

Computational Thinking in Preschool Education: Trends and Evidence from Recent Research

O Pensamento Computacional na Educação Pré-Escolar: Tendências e Evidências da Investigação Recente

Regina Silva ¹ , Maria Goreti Silva ¹ , Sandra Monteiro ¹ , Filipe Couto ^{1,2*} 

¹ Escola Superior de Educação de Fafe, Instituto Europeu de Estudos Superiores, Fafe, Portugal

² Centro de Investigação, Desenvolvimento e Inovação (CIDI - IEES), Fafe, Portugal

* Corresponding Author: filipe.couto@iees.pt

Citation: Silva, R., Silva, M. G., Monteiro, S., and Couto, F. (2025). Computational Thinking in Preschool Education: Trends and Evidence from Recent Research. *Journal of Technologies Information and Communication*, 5(2), 43278. <https://doi.org/10.55267/rtic/19048>

ARTICLE INFO

Received: 10 Dec 2025
Accepted: 25 Mar 2026

ABSTRACT

This scoping review maps recent research on Computational Thinking in preschool education published between 2017 and 2025 and indexed in the Scopus database. Following the methodological framework proposed by Arksey and O'Malley and Levac et al., the review addressed the question: What approaches, pedagogical strategies, and effects are reported in recent literature on Computational Thinking in early childhood education? Using the PCC framework (Population: children aged 3–6; Concept: Computational Thinking; Context: preschool education), a systematic search and screening process resulted in the inclusion of 19 empirical studies. Data extraction focused on publication trends, educational contexts, methodological designs, and research foci. Results reveal a marked increase in scientific production from 2022 onwards, with a notable concentration of studies in 2025, indicating the consolidation of Computational Thinking as an emerging field in early childhood education. The findings highlight the predominance of educational robotics and unplugged activities, alongside diverse approaches such as game-based learning, digital storytelling, STEAM projects, and artistic and embodied practices. Across studies, positive effects were reported on algorithmic thinking, sequencing, problem-solving, collaboration, and self-regulation. The role of educators and inclusive, culturally responsive practices emerged as central to effective implementation. Despite the growing body of evidence, limitations related to the concentration of studies in specific databases and contexts persist. Overall, the review indicates that Computational Thinking in preschool education holds significant educational potential, provided that its integration is supported by intentional pedagogical practices, appropriate assessment tools, and continuous teacher professional development.

Keywords: Computational Thinking, Early Childhood Education, Preschool, Scoping Review.

Resumo: A presente scoping review mapeia a investigação recente sobre o Pensamento Computacional na educação pré-escolar, publicada entre 2017 e 2025 e indexada na base de dados Scopus. Seguindo o enquadramento metodológico proposto por Arksey e O'Malley e por Levac et al., a revisão procurou responder à questão: Que abordagens, estratégias pedagógicas e efeitos são descritos na literatura recente sobre o Pensamento Computacional no pré-escolar? Com base no modelo PCC (População: crianças dos 3 aos 6 anos; Conceito: Pensamento Computacional; Contexto: educação pré-escolar), foi realizado um processo sistemático de pesquisa e seleção, resultando na

inclusão de 19 estudos empíricos. A extração de dados centrou-se nas tendências de publicação, contextos educativos, desenhos metodológicos e focos investigativos. Os resultados evidenciam um crescimento acentuado da produção científica a partir de 2022, com destaque para 2025, revelando a consolidação do Pensamento Computacional como campo emergente na educação de infância. Destacam-se a predominância da robótica educativa e das atividades unplugged, bem como a diversidade de abordagens, incluindo aprendizagem baseada em jogos, storytelling digital, projetos STEAM e práticas artísticas e corporais. De forma consistente, os estudos reportam efeitos positivos no desenvolvimento do pensamento algorítmico, da sequenciação, da resolução de problemas, da colaboração e da autorregulação. O papel do educador e a atenção a práticas inclusivas e culturalmente relevantes emergem como fatores determinantes para uma implementação eficaz. Apesar do crescimento do campo, persistem limitações associadas à concentração de estudos em bases de dados e contextos específicos. No conjunto, os resultados indicam que o Pensamento Computacional no pré-escolar apresenta elevado potencial educativo, desde que sustentado por práticas pedagógicas intencionais, instrumentos de avaliação adequados e formação contínua de educadores.

