

PERSPECTIVAS SOBRE A INTEGRAÇÃO DO PENSAMENTO COMPUTACIONAL AO ENSINO DE FÍSICA

PERSPECTIVES ON THE INTEGRATION OF COMPUTATIONAL THINKING INTO PHYSICS TEACHING

Luiz Fabiano Lucas Araújo¹, Silvanio de Andrade²

Recebido: julho/2024 - Aprovado: maio/2025

RESUMO: Diante do panorama de estudos e discussões no campo da educação, este artigo resultou do objetivo de investigar como o pensamento computacional vem sendo integrado ao ensino de física. As análises e discussões apresentadas derivam metodologicamente de passos sistêmicos delineados com base em pressupostos de revisões integrativas da literatura. O protocolo foi elaborado para selecionar estudos correlatos tanto na literatura nacional quanto na internacional³. Os resultados sugerem se tratar de uma temática atual, e uma tendência na valorização da criatividade e da capacidade crítica inerentes a pensar computacionalmente, por meio de processos didáticos baseados em duas perspectivas: uso de softwares de modelagem e simulação; e práticas de proposições e resoluções de problemas.

PALAVRAS-CHAVE: pensamento computacional, modelagem e simulação, proposições e resoluções de problemas, ensino de física.

ABSTRACT: Given the panorama of studies and discussions in the field of education, this article resulted from the objective of investigating how computational thinking has been integrated into the teaching of physics. The analyses and discussions presented methodologically derive from systemic steps outlined in assumptions of integrative literature reviews. The protocol was developed to select related studies both in national and international literature. The results suggest that this is a current theme and a trend in valuing creativity and critical capacity inherent to computational thinking through Didactic processes based on two perspectives: the use of modeling and simulation software; and practices of problem posing and problem solving.

- ¹ <https://orcid.org/0009-0002-4724-7281> - Doutorando em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Mestre em ensino de física pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). Professor da Secretaria Estadual de Educação (SEEC) e da Secretaria Municipal de Educação de Parnamirim (SME), Parnamirim, Rio Grande do Norte, Brasil. E-mail: professor.luizfabiano.fisica@gmail.com
- ² <https://orcid.org/0000-0002-1490-812X> Doutor em Educação pela Universidade de São Paulo (USP), com Doutorado Sanduíche na University of Georgia, EUA. Pós-doutorado em Educação Matemática, University of Delaware, USA. Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), Campina Grande, Paraíba, Brasil. Av. Juvêncio Arruda, s/n - Universitário, Campina Grande - PB, 58109-790. E-mail: silvanio@usp.br
- ³ Este artigo corresponde a um recorte da pesquisa de doutorado, em andamento, do primeiro autor, sob a orientação do segundo autor.





KEYWORDS: computational thinking, modeling and simulation, problem posing and problem solving, physics teaching.

1. Introdução

O avanço tecnológico que estamos vivenciando promove uma transformação abrangente que permeia todos os aspectos da vida humana, incluindo a educação. As novas concepções emergentes trazem consigo um leque de possibilidades educativas inexploradas, desafiando educadores a repensarem suas estratégias didáticas. Investigar e discutir essas possibilidades alinhadas à realidade tecnológica é uma forma de contribuir para o surgimento de experiências educacionais mais envolventes e pertinentes à sociedade atual. Tais atitudes não se limitam à transmissão de conhecimentos, mas também valorizam a criatividade e o pensamento crítico.

Nesse contexto, avançamos junto aos progressos da computação, que surgem paralelamente ao desenvolvimento de habilidades destacadas na literatura como benéficas, tanto para a sociedade contemporânea quanto para a futura. Wing (2006; 2017) destaca algumas dessas habilidades como formas essenciais de raciocínio para lidar com problemas, independentemente do uso de máquinas – o pensamento computacional.

