Uso da Inteligência Artificial no ensino e avaliação do Pensamento Computacional: Um Mapeamento Sistemático da Literatura

Edilaine Santiago de O. Nascimento, Universidade Federal do Ceará (UFC), edilaine.santiago@alu.ufc.br, ⟨https://orcid.org/0000-0002-7117-4679⟩
Camila H. S. Oliveira, Universidade Federal do Cariri (UFCA), camila.oliveira@ufca.edu.br, ⟨https://orcid.org/0000-0001-6613-2960⟩
Miguel Franklin de Castro, Universidade Federal do Ceará (UFC), miguel@lia.ufc.br, ⟨https://orcid.org/0000-0002-1277-3604⟩

Resumo: Habilidades do Pensamento Computacional (PC) se tornaram imprescindíveis no processo de ensino e aprendizagem no contexto educacional. No entanto, desenvolver estas competências ainda é um desafio dada a dificuldade de muitos alunos e docentes em compreender e aplicar este conceito. Uma das formas de otimizar o processo de aprendizagem e avaliação do PC é através da Inteligência Artificial (IA) aplicada à educação. Logo, o objetivo desta pesquisa é desenvolver um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) de trabalhos que utilizaram IA no ensino e avaliação do PC nos últimos cinco anos focando no nível educacional médio ou superior. Os resultados apontam que metade das técnicas de IA das ferramentas de ensino visou aplicar tecnologias assistidas por IA para uma aprendizagem personalizada, implementando a geração de *feedbacks* automáticos, agentes conversacionais e recomendação de conteúdo para o desenvolvimento do PC.

Palavras-chave: Pensamento Computacional, Inteligência Artificial, Mapeamento Sistemático da Literatura, Educação.

Use of Artificial Intelligence in teaching and evaluating Computational Thinking: A Systematic Mapping of Literature

Abstract: Computational Thinking (CT) skills have become essential in the teaching and learning process in the educational context. However, developing these skills is still a challenge given the difficulty many students and teachers have in understanding and apply this concept. One of the ways to optimize the CT learning and assessment process is through Artificial Intelligence (AI) applied to education. Therefore, the objective of this research is to develop a Systematic Literature Mapping (SLM) of works that used AI in the teaching and assessment of CT in the last five years focusing on the secondary or higher educational level. The results indicate that half of the AI techniques in teaching tools aimed to apply AI-assisted technologies for personalized learning, implementing the generation of automatic feedbacks, conversational agents and content recommendation for CT development.

Keywords: Computational Thinking, Artificial Intelligence, Systematic Mapping of Literature, Education.

1. Introdução

O ensino de computação está sendo inserido no currículo escolar de muitos países e com ele traz desafios para os professores que precisam buscar novas estratégias de ensino a fim de obter sucesso no processo de aprendizagem dos alunos (Sentance e Csizmadia, 2017). O termo Pensamento Computacional (PC) remete ao trabalho construcionista de Seymour Papert (Papert, 1980). Esse termo foi citado pela primeira vez no trabalho de Wing que o descreve como uma abordagem para resolver problemas,

construir sistemas e compreender o comportamento humano que se baseia no poder e nos limites da computação (Wing, 2006).

Diante da dificuldade de muitos alunos em compreender e aplicar conceitos relacionados à computação, o desenvolvimento do PC ainda é desafiador (Silva; Menezes e Junior, 2023). Dada a importância deste tema, a investigação sobre diferentes aspectos do PC tem estado cada vez mais sob os holofotes nos últimos anos (Lu *et al.*, 2022). Uma das formas de otimizar o processo de aprendizagem e avaliação do PC, assim como auxiliar os professores nessa tarefa é através da Inteligência Artificial (IA) aplicada à educação. O uso de tecnologias ou aplicações de IA em ambientes educacionais visa facilitar os processos de instrução, aprendizagem e tomada de decisão das partes interessadas, como alunos e professores (Hwang *et al.*, 2020). A literatura anterior também indica que muitas ferramentas de aprendizagem, como agentes inteligentes e *software* são eficazes para facilitar a aquisição de competências do PC (Yim e Su, 2024).

Revisões anteriores fornecem informações substanciais sobre o campo da IA na educação. Por exemplo, o trabalho de revisão de Yim resumiu as ferramentas de aprendizagem da IA na educação básica (Yim e Su, 2024). A pesquisa de Ouyang reuniu as funções da IA no nível educacional superior em Educação a Distância (EaD) (Ouyang; Zheng e Jiao, 2022) e o estudo feito por González abordou o uso de IA na avaliação de alunos (González-Calatayud; Prendes-Espinosa e Roig-Vila, 2021a). Outros trabalhos de revisões foram elaborados sobre o PC e focaram nos modos de avaliação (Lu *et al.*, 2022) (Tang *et al.*, 2020), no contexto da educação brasileira (Rege; Salgado e Viterbo, 2023) e na educação infantil (Bati, 2022). No entanto, não há mapeamentos sistemáticos recentes na literatura que examinem os propósitos e efeitos da aplicação de técnicas de IA no ensino e avaliação do PC.

Portanto, considerando a importância e relevância do tema proposto, o objetivo geral deste estudo é de realizar um Mapeamento Sistemático da Literatura (MSL) sobre o uso de IA no ensino e avaliação do PC, na educação de nível médio ou superior nos últimos cinco anos, de forma a investigar a eficácia da integração do PC com a IA. Como objetivos secundários, pretende-se: analisar as ferramentas e técnicas de IA utilizadas, identificar as habilidades do PC mais avaliadas e quais métodos de pesquisa e avaliação foram aplicados. O restante deste trabalho está organizado da seguinte maneira: na seção 2, apresenta-se a metodologia desta pesquisa, explicando todas as etapas seguidas no protocolo de revisão. Na Seção 3, são discutidos os resultados, respondendo as questões de pesquisa. Por fim, na Seção 4, contém a conclusão deste trabalho.