Palavras-chave: Pensamento Computacional, Educação Infantil, Pré-Escolar, Scoping Review.

INTRODUÇÃO

O Pensamento Computacional (PC) consolidou-se nas últimas décadas como uma competência central para a educação do século XXI, integrando habilidades como abstração, decomposição de problemas, reconhecimento de padrões, algorítmica e depuração. Desde a manifestação influente de Wing (2006), o Pensamento Computacional tem vindo a inspirar currículos, projetos pedagógicos e investigação interdisciplinar, não só pela sua relação com a programação e as ciências da computação, mas também pelo seu potencial para estimular o raciocínio lógico, resolução estruturada de problemas e competências metacognitivas em contextos educativos. Na educação pré-escolar a crescente relevância do Pensamento Computacional tem impulsionado um número significativo de investigações ao longo da última década. Compreender como estas competências e capacidades têm evoluído na educação pré-escolar torna-se fundamental para educadores, investigadores e decisores políticos.

Na recente história do Pensamento Computacional, importa reconhecer que, embora o PC tenha sido marcado e ganho projeção internacional desde a formulação influente de Jeannette Wing (2006), as suas raízes são anteriores e encontram-se profundamente associadas ao trabalho de Seymour Papert, nas décadas de 1970 e 1980, com o desenvolvimento da linguagem LOGO e dos primeiros robôs educativos. Papert (1980) defendia que as crianças aprendem melhor quando constroem conhecimento através da ação, da experimentação e da resolução de problemas significativos, princípios que hoje reconhecemos como estruturantes do Pensamento Computacional.

Após a primeira década do século XXI, com a popularização de ferramentas de programação visual e o reforço curricular em vários países. O PC passou a integrar documentos orientadores como o *National Curriculum for Computing* do Reino Unido, que formalizou a programação e o raciocínio computacional como competências essenciais (Department for Education, 2013). No contexto norte-americano, os *CSTA K–12 Computer Science Standards* consolidaram o PC como domínio transversal, definindo progressões de aprendizagem desde os primeiros anos de escolaridade (Computer Science Teachers Association, 2017). A Austrália incorporou o PC de forma estruturada através do *Digital Technologies Curriculum*, que destacou a importância do design, da resolução de problemas e da criação de soluções digitais desde o ensino pré-escolar (Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority, 2015). A Finlândia, por sua vez, integrou o PC nas orientações nacionais para a educação básica, enfatizando competências digitais, resolução de problemas e o desenvolvimento de literacias emergentes nas primeiras idades (Finnish National Agency for Education, 2016), reforçando a ideia de que o PC não se resume à programação, mas constitui um conjunto de modos de pensar essenciais para compreender, analisar e atuar num mundo digital.

Este movimento internacional fomentou um alargamento conceptual importante, o Pensamento Computacional passou a ser encarado como uma literacia transversal, comparável a outros domínios como a literacia e a numeracia, capaz de potenciar raciocínio lógico, criatividade, resolução estruturada de problemas e competências metacognitivas. Consequentemente, o interesse científico pelo desenvolvimento do PC na educação intensificou-se significativamente ao longo deste período. No contexto da educação pré-escolar, a

integração intencional de atividades promotoras das competências e práticas associadas ao Pensamento Computacional é ainda recente e menos explorada quando comparada com outros níveis de ensino. À medida que a integração do Pensamento Computacional no pré-escolar amadurece, surgem novas questões sobre as abordagens mais eficazes, as condições de implementação, o papel do educador, os impactos socioemocionais e os instrumentos de avaliação adequados a esta faixa etária.