Em perspectivas educacionais, vale destacar que diversas habilidades inerentes ao pensamento computacional são aplicáveis a várias áreas, desde as ciências exatas, que incorporam a matemática e suas essências até a língua portuguesa. Especialmente algumas delas vêm ganhando um destaque notório após Wing (2006) ter elucidado suas potencialidades e às descrito como inerentes a uma forma de pensar denominada pensamento computacional, discutindo sua relevância frente a formulações e resoluções de problemas, sejam em contextos associados ou não ao uso de máquinas. Podemos mencionar como exemplos as investigações realizadas por Araújo et al. (2023), onde tais habilidades são discutidas junto a práticas de proposições e resoluções de problemas da física, e Gelosa e Schuhmacher (2023) quanto ao pensamento computacional como uma alternativa para lidar com dificuldades inerentes ao ensino da língua portuguesa.

Seguindo essa tendência no campo da educação, este artigo tem como objetivo discutir as perspectivas de integração do pensamento computacional ao ensino de física. Nos baseamos em resultados e análises de dados qualitativos obtidos durante ciclos de revisões da literatura nacional e internacional, realizados entre março de 2022 e abril de 2024.

Para otimizar a coesão lógica da apresentação do trabalho, dividimos nossa discussão em duas etapas: a apresentação fundamentada de conceitos sobre o pensamento computacional, seguida da exposição do protocolo, resultados e discussões dos ciclos de pesquisas relacionados ao ensino de física.



2. Pensamento Computacional

Ainda no século XX, Seymour Papert já trazia a percepção de que o uso dos computadores modifica nossas formas de pensar e, conseqüentemente, gera impactos em nossas maneiras de aprender. Por ter escrito os livros *Children, Computers, and Powerful Ideas* (1980) e *The Children's Machine: Rethinking School in the Age of the Computer* (1993), Papert é considerado o precursor do termo *computational thinking* (Pensamento Computacional), mesmo sem ter apresentado uma definição clara do que pensar computacionalmente representa.

Ao elucidar suas concepções sobre o que o termo “pensamento computacional” representa, Wing (2006) nos remete a entender que não se trata de pensar como computadores, mas sim de processos cognitivos que envolvem habilidades que nós, humanos, utilizamos para lidar com problemas. Entre essas habilidades estão a decomposição de problemas e a abstração em modelagens de problemas para torná-los tratáveis. Algumas vantagens do pensamento computacional, segundo Wing, incluem a reformulação de problemas difíceis como estratégia para viabilizar sua resolução, a escolha de representações apropriadas ou modelagem de aspectos relevantes para lidar com o problema, a abstração ao enfrentar tarefas grandes e complexas e otimizações com base em erros já reconhecidos.

Wing (2014) descreve que o pensamento computacional se relaciona à atividade mental envolvida na formulação de um problema de modo a admitir uma solução computacional a ser realizada por pessoas ou máquinas. Ela lembra que as pessoas também computam e que é possível aprender a pensar computacionalmente, mesmo sem o auxílio de máquinas. Em um artigo mais recente, Wing (2017) se refere ao pensamento computacional como uma estrutura intelectual que pode beneficiar a todos que vivem no século XXI. Ela considera essa habilidade fundamental, equiparável a outras habilidades como leitura, escrita e aritmética. Diferentemente de várias outras literaturas que ressaltam o uso e desenvolvimento do pensamento computacional em contextos relacionados à Ciência da Computação, a autora reconhece a importância do pensamento computacional para lidar com problemas em diversos campos do conhecimento e do cotidiano.

Após Wing (2006) ter dado destaque ao termo “pensamento computacional”, outros trabalhos também se dedicaram a discuti-lo e expandi-lo em áreas diversas do conhecimento. Podemos mencionar importantes concepções encontradas na literatura:

Para Bundy (2007) O pensamento computacional, enquanto habilidade comumente utilizada em práticas de programação computacional, pode ser compreendido como uma metodologia a ser utilizada para resolver problemas em diversas áreas.

Liukas (2015) enfatiza que, ao incluir o pensamento lógico e o uso de habilidades para lidar com problemas, como reconhecimento de padrões, uso de algoritmos, decomposição e abstração, o pensamento computacional, expresso como ‘pensar nos problemas de forma que um computador consiga solucioná-los’, é executado por pessoas.



Segundo Amorim (2023), o pensamento computacional consiste em “saber pensar” – uma forma de pensar que aprimora a cognição, o raciocínio lógico e a capacidade de compreender e solucionar problemas complexos, tendo a tecnologia como uma importante aliada.