2. Metodologia

2.1. Questões de Pesquisa

Inicialmente, foram definidas três questões de pesquisa que este MSL tem como objetivo responder:

- QP1: Quais são as ferramentas educacionais utilizadas para o desenvolvimento do PC e quais técnicas de IA são aplicadas?
- QP2: Quais competências/habilidades do PC são avaliadas?
- QP3: Quais são os métodos de pesquisa e avaliação dos trabalhos?

2.2. Busca e Seleção dos Estudos

A estratégia de busca inclui as seguintes bases de dados: *Scopus*, *Springer*, *Science Direct*, *Association for Computing Machinery Digital Library* (ACM DL), *Web of Science*, *Taylor & Francis Online* e *IEEE Xplore*. Estas bases foram escolhidas devido aos seus mecanismos de busca *online* que possibilitam o uso de filtros por ano e palavras-chaves, além de abordarem pesquisas relacionadas à área da computação. As

strings de busca utilizadas nestas bases foram elaboradas a partir de palavras-chaves, onde obteve-se o seguinte termo de busca: (“ml” OR “generative artificial intelligence” OR ”artificial intelligence” OR ”AI” OR ”AIEd” OR ”intelligent tutoring system” OR ”chatbot” OR ”openAI” OR ”chatgpt” OR ”nlp” OR ”processing natural language” OR ”prediction model” OR ”machine learning”) AND (”computational thinking”).

Para que a pesquisa seja mais específica e criteriosa, somente foram aceitos trabalhos que atendessem aos seguintes Critérios de Inclusão (CI) e Critérios de Exclusão (CE): **CI1** artigo completo, **CI2** escrito em inglês, **CI3** estudos primários, **CI4** trabalhos relacionados ao contexto educacional de nível médio ou superior com foco em ensinar e avaliar o PC através de IA, **CI5** publicados entre janeiro de 2019 e janeiro de 2024. **CE1** artigo duplicado, **CE2** artigo secundário de Revisão Sistemática da Literatura (RSL), **CE3** nível educacional infantil, **CE4** não escrito em inglês, **CE5** não utiliza IA para ensino ou avaliação do PC, **CE6** não é artigo completo, **CE7** não é estudo empírico, **CE8** texto completo não está disponível. Os dados extraídos dos estudos selecionados estão disponíveis em uma planilha no link: https://acesse.one/mslrenote2024. Foi utilizado um modelo de fluxograma (Page *et al.*, 2021) que ilustra todo o processo de busca e seleção dos artigos nas bases de dados (Figura 1).

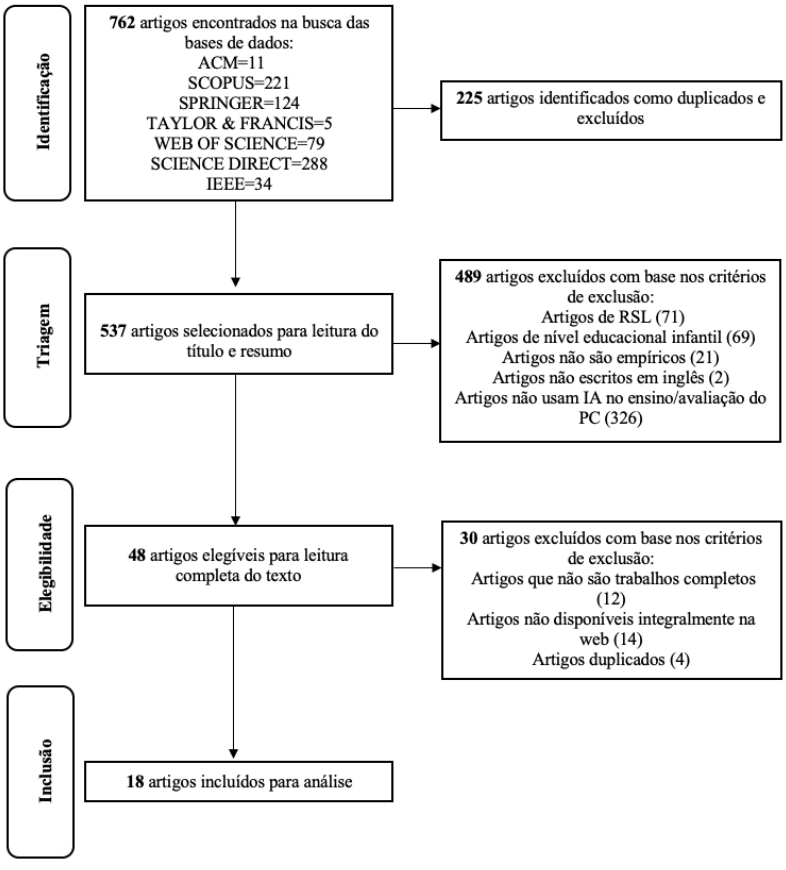


Figura 1. Diagrama de fluxo dos artigos selecionados

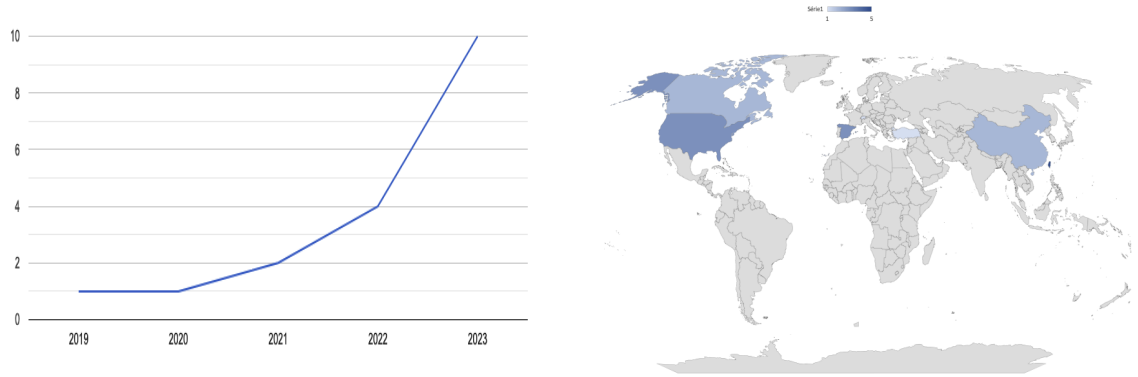
Durante o processo de identificação, as *strings* de busca foram aplicadas nas bases de dados e o conjunto inicial incluiu 762 artigos, distribuídos nas sete bases de dados. Com a aplicação do primeiro critério de exclusão (trabalhos duplicados), 225 artigos foram removidos. Os 537 artigos restantes passaram pela fase de triagem, onde o resumo e o título foram lidos e os demais critérios de exclusão foram aplicados. No total, 71 foram excluídos por não serem estudos primários, 69 por serem de nível escolar