É neste contexto que se insere a presente revisão da literatura, que mapeia de forma sistemática a literatura publicada, entre 2017 e 2025, centrada no desenvolvimento do Pensamento Computacional em crianças dos 3 aos 6 anos, tendo como suporte a base de dados *Scopus*. Para além do mapeamento dos estudos sobre pensamento computacional no pré-escolar foi analisada a evolução dos estudos identificados, os contextos de cenários educativos de implementação, bem como os tipos de estudo e focos investigativos.

METODOLOGIA

A presente revisão teve como objetivo mapear a literatura recente sobre o desenvolvimento do Pensamento Computacional na educação pré-escolar, seguindo a estrutura conceptual das *scoping reviews* proposta por Arksey e O'Malley (2005) e por Levac et al. (2010). De acordo com os mesmos autores, uma *scoping review* caracteriza-se por clarificar a pergunta de investigação, definir critérios transparentes de inclusão e exclusão, realizar uma pesquisa sistemática, e proceder à análise e síntese descritiva dos estudos selecionados. A definição da pergunta orientadora seguiu o modelo PCC (População, Conceito e Contexto), apresentado na **Tabela 1**, conforme recomendado por Peters et al. (2020).

Tabela 1. Estrutura PCC da Pergunta de Investigação

Elemento	Descrição
População (P)	Crianças entre 3 e 6 anos
Conceito (C)	("computational thinking" $\wedge$ "pre-school") $\vee$ ("computational thinking" $\wedge$ "early childhood")
Contexto (C)	Educação pré-escolar
Pergunta orientadora	Que abordagens, estratégias pedagógicas e efeitos são descritos na literatura recente sobre Pensamento Computacional no pré-escolar?

Assim, a população considerada correspondeu a crianças entre os 3 e 6 anos, o conceito abrangeu o Pensamento Computacional no pré-escolar e na pequena infância, e o contexto aos ambientes educativos de educação pré-escolar. Com base nestes elementos, foram identificados estudos publicados entre 2017 e 2025, com foco explícito no Pensamento Computacional, descrevendo intervenções pedagógicas, análises conceptuais ou instrumentos de avaliação. Foram excluídos estudos cujo grupo etário predominante ultrapassasse os 6 anos, investigações de natureza estritamente técnica e revisões sem dados empíricos. Esta delimitação encontra suporte nas recomendações de Levac et al. (2010), que reforçam a importância da clarificação inicial dos limites conceptuais e operacionais da revisão.

Tabela 2. Critérios de Inclusão e Exclusão

Critérios	Descrição
Inclusão	Estudos publicados entre 2017–2025
	Foco explícito no Pensamento Computacional
	Participantes entre 3–6 anos
	Intervenções pedagógicas, análises conceptuais ou instrumentos de avaliação
Exclusão	Contextos educativos de pré-escolar
	Amostras predominantemente > 6 anos
	Estudos de natureza técnica sem ligação educativa
	Revisões sem dados empíricos

A pesquisa foi realizada exclusivamente na base de dados Scopus, pela sua abrangência e relevância no domínio das Ciências da Educação e Tecnologias Educativas. Para assegurar a identificação dos estudos pertinentes, foram utilizadas combinações de termos de pesquisa em inglês, tais como "computational thinking

com “pre-school” e “computational thinking” com “early childhood”. Após a obtenção dos resultados, procedeu-se a um processo sequencial de triagem, composto pela leitura dos títulos e resumos, seguindo-se a leitura integral dos estudos potencialmente elegíveis. Apenas os artigos que cumpriam todos os critérios foram incluídos, em consonância com as etapas delineadas por Arksey e O’Malley (2005) para a seleção sistemática de estudos.

Adicionalmente, registaram-se o número de estudos identificados, excluídos e incluídos em cada fase de seleção, de modo a garantir transparência no processo. No total, foram inicialmente identificados 70 estudos que após a leitura de títulos e resumos foram excluídos 51, e a leitura integral resultou na inclusão de 18 estudos que cumpriam todos os critérios definidos.

A extração de dados foi realizada de forma estruturada, recolhendo informações sobre o ano de publicação, autores, título, palavras-chave; contextos de implementação e ambientes educativos e; tipos de estudo e focos investigativos. Esta fase seguiu as orientações de Peters et al. (2020), que destacam a importância da extração sistemática para garantir consistência e transparência.