Diante dessas concepções, pode-se inferir que o pensamento computacional não se trata de pensar como um computador-máquina, mas sim como um computador-humano. O conjunto de habilidades inerentes a ele é potencialmente eficaz para formular e resolver problemas em diversos contextos.

Apesar de o pensamento computacional estar principalmente associado à resolução de problemas, essa é apenas uma de suas faces. Wing (2014) descreve que ele não se limita à resolução de problemas, mas também à formulação de problemas - um aspecto crítico do pensamento computacional, envolvendo consideração de variáveis, possíveis cenários, antecipação de desafios e pensamento criativo em soluções. Nesse sentido, faz-se necessário ter uma visão holística para enxergar soluções a partir de uma compreensão profunda do problema.

Após a relevante popularização do artigo *Computational thinking*, Jannette Wing depurou sua própria descrição do pensamento computacional. Wing (2017) apresenta a definição escrita junto aos pesquisadores Al Aho, Jan Cuny e Larry Snyder:

Computational thinking is the thought processes involved in formulating a problem and expressing its solution(s) in such a way that a computer—human or machine—can effectively carry out. (WING, 2017, P. 2)

A seguir, temos a definição traduzida:

O pensamento computacional é o processo de pensamento envolvido na formulação de um problema e na expressão de sua(s) solução(ões) de tal forma que um computador — humano ou máquina — possa efetivamente realizá-lo. (WING, 2017, p. 2).

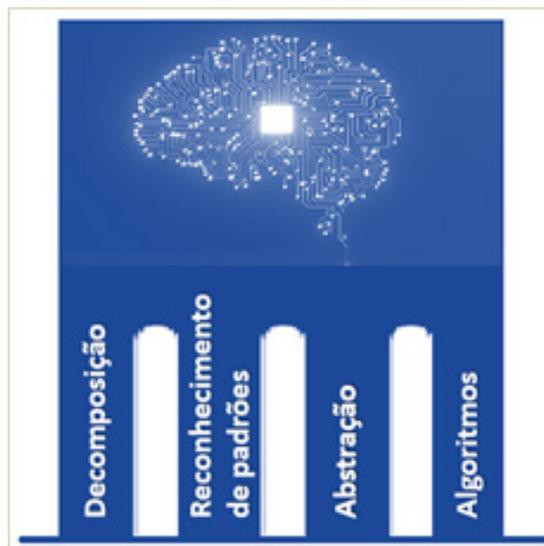
Ao elucidar sobre o pensamento computacional, Wing (2017) ainda estabelece que o pensamento computacional além de não depender do uso de máquinas, envolve quatro pilares: decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. A abstração desempenha um papel de destaque no reconhecimento de padrões e no estabelecimento de algoritmos.

A principal característica do Pensamento Computacional está na capacidade humana de pensar recursivamente, ou seja, de forma algorítmica. Isso ocorre quando, ao nos depararmos com um problema, abstraímos o que precisa ser considerado importante, reconhecemos padrões já observados em outros problemas e sistematizamos sua resolução em partes e etapas. Essa compreensão é construída com base nos fundamentos expressos pela BBC Learning (2015) e várias outras literaturas como Brackmann (2017).

Entre as literaturas não há um consenso sobre uma definição de quais são exatamente os pilares do pensamento computacional. No entanto, é possível notar uma certa recorrência no aparecimento e semelhantes definições, no que diz respeito aos quatro pilares descritos mencionados por Brackmann (2017) e Amorim (2023) – decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos. (Ver figura 1).