infantil ou fundamental, 21 por não serem artigos empíricos, 2 não escritos em inglês e 326 por não usarem IA no ensino ou avaliação do PC. Na etapa de elegibilidade, os 48 artigos restantes foram lidos por completo, onde 12 foram excluídos por não serem artigos completos (menos de seis páginas), 14 por não estarem disponíveis integralmente na *web* e 4 por serem duplicados. A última etapa foi a de inclusão, onde os 18 artigos finais selecionados foram analisados de forma integral para extração e análise dos dados.

3. Resultados e Discussão

3.1. Informações Gerais dos Resultados

Observa-se que entre os anos de 2019 e 2023 houve um aumento gradativo no número de artigos selecionados (Figura 2(a)). Isto evidencia que a aplicação de IA no ensino e avaliação do PC vem sendo amplamente empregada e pesquisada. Pontua-se ainda que como a data final estabelecida como critério de inclusão para esta pesquisa foi no início de 2024, é natural que nenhum artigo tenha sido selecionado neste ano. Os estudos incluídos no MSL foram realizados em diferentes países. Ao todo foram oito países, onde Taiwan ficou em primeiro lugar com 28%, seguido por Espanha e Estados Unidos (EUA) com 17% cada (Figura 2 (b)). Além destes, outros países também tiveram artigos publicados: China, Canadá, Turquia, Suíça e Singapura.



(a) Ano (b) Países

Figura 2. Distribuição dos artigos selecionados por ano e por país

3.2. QP1 - Ferramentas educacionais e técnicas de IA

Ao todo, quinze ferramentas educacionais de aprendizagem do PC foram identificadas nos trabalhos analisados. Estas ferramentas foram agrupadas em cinco categorias para uma melhor análise (Tabela 1). As categorias identificadas foram: ambiente de desenvolvimento, plataforma de aprendizagem de IA, programação assistida por IA/*feedback* automático, plataforma de aprendizagem de computação e Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA). Apenas dois trabalhos não especificaram quais ferramentas foram utilizadas (Huang e Qiao, 2022) (Lin *et al.*, 2023). De modo geral, o objetivo das ferramentas educacionais aplicadas foi de desenvolver o PC através do ensino e práticas de programação ou através de atividades práticas de IA (Tabela 1).

Observa-se que as categorias ambiente de desenvolvimento e plataforma de aprendizagem de IA foram as mais aplicadas nos estudos (Figura 3). Nota-se que as ferramentas de ambiente de desenvolvimento representam 42% dos trabalhos, onde estas ferramentas utilizam diferentes linguagens de programação, como: *Python*, *Scratch* e *Java*. Já a categoria plataforma de aprendizagem de IA, representa 21% dos trabalhos, onde estas ferramentas possuem como foco ensinar IA para os alunos através de práticas

Tabela 1. Ferramentas educacionais

Categoria	Ferramenta Educacional	Objetivo da Ferramenta	Referência
Ambiente de Desenvolvimento	CodeWorld	Desenvolver práticas de programação	(Tisha *et al.*, 2022)
	Jupyter Notebook	Desenvolver práticas de programação	(Ouaazki; Bergram e Holzer, 2023)
	TPACK PrimaryCode	Desenvolver práticas de programação	(Neira *et al.*, 2023)
	Matlab	Desenvolver práticas de programação	(Castro *et al.*, 2021)
	MIT App Inventor	Desenvolver práticas de IA	(Hsu; Chang e Lin, 2023) (Hsu e Chen, 2022)
	Arduino	Desenvolver práticas de AIoT	(Lu e Fan, 2023) (Lin *et al.*, 2021)
Plataforma de aprendizagem de IA	StoryQ	Desenvolver práticas de IA	(Jiang *et al.*, 2023)
	LearningML	Desenvolver práticas de IA	(Rodríguez *et al.*, 2020)
	Ladder	Desenvolver práticas de IA	(Chang *et al.*, 2023)
	Personal Audio Classifier (PAC)	Desenvolver práticas de IA	(Hsu e Chen, 2022)
Programação assistida por IA / Feedback automático	AP-Coach	Desenvolver práticas de programação	(Duong; Shar e Shankararaman, 2022)
	ChatGPT	Desenvolver práticas de programação	(Ouaazki; Bergram e Holzer, 2023) (Yilmaz e Karaoglan Yilmaz, 2023)
Plataforma de aprendizagem de computação	CT Training	Desenvolver práticas de programação	(Jin e Cutumisu, 2023)
	Code.org	Desenvolver práticas de programação	(Cutumisu e Guo, 2019)
Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA)	Moodle	Desenvolver práticas de IA e programação	(Martín-Núñez *et al.*, 2023) (Cutumisu e Guo, 2019)

de aprendizado de máquina em ambientes com *interface* gráfica.