Esta metodologia permitiu sintetizar tendências, identificar abordagens emergentes e salientar lacunas ainda presentes na investigação, alinhando-se, como indicam Arksey e O’Malley (2005) com o propósito exploratório das scoping reviews.

RESULTADOS

Mapeamento dos estudos sobre pensamento computacional no pré-escolar

A **Tabela 3**, apresenta uma síntese dos estudos incluídos na scoping review, compilando informação essencial relativa ao ano de publicação, autores, revista e título dos artigos analisados.

Tabela 3. Estudos analisados

Ano	Autor(es)	Revista	Título
2017	Pugnali, A., Sullivan, A., & Bers, M.	Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice	<i>The impact of user interface on young children’s computational thinking</i>
2020	Otterborn, A., Schönborn, K. & Magnus, H.	Early Childhood Education Journal	<i>Investigating preschool educators’ implementation of computer programming in their teaching practice</i>
2022	Tadeu, P., & Brigas, C.	Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado	<i>Computational thinking in early childhood education: An analysis through the Computer Science Unplugged</i>
2022	Welch, L., Shumway, J., Clarke-Midura, J., & Lee, V.	Education Sciences	<i>Exploring measurement through coding: Children’s conceptions of a dynamic linear unit with robot coding toys</i>
2023	Barragán-Sánchez, R., Romero-Tena, R., & García-López, M.	Education Sciences	<i>Educational robotics to address behavioral problems in early childhood</i>
2023	Sung, J., Lee, J. Y., & Chun, H.	International Journal of STEAM Education	<i>Short-term effects of a classroom-based STEAM program using robotic kits on children in South Korea</i>
2024	Masarwa, B., Hel-Or, H., & Levy, S. T.	Journal of Research in Childhood Education	<i>Kindergarten children’s learning of computational thinking with the ‘Sorting Like a Computer’ learning unit</i>
2024	Fridberg, M., & Redfors, A.	International Journal of Early Years Education	<i>Teachers’ and children’s use of words during early childhood STEAM teaching supported by robotics</i>
2024	Guss, S., Clements, D., Sharifnia, E., Sarama, J., Holland, A., Lim, C.-I., & Vinh, M.	Education Sciences	<i>Designing inclusive computational thinking learning trajectories for the youngest learners</i>
2024	Acosta, Y., Alsina, Á., & Pincheira, N.	Education and Information Technologies	<i>Computational thinking and repetition patterns in early childhood education: Longitudinal analysis of representation and justification</i>
2025	Pérez, E., Bouzas, N, & Fernández, J.	Early Childhood Education Journal	<i>Game-based storytelling with a robot character: Activating computational thinking in young children</i>

2025	Shi, L., & Hill, R.	Journal of Technology Education	<i>Can children aged 3–5 years learn to code? Teacher perceptions of student practices, concepts, and perspectives</i>
2025	Relkin, E., Doss, C., Jones, V. & Pane, J.	Education Sciences	<i>Coding readiness assessment: A measure of computational thinking for preschoolers</i>
2025	Metin, Ş., Kalyenci, D., Başaran, M., Relkin, E., & Bilir, B.	Early Childhood Education Journal	<i>Design-based digital story program: Enhancing coding and computational thinking skills in early childhood education</i>
2025	Leung, S. ., Wu, J., Li, J., Lam, Y., & Ng, O.-L.	Early Childhood Education Journal	<i>Examining young children's computational thinking through animation art</i>
2025	Kanaki, K., Chatzakis, S., & Kalogiannakis, M.	Sustainability	<i>Fostering algorithmic thinking and environmental awareness via Bee-Bot activities in early childhood education</i>
2025	Quinn, M., Caudle, L., & Harper, F. K.	Early Childhood Education Journal	<i>Embracing culturally relevant computational thinking in the preschool classroom</i>
2025	Wang, X., Xing, G., & Flood, V.	Education Sciences	<i>Embodied and shared self-regulation through computational thinking among preschoolers</i>

Esta sistematização permite visualizar de forma clara a diversidade temporal, temática e metodológica da investigação sobre Pensamento Computacional no pré-escolar, facilitando a identificação de tendências, abordagens emergentes e áreas com maior produção científica ao longo do período estudado.