Figura 1- Pilares do Pensamento Computacional

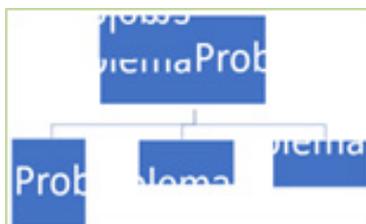


Fonte – Elaboração própria

Em síntese, incorporando algumas concepções trazidas pelos autores, podemos destacar entre características dos quatro pilares, que:

Decompor problemas complexos em partes menores pode ser compreendida como uma habilidade que facilita suas resoluções. Ela não apenas facilita o processo de entendimento e solução, mas também permite uma análise detalhada sob perspectivas individuais, das partes de um problema, o que pode levar a uma compreensão mais detalhada e profunda. Sua fragmentação favorece que cada uma das partes se torne mais compreensíveis e conseqüentemente resolvíveis de formas facilitadas e rápidas. Na figura 2, a exemplo, dentro de um retângulo, temos como um problema imediato o não reconhecimento de uma palavra fragmentada. Se dividirmos o retângulo, isolando as partes da palavra, poderemos, por meio da análise dessas partes, reconhecer o que pode ser feito para resolver o problema em questão.

Figura 2 - Decomposição



Fonte – Elaboração própria

Reconhecer padrões já utilizados em outros problemas e/ou entre as partes de um mesmo problema é uma habilidade que reduz significativamente o esforço necessário. Ao aplicar soluções já conhecidas a novos problemas, não apenas otimizamos o tempo e os recursos a serem utilizados, mas também expandimos nossa compreensão sobre como diferentes conceitos podem se conectar. Essas práticas estimulam a criatividade, pois ao adaptar uma solução de um contexto para outro, novas ideias



podem surgir. Na figura 3, também a exemplo, ilustra-se a tentativa de buscar padrões com o problema da palavra fragmentada (ver figura 2).

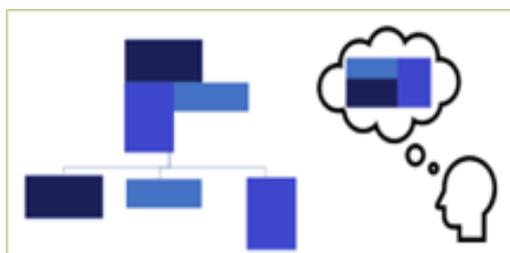
Figura 3 – Reconhecimento de padrões



Fonte – Elaboração própria

A abstração, por sua vez, ajuda a identificar e aplicar padrões em diferentes contextos, o que é essencial para o avanço em campos como física, matemática e diversas áreas do conhecimento, promovendo uma compreensão holística dos problemas e de suas possíveis soluções. Expressando em outras palavras, durante reflexões sobre um problema, é preciso identificar o que precisa ser considerado importante. Fazendo alusão ao que está representado nas figuras 2 e 3, pode-se inferir que as figuras geométricas representadas em paletas da cor azul, reorganizadas formam um retângulo (ver figura 4).

Figura 4 - Abstração

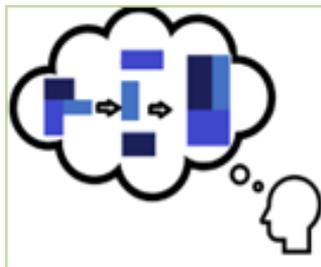


Fonte – Elaboração própria

A elaboração de algoritmos — estabelecimento de etapas para lidar com um problema — envolve criatividade e pensamento crítico. Ao projetá-los, enfrentasse o desafio de pensar logicamente e criativamente, o que pode levar a soluções eficientes. Além disso, ao compreendermos suas aplicações e limitações, adquirimos uma visão mais profunda de como soluções são construídas e otimizadas. Na figura 5, exemplificamos os passos seguidos para solucionar o seguinte problema: transformar uma figura geométrica aleatória em um retângulo. Esses passos incluem fragmentar e reorganizar.



Figura 5 - Algoritmos



Fonte – Imagem criada pelo autor

Vale destacar que essa ordem de apresentação dos pilares não representa qualquer tipo de hierarquia e nem uma sequência de processos cognitivos. Assim como várias outras literaturas, os consideramos independentes. Os pilares envolvidos na formulação ou resolução de um determinado problema dependem dos conhecimentos pré-existentes e da forma que eles podem ser utilizados.