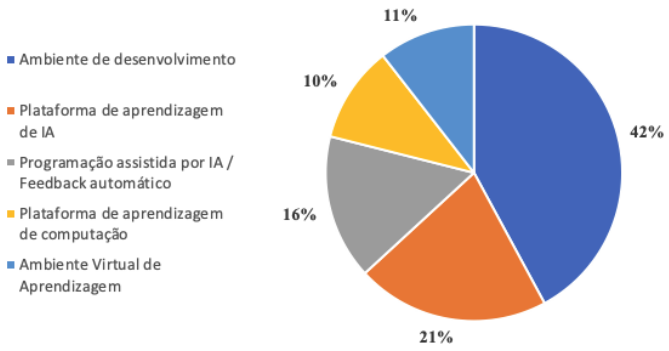


Figura 3. Categoria das ferramentas educacionais

Segundo Huang, a IA na educação se enquadra principalmente em duas finalidades. A primeira, visa ensinar aos alunos os conhecimentos fundamentais de IA e como interagir com ela, ou seja, alfabetização em IA. A segunda, refere-se à aplicação das técnicas de IA em ferramentas educacionais de modo a otimizar estratégias de aprendizagem e avaliação (Huang e Qiao, 2022). Na Tabela 2, verifica-se que metade das ferramentas possui a finalidade de alfabetização em IA, onde o propósito foi avaliar o efeito do ensino de IA no PC dos alunos. As ferramentas utilizadas para este objetivo usaram ambientes de *interface* gráfica focando na criação de modelos de aprendizado de máquina. As técnicas utilizadas nesses modelos foram de classificação textual, classificação de imagens, classificação de áudio e reconhecimento de voz (Tabela 2). Já a outra metade das ferramentas educacionais, são de ferramentas assistidas por IA, onde a intenção foi aplicar técnicas de IA para desenvolver uma aprendizagem personalizada através da geração de *feedbacks* automáticos, agentes conversacionais e recomendação de conteúdo com foco no ensino do PC por meio de práticas de programação.

A ferramenta *AP-Coach*, por exemplo, utilizou técnicas de aprendizado de máquina para tradução automática do código fonte dos alunos, de forma a gerar *feedbacks* personalizados e formativos que auxiliem o aluno a identificar rapidamente problemas em seu processo de PC (Duong; Shar e Shankararaman, 2022). Já a técnica usada no ambiente de desenvolvimento *CodeWorld*, foi classificação automática da qualidade do código fonte para definir o nível de competência do aluno no uso de abstração em seu código

(Tisha *et al.*, 2022). Outra ferramenta usada foi o *TPACK PrimaryCode*, que também é um ambiente de desenvolvimento usado para aprender o básico de programação, em pseudocódigo, com linguagens *Java* ou *Scratch*.

Tabela 2. Técnicas de IA das ferramentas educacionais

Finalidade	Ferramenta	Técnica de IA
Alfabetização em IA	StoryQ	Criação de modelos de classificação de texto
	LearningML	Criação de modelos de classificação de texto, imagem e som por aprendizagem por transferência
	Ladder	Criação de modelos de aprendizado de máquina
	Personal Audio Classifier (PAC)	Criação de modelos de reconhecimento de voz
Aprendizagem personalizada assistida por IA	AP-Coach (Pseudogen,Denigma, DeepPseudo)	Aprendizado de máquina para tradução automática de código fonte
	CodeWorld	Classificação da qualidade do código fonte
	ChatGPT	Assistente de programação com IA Generativa
	TPACK PrimaryCode	Recomendação de conteúdo de programação com Rede Neural Recorrente (RNN)

Na pesquisa sobre esta ferramenta, foi proposto um modelo de recomendação de IA integrado à ferramenta para melhorar ainda mais a eficácia do desenvolvimento do PC com uma aprendizagem personalizada (Neira *et al.*, 2023). Outros dois artigos mais recentes aplicaram a ferramenta de IA generativa *ChatGPT*, desenvolvida pela *OpenAI* e lançada em 2022. Nos trabalhos que usaram esta ferramenta o intuito foi aplicar programação assistida por IA e avaliar os seus efeitos nas habilidades do PC dos alunos. Os resultados mostraram que uso do ChatGPT como assistente de aprendizagem melhorou os resultados da aprendizagem e as habilidades do PC dos alunos (Ouaazki; Bergram e Holzer, 2023) (Yilmaz e Karaoglan Yilmaz, 2023).

No gráfico da Figura 4, apresenta-se a distribuição dos artigos de acordo com a categoria das ferramentas e o ano de publicação. Observa-se que as ferramentas de programação assistida por IA / *Feedback* automático, aparecem apenas nos dois últimos anos com um aumento no ano de 2023. Embora a pesquisa sobre esta categoria de ferramentas de IA ainda seja incipiente, o campo educacional tem se interessado cada vez mais na investigação de agentes conversacionais (Ouaazki; Bergram e Holzer, 2023). A tecnologia de IA generativa tem sido aplicada nessas ferramentas e os estudos apontam que o uso de assistentes de IA durante atividades de programação, influencia positivamente os resultados de aprendizagem dos alunos (Yilmaz e Karaoglan Yilmaz, 2023).