Evolução dos estudos identificados

A análise da evolução cronológica das publicações revela um crescimento progressivo e nitidamente acelerado do interesse científico pelo Pensamento Computacional no pré-escolar, em particular nos últimos anos. Entre 2017 e 2020, o número de estudos publicados manteve-se reduzido, com apenas um estudo em 2017 e outro em 2020, o que sugere uma fase incipiente de consolidação conceptual do tema.

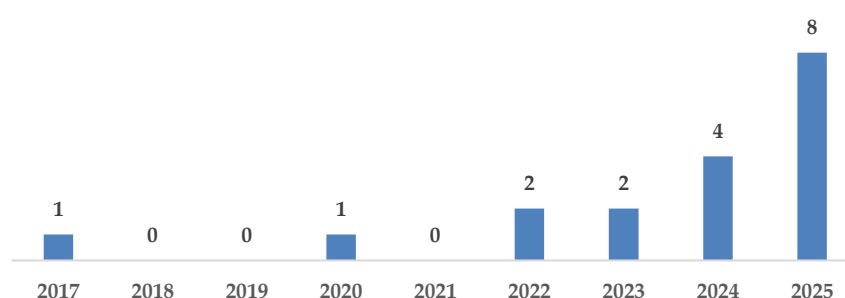


Gráfico 1. Número de estudos identificados desde 2017

A partir de 2022, verifica-se um aumento expressivo, com duas publicações nesse ano e uma continuidade crescente em 2023 e 2024. O ano de 2025 destaca-se de forma particular, atingindo oito publicações e representando o ponto mais alto de produção do período analisado. Esta evolução revela não só uma ampliação do interesse académico, mas também uma maturação clara da área, acompanhada por maior diversidade metodológica e aprofundamento das abordagens investigadas.

Análise das palavras-chave

A análise das palavras-chave evidencia a centralidade do Pensamento Computacional como eixo conceptual dominante, acompanhado por termos como *algorithmic thinking*, *algebraic thinking* e *repetition patterns*, que reforçam a ligação entre PC e competências matemáticas emergentes. Observa-se também uma forte presença da robótica educativa (Bee-Bot, Blue-Bot, robótica educativa), refletindo o seu papel de destaque nas intervenções com crianças pequenas. Paralelamente, emergem abordagens diversificadas, como *unplugged activities*, *game-based learning*, *storytelling*, *animation art*, e *mobile technologies*, o que demonstra o alargamento de abordagens de ensino com PC. Outro conjunto significativo de palavras-chave relaciona-se com competências socioemocionais e processos de aprendizagem, como *self-regulation*, *embodied learning* e colaboração, indicando uma visão mais holística do PC. Por fim, referências a *teacher perceptions*, *curriculum research* e *inclusion* sublinham a crescente atenção dedicada às

práticas docentes e à integração curricular do PC na educação pré-escolar.

