

Recebido em: 26 de setembro de 2023.

Aceito em: 01 de abril de 2024.