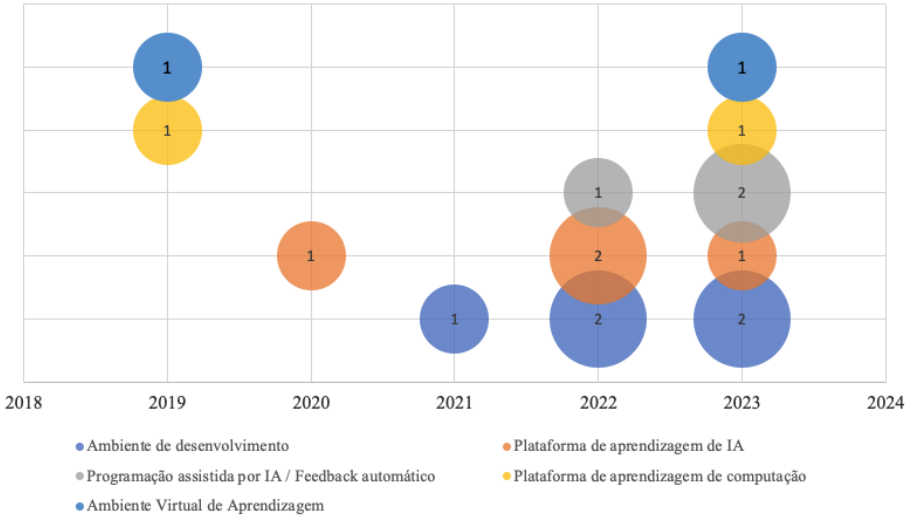


Figura 4. Distribuição anual das categorias de ferramentas aplicadas nos estudos

3.3. QP2 - Habilidades avaliadas do PC

No total, quinze habilidades diferentes foram citadas nas avaliações dos trabalhos, sendo estas: pensamento algorítmico, resolução de problemas, criatividade, abstração, decomposição, depuração, pensamento crítico, reconhecimento de padrões, cooperatividade, representação/prática de dados, pensamento lógico, simulação, generalização, teste e avaliação. Dez trabalhos avaliaram pelo menos duas habilidades, dois trabalhos avaliaram somente uma e outros seis trabalhos não especificaram nenhuma. As cinco habilidades mais avaliadas foram, respectivamente: pensamento algorítmico, resolução de problemas, criatividade, abstração e decomposição (Figura 5). O pensamento algorítmico refere-se às perspectivas dos alunos sobre sua capacidade de pensar sobre como resolver problemas de programação com etapas discretas (Lin *et al.*, 2023). Esta habilidade foi avaliada em oito trabalhos, sendo a habilidade mais mencionada nos estudos. Todos os trabalhos que avaliaram o pensamento algorítmico também aplicaram práticas de programação, onde cinco estudos tiveram impacto positivo, mostrando a importância de atividades de codificação no desempenho desta habilidade (Lin *et al.*, 2023) (Cutumisu e Guo, 2019).

Os três trabalhos que não demonstraram efeitos significativos no ganho desta habilidade apontam que o motivo foi a falta de aplicações mais relevantes (Lu e Fan, 2023) e um maior envolvimento em atividades de programação (Huang e Qiao, 2022) (Lin *et al.*, 2021). Logo, diferentes abordagens de aprendizagem, práticas de programação e atividades com cenários da vida real podem ser estratégias relevantes para otimizar essa habilidade (Lu e Fan, 2023) (Hsu; Chang e Lin, 2023) (Huang e Qiao, 2022). Observou-se ainda que as habilidades de simulação, lógica e reconhecimento de padrões foram avaliadas apenas nos trabalhos que tiveram como objetivo ensinar conceitos de IA. Já as habilidades de avaliação, generalização e teste foram utilizadas apenas nos artigos com foco no ensino de programação.

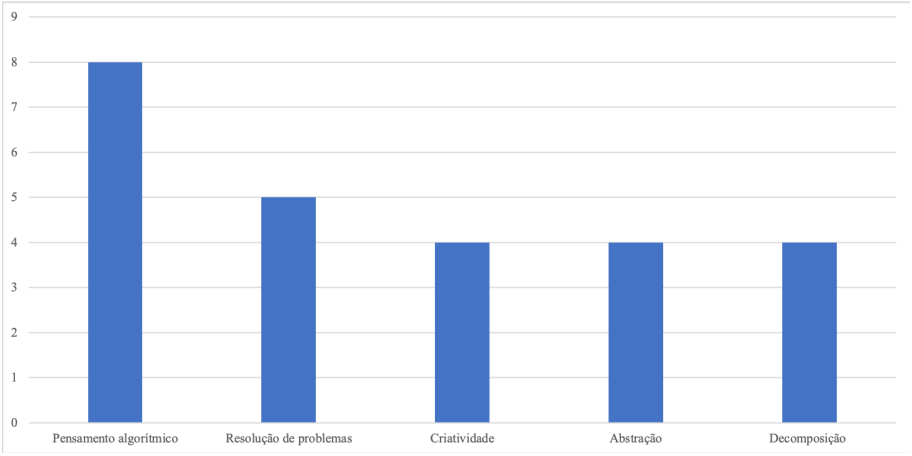


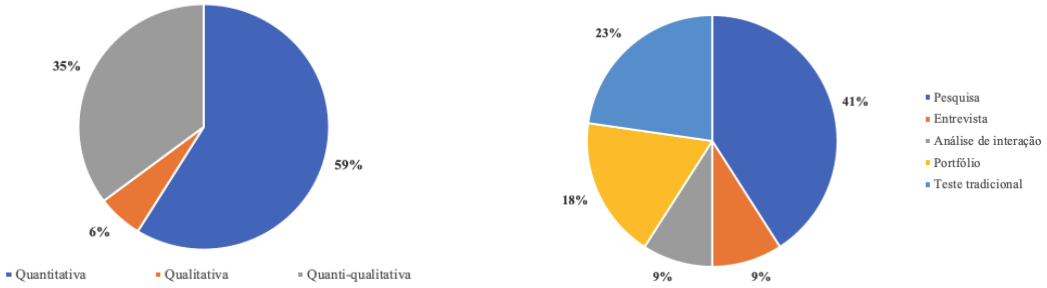
Figura 5. Cinco competências mais avaliadas do PC

3.4. QP3 - Métodos de pesquisa e avaliação dos estudos

Os instrumentos de avaliação foram agrupados em cinco categorias distintas: pesquisa, entrevista, análise de interação, portfólio, teste tradicional (Figura 6 (b)). Essas categorias foram adaptadas do trabalho de (Tang *et al.*, 2020). Observa-se que a pesquisa foi a mais aplicada, representando 41% dos trabalhos, enquanto a entrevista foi apenas 9%. A categoria da pesquisa inclui instrumentos como questionários de autoavaliação e escala do PC, onde a escala mais citada foi a de Korkmaz (Korkmaz; Çakir e Özden, 2017)

(Korkmaz e Bai, 2019). Essa escala possui 29 itens que podem ser coletados em cinco categorias, que são criatividade, pensamento algorítmico, cooperatividade, pensamento crítico e resolução de problemas. Outras escalas também foram referenciadas em três artigos (Lin *et al.*, 2023) (Chang *et al.*, 2023) (Hsu e Chen, 2022). A escala da eficácia do PC na aprendizagem de IA, adaptada para avaliar as dimensões algoritmo, pensamento lógico e depuração (Tsai; Wang e Hsu, 2019) e a escala de autoeficácia do PC que inclui as dimensões de resolução de problemas, aprendizagem cooperativa, pensamento crítico, pensamento criativo e pensamento algorítmico (Yağcı, 2019).