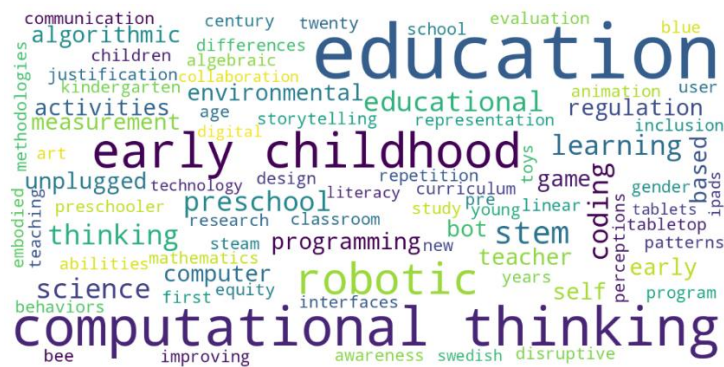


Figura 1. Nuvem de palavras-chave

A nuvem de palavras apresentada, destaca de modo proporcional as palavras com maior frequência, sintetiza visualmente as palavras-chave identificadas nos estudos incluídos na revisão, permitindo observar de forma imediata os termos mais recorrentes e as tendências temáticas predominantes. A centralidade de expressões como Computational Thinking e Early Childhood Education evidencia o foco conceptual do campo, enquanto a presença destacada de termos associados à robótica, metodologias pedagógicas, competências socioemocionais e áreas STEAM revela a diversidade de abordagens que caracterizam a investigação recente sobre o Pensamento Computacional no pré-escolar.

Contextos de Implementação e Ambientes Educativos

Os estudos incluídos apresentam uma grande variedade de contextos educativos, revelando que o Pensamento Computacional tem sido explorado em múltiplos ambientes e culturas. As investigações decorrem em salas de educação pré-escolar dos Estados Unidos, Suécia, Espanha, Israel, Turquia, Coreia do Sul e Grécia, bem como em programas estruturados, como o *Head Start* ou em iniciativas universitárias que apoiam escolas locais. Estes contextos incluem ambientes formais de sala de aula, intervenções curriculares, programas STEAM, atividades de educação ambiental e projetos que integram robôs programáveis ou materiais unplugged.

A diversidade de recursos utilizados também se destaca: robôs tangíveis como Bee-Bot, Blue-Bot, Tale-Bot, KIBO e Code-a-Pillar são incorporados em atividades lúdicas de programação, enquanto outras abordagens recorrem a jogos analógicos, histórias digitais, animações artísticas ou desafios de padrões matemáticos. Independentemente da metodologia, os estudos mostram que o PC é introduzido em contextos marcados pela interação social, pela ludicidade, pela experimentação e pela construção colaborativa de significado, características fundamentais da pedagogia na educação pré-escolar.

Tipos de Estudo e Focos Investigativos

Os estudos analisados revelam igualmente uma grande diversidade metodológica. Entre os desenhos mais recorrentes encontram-se estudos quasi-experimentais, estudos de caso, análises etnográficas, microanálises de vídeo, inquéritos nacionais e intervenções de curta e longa duração. Esta pluralidade reflete um campo em consolidação, que explora diferentes formas de avaliar e compreender o desenvolvimento do Pensamento Computacional em crianças pequenas.

Os focos investigativos variam amplamente: alguns estudos centram-se na medição e avaliação das competências de PC, com destaque para instrumentos validados como o *Coding Readiness Assessment* e o *TechCheck-K*. Outros examinam os impactos cognitivos e socioemocionais das intervenções, investigando sequenciação, repetição, depuração, pensamento algorítmico, planeamento, linguagem STEAM, colaboração, autorregulação e comunicação entre pares. Uma parte significativa da literatura centra-se ainda no papel dos educadores, analisando perceções, estratégias, uso da linguagem, escolhas metodológicas e condições para implementar o PC em contexto real. Paralelamente, temas como inclusão, género, equidade e diversidade cultural emergem como preocupações crescentes, refletindo uma expansão conceptual do campo e um alinhamento com problemas - globais da educação contemporânea.

CONCLUSÕES

A análise dos 19 estudos incluídos nesta scoping review evidencia tendências consistentes que caracterizam a evolução da investigação sobre o Pensamento Computacional (PC) na educação pré-escolar entre 2017 e 2025. Em primeiro lugar, verifica-se um crescimento expressivo da produção científica, sobretudo a partir de 2022, culminando em 2025 com o maior número de publicações do período analisado. Este aumento traduz a consolidação progressiva do PC enquanto área emergente da educação na primeira infância e o seu reconhecimento enquanto competência relevante para o desenvolvimento integral das crianças.