Também é importante destacar que existem outras compreensões relativas às habilidades envolvidas no pensamento computacional. Podemos destacar, como exemplo, a da *International Society for Technology in Education* (ISTE). Em um documento denominado *ISTE Standards*, em perspectivas educacionais, é expresso que alunos considerados como pensadores computacionais, além de entenderem como funciona a automação por meio do uso de algoritmos, fazem uso de tecnologias para desenvolverem e aplicarem estratégias na compreensão e resolução de problemas. Isso valoriza o uso de tecnologias para desenvolver e testar soluções, formular definições adequadas por meio de análise de dados, modelos abstratos e pensamento algorítmico, explorar e descobrir soluções, representar dados coletados e identificados para favorecer resoluções de problemas e tomadas de decisão, extrair informações e desenvolver modelos descritivos por meio da fragmentação de problemas.

Com base no que foi inferido, o pensamento computacional não se trata apenas de aprender a programar, mas sim de desenvolver uma forma de pensar lógica, criativa e crítica. Nesse sentido, a integração do pensamento computacional em práticas de ensino-aprendizagem não está limitada ao desenvolvimento de habilidades técnicas. Ela também estimula o desenvolvimento da criatividade e criticidade. Integrar o pensamento computacional ao ensino de física é uma estratégia pedagógica que pode beneficiar os alunos ao equipá-los com um conjunto de habilidades relevantes para lidar com problemas dos mais diversos contextos e adquirir novos conhecimentos. Em outras palavras, isso não apenas melhora a qualidade da educação, mas também prepara para lidar com diversos problemas.

Em perspectivas voltadas à construção de conhecimentos da física, França (2020) descreve o pensamento computacional como uma poderosa ferramenta para os físicos explorarem o universo. Suas teorias, representadas em equações, podem ser transformadas em algoritmos e simuladas, permitindo que os modelos colaborem para uma compreensão refinada sobre os assuntos. O desenvolvimento de ciclos de revisão da literatura nos leva a estudos que trazem concepções correlacionadas.



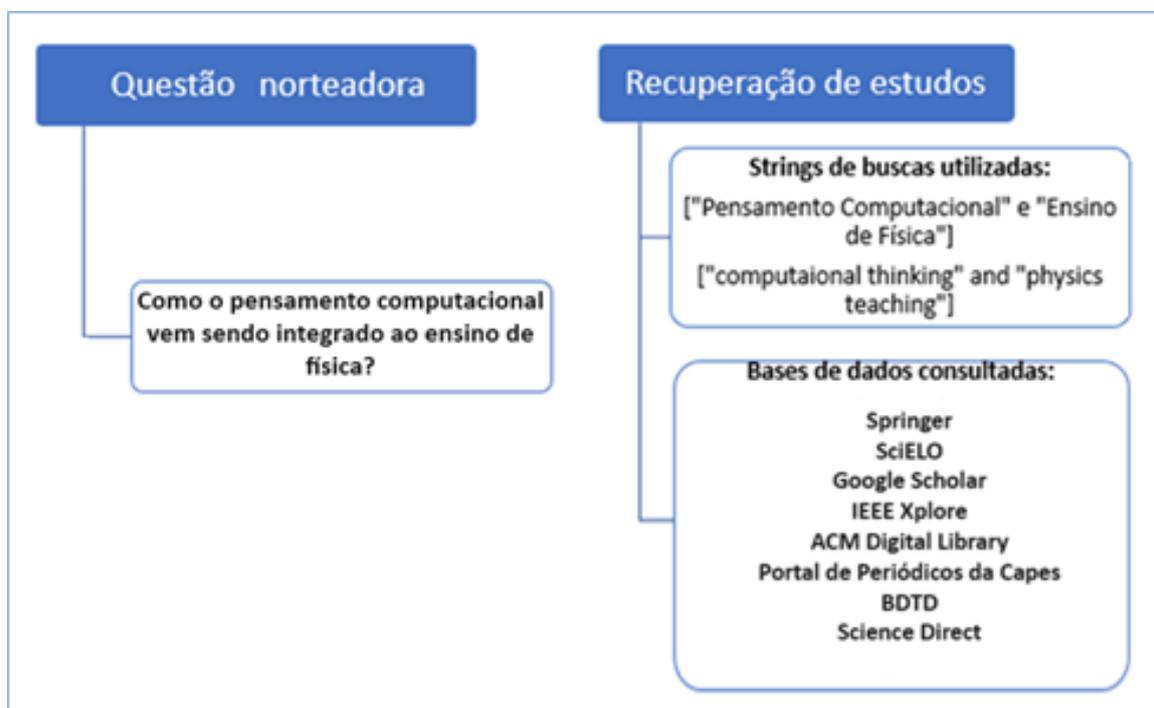
3. Pensamento computacional no ensino de física