A categoria análise de interação (9%) representa instrumentos como análise de dados de *logs* do sistema ou dados de gravações de tela para monitorar as interações dos usuários e avaliar o PC (Jiang *et al.*, 2023) (Jin e Cutumisu, 2023). Atividades de desempenho também foram utilizadas e estão distribuídas nas categorias portfólios (18%) e testes tradicionais (23%), onde portfólios podem ser projetos ou atividades práticas de resolução de problemas com programação. Já os testes tradicionais são atividades teóricas do PC ou desafios de resolução de problemas do PC que estão disponíveis na *Internet*, como o Bebras (CSIRO, 2018) (CSIRO, 2019) e o *Callysto Computational Thinking test (CCTt)* (Adams *et al.*, 2019). Apenas três trabalhos (Lu e Fan, 2023) (Jin e Cutumisu, 2023) (Neira *et al.*, 2023) disponibilizaram as atividades desafios que foram aplicadas na avaliação do PC, os demais não informaram, impossibilitando assim a sua reprodutibilidade.



(a) Natureza da Pesquisa (b) Instrumento de Avaliação

Figura 6. Métodos de pesquisa e instrumentos de avaliação do PC

A metodologia dos trabalhos foi classificada de acordo com a sua natureza, podendo ser do tipo qualitativa, quantitativa ou quanti-qualitativa. Ao todo, 59% dos trabalhos utilizaram métodos quantitativos (Figura 6 (a)), onde alguns aplicaram análises estatísticas para avaliar os resultados. Sete artigos que utilizaram métodos quantitativos adotaram o uso de questionário, três utilizaram notas das atividades de portfólio ou testes de desempenho e um trabalho usou registros de *log* do sistema como instrumentos de avaliação. Já os artigos que aplicaram o método quanti-qualitativo, representam 35% dos trabalhos com o uso de diferentes instrumentos de avaliação, como teste de desempenho, pesquisa e portfólio (Lu e Fan, 2023) (Hsu; Chang e Lin, 2023) (Ouaazki; Bergram e Holzer, 2023). O método menos aplicado foi o de pesquisa qualitativa (6%), onde somente dois trabalhos foram identificados e os instrumentos utilizados foram portfólio e entrevista (Tisha *et al.*, 2022) (Cutumisu e Guo, 2019).

Seis estudos aplicaram experimento com pré e pós teste para comparar os resultados, onde quatro usaram grupo de controle e grupo de experimento na abordagem adotada (Huang e Qiao, 2022), (Hsu; Chang e Lin, 2023), (Yilmaz e Karaoglan Yilmaz, 2023), (Hsu e Chen, 2022). Metade dos trabalhos informou a abordagem pedagógica

que foi aplicada, onde se destacou a aprendizagem colaborativa, nos quais quatro artigos aplicaram abordagens baseada em projeto e um artigo aplicou aprendizagem baseada em jogos. Outras abordagens pedagógicas também foram utilizadas, como aprendizagem autorregulada, prática de codificação e aprendizagem experiencial, sendo todas estas metodologias ativas de aprendizagem. Também foi analisado o formato de avaliação do PC nos trabalhos (Figura 7), podendo ser do tipo manual, automática ou nenhuma avaliação. Dos dezoito artigos selecionados, dois trabalhos não avaliaram o PC, focando somente no ensino desta competência (Duong; Shar e Shankararaman, 2022) (Rodríguez *et al.*, 2020).

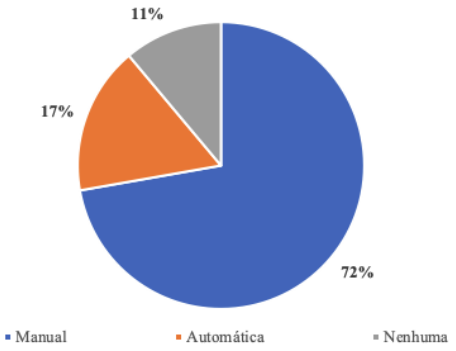


Figura 7. Formato de avaliação do PC

As avaliações automatizadas são feitas usando abordagens de IA. Observa-se que 72% dos artigos aplicaram avaliação manual, enquanto apenas 17% utilizaram avaliação automática e 11% não avaliaram o PC. Dos artigos que fizeram avaliação automatizada, diferentes tecnologias de IA foram aplicadas. Modelos de classificação de aprendizado de máquina foram utilizados para classificar códigos fontes e os categorizar de acordo com o seu nível de abstração (Tisha *et al.*, 2022). Outros modelos de classificação também foram aplicados para classificar o nível do PC de professores em formação com base em atributos referentes ao conhecimento prévio, dados de *logs* e questionário de autoavaliação (Jin e Cutumisu, 2023). Outro artigo aplicou modelagem de tópicos, uma técnica de modelagem de aprendizado de máquina não supervisionada, para extrair características das reflexões dos professores em formação sobre o seu entendimento do PC (Cutumisu e Guo, 2019).

Os estudos mostraram resultados positivos na implementação de modelos de aprendizado de máquina para classificação da abstração do código e classificação do nível do conhecimento em PC, onde o modelo de árvore de decisão se destacou em ambos estudos. Os resultados sugeriram que variáveis como o tempo de treinamento em PC, conhecimento prévio do PC e as percepções de dificuldade foram as variáveis mais preditoras para a resposta do modelo de classificação do nível do PC. No entanto, observou-se que os estudos carecem de um maior embasamento e fundamentação teórica sobre os conceitos e definições do PC e das suas habilidades.