Para além do crescimento quantitativo, os estudos revelam uma marcada diversidade metodológica e pedagógica, com recurso a desenhos quasi-experimentais, estudos de caso, microanálises de vídeo e intervenções de curta e longa duração. As abordagens educativas analisadas abrangem robótica educativa, atividades unplugged, storytelling digital, animação e artes digitais, bem como programas STEAM, refletindo um campo em expansão conceptual e interdisciplinar. A predominância da robótica educativa destaca-se como estratégia eficaz para promover competências de sequenciação, padrões e pensamento algorítmico, sem reduzir o PC a uma dimensão meramente tecnológica.

Outro aspeto transversal prende-se com a crescente valorização das dimensões socioemocionais e do papel do educador. A literatura evidencia que o desenvolvimento do PC se associa a processos de autorregulação, colaboração e comunicação, sendo fortemente mediado pelas conceções, pela linguagem e pela intencionalidade pedagógica dos educadores. Assim, o PC emerge como uma prática educativa relacional e situada, e não apenas como um conjunto de competências técnicas.

Adicionalmente, os estudos analisados revelam uma ampla diversidade de contextos culturais e educativos, bem como uma atenção crescente a princípios de inclusão, equidade e relevância cultural. Esta abrangência reforça a compreensão do PC como uma competência promotora de participação, cidadania e acesso equitativo ao conhecimento desde a infância.

Apesar da relevância dos resultados, esta revisão apresenta limitações, nomeadamente a utilização exclusiva da base de dados Scopus e a possível exclusão de literatura publicada noutras línguas ou em fontes não indexadas. Futuras revisões poderão integrar outras bases de dados e literatura cinzenta, aprofundando a compreensão do deste campo em expansão no contexto da Educação Pré-Escolar.

Em resposta à questão orientadora, conclui-se que o Pensamento Computacional no pré-escolar assume um impacto educativo significativo, contribuindo para o desenvolvimento do raciocínio estruturado, da criatividade, da resolução de problemas, da colaboração e da autorregulação. Estes resultados reforçam a necessidade de práticas pedagógicas intencionais, de formação contínua de educadores e do desenvolvimento de instrumentos de avaliação adequados à primeira infância, de modo a assegurar uma integração do PC que seja pedagogicamente significativa, equitativa e alinhada com os desafios contemporâneos da educação.

REFERÊNCIAS

- Acosta, Y., Alsina, Á., & Pincheira, N. (2024). Computational thinking and repetition patterns in early childhood education: Longitudinal analysis of representation and justification. *Education and Information Technologies*, 29, 7633–7658. <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12051-6>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19–32. <https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority. (2015). Australian Curriculum: Digital Technologies. <https://v9.australiancurriculum.edu.au/technologies/digital-technologies/>
- Barragán-Sánchez, R., Romero-Tena, R., & García-López, M. (2023). Educational robotics to address behavioral problems in early childhood. *Education Sciences*, 13(1), 22. <https://doi.org/10.3390/educsci13010022>
- Bers, M. U. (2018). Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781351053666>
- Computer Science Teachers Association. (2017). CSTA K–12 Computer Science Standards. <https://www.csteachers.org/page/standards>
- Department for Education. (2013). National curriculum in England: Computing programmes of study. <https://www.gov.uk/government/publications/national-curriculum-in-england-computing-programmes-of->