4. Conclusão

Através deste MSL observou-se um aumento nas pesquisas publicadas relacionadas à área de IA educacional aplicada ao desenvolvimento do PC nos últimos anos. Também foi possível identificar que a categoria ferramentas de programação assistida por IA/*feedback* automático representa trabalhos mais recentes publicados nos dois últimos anos com um aumento no ano de 2023. Esse resultado indica um crescimento no interesse de pesquisadores por esta linha de pesquisa ao corroborar com outros estudos

recentes (González-Calatayud; Prendes-Espinosa e Roig-Vila, 2021b) (Ouyang; Zheng e Jiao, 2022). Os resultados dos estudos apontaram que a prática de alfabetização em IA ajudou a desenvolver o PC, comprovando o efeito positivo desta integração. As ferramentas educacionais de desenvolvimento ou avaliação do PC que são assistidas por IA, focaram na aprendizagem personalizada onde implementam diferentes técnicas, como aprendizado de máquina para classificação do nível do PC, tradução automática de código fonte, assistente de programação com IA generativa e recomendação de conteúdo de programação. O uso de *feedbacks* automáticos em atividades de programação auxiliou na resolução de problemas do PC dos alunos e a aplicação de IA generativa impactou positivamente nos resultados de aprendizagem das atividades de programação e nas habilidades do PC.

Visto a eficácia em integrar IA no desenvolvimento de habilidade do PC, é importante que mais pesquisas sejam desenvolvidas com este objetivo. As descobertas sugerem que o conhecimento prévio e a exposição a diferentes práticas podem resultar em diferentes progressões de práticas computacionais mais complexas. Assim, enfatiza-se a relevância da resolução de problemas como uma prática necessária para uma progressão bem-sucedida na aquisição de habilidades do PC. Como limitação deste trabalho, destaca-se que artigos que não utilizaram explicitamente as palavras-chaves buscadas podem não terem sido selecionados. Portanto, este MSL deve ser tratado como preliminar e interpretado com cautela. No entanto, a partir deste MSL, verificamos que o uso de IA no ensino e avaliação do PC é uma linha de pesquisa que tem despertado o interesse da comunidade acadêmica. As sugestões de trabalhos futuros incluem desenvolver abordagens que apliquem IA em uma aprendizagem personalizada do PC através da geração de desafios de resolução de problemas em diferentes níveis, de forma a auxiliar o trabalho docente, assim como implementar técnicas de avaliação automática das habilidades do PC.

Referências

Adams, C. *et al.* Callysto computational thinking test (cctt) teacher version. 2019. Disponível em: ⟨https://callysto.ca⟩.

Bati, K. A systematic literature review regarding computational thinking and programming in early childhood education. **Education and Information Technologies**, v. 27, n. 2, p. 2059–2082, Mar 2022. ISSN 1573-7608. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s10639-021-10700-2⟩.

Castro, L. C.; Magana, A.; Douglas, K.; Boutin, M. Analyzing students' computational thinking practices in a first-year engineering course. **IEEE Access**, PP, p. 1–1, 02 2021.

Chang, J.-H. *et al.* Artificial intelligence learning platform in a visual programming environment: exploring an artificial intelligence learning model. **Educational technology research and development**, Nov 2023. ISSN 1556-6501. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s11423-023-10323-z⟩.

CSIRO. Bebras australia computational thinking challenge: 2018 solutions guide. 2018. Disponível em: ⟨http://www.amt.edu.au/wp-content/uploads/2024/02/Bebras-2018-Solution-Guide.pdf⟩.

CSIRO. Computational thinking challenge solutions guide 2019. 2019. Disponível em: ⟨http://www.amt.edu.au/wp-content/uploads/2024/02/Bebras-Australia-2019-Solutions-Guide.pdf⟩.

Cutumisu, M.; Guo, Q. Using topic modeling to extract pre-service teachers' understandings of computational thinking from their coding reflections. **IEEE Transactions on Education**, v. 62, n. 4, p. 325–332, 2019.

Duong, T. N. B.; Shar, L. K.; Shankararaman, V. Ap-coach: formative feedback generation for learning introductory programming concepts. In: **2022 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 323–330.

González-Calatayud, V.; Prendes-Espinosa, P.; Roig-Vila, R. Artificial intelligence for student assessment: A systematic review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 12, 2021. ISSN 2076-3417. Disponível em: ⟨https://www.mdpi.com/2076-3417/11/12/5467⟩.

González-Calatayud, V.; Prendes-Espinosa, P.; Roig-Vila, R. Artificial intelligence for student assessment: A systematic review. **Applied Sciences**, v. 11, n. 12, 2021. ISSN 2076-3417. Disponível em: ⟨https://www.mdpi.com/2076-3417/11/12/5467⟩.

Hsu, T.; Chen, M.-S. The engagement of students when learning to use a personal audio classifier to control robot cars in a computational thinking board game. **Research and Practice in Technology Enhanced Learning**, v. 17, 12 2022.

Hsu, T.-C.; Chang, C.; Lin, Y.-W. Effects of voice assistant creation using different learning approaches on performance of computational thinking. **Computers & Education**, v. 192, p. 104657, 2023. ISSN 0360-1315. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131522002287⟩.

Huang, X.; Qiao, C. Enhancing computational thinking skills through artificial intelligence education at a steam high school. **Science & Education**, Oct 2022. ISSN 1573-1901. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s11191-022-00392-6⟩.

Hwang, G.-J.; Xie, H.; Wah, B. W.; Gašević, D. Vision, challenges, roles and research issues of artificial intelligence in education. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 1, p. 100001, 2020. ISSN 2666-920X. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X20300011⟩.

Jiang, S. *et al.* Examining computational thinking processes in modeling unstructured data. **Education and Information Technologies**, v. 28, n. 4, p. 4309–4333, Apr 2023. ISSN 1573-7608. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s10639-022-11355-3⟩.

Jin, H.-Y.; Cutumisu, M. Predicting pre-service teachers' computational thinking skills using machine learning classifiers. **Education and Information Technologies**, v. 28, n. 9, p. 11447–11467, Sep 2023. ISSN 1573-7608. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s10639-023-11642-7⟩.

Korkmaz, O.; Bai, X. Adapting computational thinking scale (cts) for chinese high school students and their thinking scale skills level. **Participatory Educational Research**, v. 6, p. 10–26, 06 2019.

Korkmaz Özgen; Çakir, R.; Özden, M. Y. A validity and reliability study of the computational thinking scales (cts). **Computers in Human Behavior**, v. 72, p. 558–569, 2017. ISSN 0747-5632. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0747563217300055⟩.

Lin, X.-F. *et al.* Modeling the structural relationships among chinese secondary school students' computational thinking efficacy in learning ai, ai literacy, and approaches to learning ai. **Education and Information Technologies**, Jul 2023. ISSN 1573-7608. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s10639-023-12029-4⟩.

Lin, Y.-S.; Chen, S.-Y.; Tsai, C.-W.; Lai, Y.-H. Exploring computational thinking skills training through augmented reality and aiot learning. **Frontiers in Psychology**, v. 12, 2021. ISSN 1664-1078. Disponível em: ⟨https://www.frontiersin.org/journals/psychology/articles/10.3389/fpsyg.2021.640115⟩.

Lu, C. *et al.* A scoping review of computational thinking assessments in higher education. **Journal of Computing in Higher Education**, v. 34, n. 2, p. 416–461, Aug 2022. ISSN 1867-1233. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s12528-021-09305-y⟩.

Lu, W.-Y.; Fan, S.-C. Developing a weather prediction project-based machine learning course in facilitating ai learning among high school students. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 5, p. 100154, 2023. ISSN 2666-920X. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000334⟩.

Martín-Núñez, J. L.; Ar, A. Y.; Fernández, R. P.; Abbas, A.; Radovanović, D. Does intrinsic motivation mediate perceived artificial intelligence (ai) learning and computational thinking of students during the covid-19 pandemic? **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 4, p. 100128, 2023. ISSN 2666-920X. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000073⟩.

Neira, R.; Connolly, C.; Pizarro, C.; Marín, D. Prototype of a recommendation model with artificial intelligence for computational thinking improvement of secondary education students. **Computers**, v. 12, p. 113, 05 2023.

Ouaazki, A.; Bergram, K.; Holzer, A. Leveraging chatgpt to enhance computational thinking learning experiences. In: **2023 IEEE International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)**. [S.l.: s.n.], 2023. p. 1–7.

Ouyang, F.; Zheng, L.; Jiao, P. Artificial intelligence in online higher education: A systematic review of empirical research from 2011 to 2020. **Education and Information Technologies**, v. 27, 07 2022.

Page, M. J. *et al.* The prisma 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, BMJ Publishing Group Ltd, v. 372, 2021. Disponível em: ⟨https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71⟩.

Papert, S. **Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas**. USA: Basic Books, Inc., 1980. ISBN 0465046274.

Rege, A.; Salgado, L. C. d. C.; Viterbo, J. Pensamento computacional no contexto da educação brasileira: um mapeamento sistemático da literatura nos diferentes níveis de ensino. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 21, n. 2, p. 413–422, dez. 2023. Disponível em: ⟨https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/137777⟩.

Rodríguez, J.; Moreno-León, J.; Román-González, M.; Robles, G. Learningml: A tool to foster computational thinking skills through practical artificial intelligence projects. **Revista de Educación a Distancia (RED)**, v. 20, 04 2020.

Sentance, S.; Csizmadia, A. Computing in the curriculum: Challenges and strategies from a teacher's perspective. **Education and Information Technologies**, v. 22, n. 2, p. 469–495, Mar 2017. ISSN 1573-7608. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s10639-016-9482-0⟩.

Silva, F. X. d.; Menezes, C. S. d.; Junior, A. N. d. C. Arquitetura pedagógica baseada no pensamento computacional para a compreensão do problema e portfólio de aprendizagem. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 21, n. 2, p. 1–12, dez. 2023. Disponível em: ⟨https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/137719⟩.

Tang, X.; Yin, Y.; Lin, Q.; Hadad, R.; Zhai, X. Assessing computational thinking: A systematic review of empirical studies. **Computers & Education**, v. 148, p. 103798, 2020. ISSN 0360-1315. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519303483⟩.

Tisha, S. M.; Oregon, R. A.; Baumgartner, G.; Alegre, F.; Moreno, J. An automatic grading system for a high school-level computational thinking course. In: **2022 IEEE/ACM 4th International Workshop on Software Engineering Education for the Next Generation (SEENG)**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 20–27.

Tsai, M.-J.; Wang, C.-Y.; Hsu, P.-F. Developing the computer programming self-efficacy scale for computer literacy education. **Journal of Educational Computing Research**, v. 56, n. 8, p. 1345–1360, 2019. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1177/0735633117746747⟩.

Wing, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, ACM New York, NY, USA, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006.

Yağcı, M. A valid and reliable tool for examining computational thinking skills. **Education and Information Technologies**, v. 24, n. 1, p. 929–951, Jan 2019. ISSN 1573-7608. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s10639-018-9801-8⟩.

Yilmaz, R.; Karaoglan Yilmaz, F. G. The effect of generative artificial intelligence (ai)-based tool use on students' computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 4, p. 100147, 2023. ISSN 2666-920X. Disponível em: ⟨https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X23000267⟩.

Yim, I. H. Y.; Su, J. Artificial intelligence (ai) learning tools in k-12 education: A scoping review. **Journal of Computers in Education**, Jan 2024. ISSN 2197-9995. Disponível em: ⟨https://doi.org/10.1007/s40692-023-00304-9⟩.

Data de submissão: 02/06/2024 | Data de revisão: 20/06/2024 | Data de aceite: 28/06/2024 | Data de publicação: 31/07/2024