study

- Esther-del-Moral-Pérez, M., López-Bouzas, N., & Castañeda-Fernández, J. (2025). Game-based storytelling with a robot character: Activating computational thinking in young children. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10643-025-01930-x>
- Finnish National Agency for Education. (2016). National core curriculum for basic education 2016. Finnish National Board of Education.
- Fridberg, M., & Redfors, A. (2024). Teachers' and children's use of words during early childhood STEAM teaching supported by robotics. *International Journal of Early Years Education*, 32(2), 405–419. <https://doi.org/10.1080/09669760.2021.1892599>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking: A competence whose time has come. *Computer Science Education*, 23(1), 30–52. <https://doi.org/10.1080/08993408.2013.777221>
- Guss, S. S., Clements, D. H., Sharifnia, E., Sarama, J., Holland, A., Lim, C.-I., & Vinh, M. (2024). Designing inclusive computational thinking learning trajectories for the youngest learners. *Education Sciences*, 14(7), 733. <https://doi.org/10.3390/educsci14070733>
- Kanaki, K., Chatzakis, S., & Kalogiannakis, M. (2025). Fostering algorithmic thinking and environmental awareness via Bee-Bot activities in early childhood education. *Sustainability*, 17(9), 4208. <https://doi.org/10.3390/su17094208>
- Leung, S. K. Y., Wu, J., Li, J. W., Lam, Y., & Ng, O.-L. (2025). Examining young children's computational thinking through animation art. *Early Childhood Education Journal*, 53, 1563–1575. <https://doi.org/10.1007/s10643-024-01694-w>
- Levac, D., Colquhoun, H., & O'Brien, K. K. (2010). Scoping studies: Advancing the methodology. *Implementation Science*, 5(69), 1–9. <https://doi.org/10.1186/1748-5908-5-69>
- Masarwa, B., Hel-Or, H., & Levy, S. T. (2024). Kindergarten children's learning of computational thinking with the "Sorting like a computer" learning unit. *Journal of Research in Childhood Education*, 38(2), 165–188. <https://doi.org/10.1080/02568543.2023.2221319>
- Metin, Ş., Kalyenci, D., Başaran, M., Relkin, E., & Bilir, B. (2025). Design-based digital story program: Enhancing coding and computational thinking skills in early childhood education. *Early Childhood Education Journal*, 53, 2255–2274. <https://doi.org/10.1007/s10643-024-01728-3>
- Otterborn, A., Schönborn, K. J., & Hultén, M. (2020). Investigating preschool educators' implementation of computer programming in their teaching practice. *Early Childhood Education Journal*, 48, 253–262. <https://doi.org/10.1007/s10643-019-00976-y>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Peters, M. D. J., Godfrey, C. M., McInerney, P., Munn, Z., Tricco, A. C., & Khalil, H. (2020). JBI manual for evidence synthesis. Joanna Briggs Institute. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-20>
- Pugnali, A., Sullivan, A., & Bers, M. U. (2017). The impact of user interface on young children's computational thinking. *Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice*, 16, 171–193. <https://www.informingscience.org/Publications/3768>
- Quinn, M. F., Caudle, L. A., & Harper, F. K. (2025). Embracing culturally relevant computational thinking in the preschool classroom: Leveraging familiar contexts for new learning. *Early Childhood Education Journal*, 53, 393–403. <https://doi.org/10.1007/s10643-023-01581-w>
- Relkin, E., Doss, C., Jones, V. L., & Pane, J. F. (2025). Coding readiness assessment: A measure of computational thinking for preschoolers. *Education Sciences*, 15(1), 9. <https://doi.org/10.3390/educsci15010009>
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>
- Shi, L., & Hill, R. (2025). Can children aged 3–5 years learn to code? Teacher perceptions of student practices, concepts, and perspectives. *Journal of Technology Education*, 36(2), 89–112. <https://doi.org/10.21061/jte.v36i2.a.5>
- Sung, J., Lee, J. Y., & Chun, H. Y. (2023). Short-term effects of a classroom-based STEAM program using robotic kits on children in South Korea. *International Journal of STEAM Education*, 10(1), 26. <https://doi.org/10.1186/s40594-023-00417-8>
- Tadeu, P., & Brigas, C. (2022). Computational thinking in early childhood education: An analysis through the Computer

-
- Science Unplugged. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 98(36.2), 149–166. <https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.94881>
- Wang, X. C., Xing, G. Y., & Flood, V. J. (2025). Embodied and shared self-regulation through computational thinking among preschoolers. *Education Sciences*, 15(10), 1346. <https://doi.org/10.3390/educsci15101346>
- Welch, L. E., Shumway, J. F., Clarke-Midura, J., & Lee, V. R. (2022). Exploring measurement through coding: Children's conceptions of a dynamic linear unit with robot coding toys. *Education Sciences*, 12(2), 143. <https://doi.org/10.3390/educsci12020143>
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>