As concepções construídas quanto ao avanço da integração do pensamento computacional no ensino de física, são emergentes da realização de uma revisão da literatura. Por se tratar de uma temática ainda pouco explorada, foi necessário realizá-la em vários ciclos. Fato que exigiu muita atenção na identificação do surgimento de novos trabalhos. Para tanto, de forma a identificar tanto estudos empíricos, quanto teóricos, foi tomado como base pressupostos de revisões integrativas. Para tanto, foram valorizados aspectos importantes da referida modalidade de revisão expressos por autores como Souza, Silva e Carvalho (2010). Nesse sentido:

- Foi elaborada como pergunta norteadora “como o pensamento computacional vem sendo integrado ao ensino de física?”;
- Foram realizadas amplas buscas em bases diversificadas de dados;
- De forma focalizada, dados relevantes à investigação foram analisados, categorizados e discutidos.

Os principais protocolos utilizados durante os ciclos de buscas estão expressos no quadro 1 a seguir.

Quadro 1- Protocolos da revisão



Fonte: Elaboração Própria



Partindo do protocolo estabelecido, a revisão foi realizada em ciclos delineados em três passos (ver figura 6): Busca online por trabalhos focados em discutir o exercício do pensamento computacional em práticas voltadas ao ensino de física; Seleção de trabalhos por intermédio de critérios preestabelecidos, e produção textual (discussão) com base em suas análises e categorizações.

Figura 6 - Passos seguidos durante a revisão da literatura



Fonte: Elaboração própria

As URLs⁴ e as respectivas quantidades de artigos encontrados em cada uma das bases de dados investigadas estão expressas na Tabela 1 a seguir.

Tabela 1 - Número de trabalhos selecionados por base de dados

Base de dados	URL	Número de artigos selecionados
ACM Digital Library	https://dl.acm.org/	0
BDTD	http://btdt.ibict.br/vufind/	1
ERIC	https://eric.ed.gov/	5
Google Scholar	https://scholar.google.com.br/	35
IEEE Xplore	https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp	0
Portal de Periódicos da Capes	https://www.periodicos.capes.gov.br/	0
SciELO	https://search.scielo.org/	0
Science Direct	https://www.sciencedirect.com/	0
Springer	https://link.springer.com/	1

Fonte: Elaboração própria

Durante a execução de nossos ciclos de pesquisas, os trabalhos foram selecionados com base nos seguintes critérios de inclusão e exclusão. (Ver tabela 1).

⁴ Uniform Resource Locator - sequência de caracteres correspondente a localização de um recurso na internet.



Tabela 2 - Critérios de Inclusão e exclusão

Critérios de inclusão:

1. Ter sido publicado durante os 10 últimos anos;
2. Ensino de Física e Pensamento Computacional são temas relacionados entre si;
3. A pesquisa apresenta recursos e/ou estratégias didáticos(as) que possam integrar o Pensamento Computacional ao Ensino de Física;

Critérios de exclusão:

1. Pensamento Computacional e Ensino de Física são temas. No entanto, não são estabelecidas relações preeminentes ao escopo da pesquisa.
 2. Documentos não pertencentes às línguas: portuguesa e inglesa;
 3. Trabalhos duplicados.
-

Fonte: Elaboração própria

Os critérios de inclusão foram definidos com o propósito de assegurar que os trabalhos selecionados fossem recentes e pertinentes ao tema da pesquisa. Foram considerados apenas trabalhos publicados nos últimos dez anos, o que permite a incorporação de estudos atualizados e relevantes. Além disso, foi necessário que os temas de Ensino de Física e Pensamento Computacional estivessem relacionados entre si, demonstrando uma conexão clara entre os dois campos. Outro ponto essencial foi que os trabalhos deveriam apresentar recursos e/ou processos didáticos que integrassem o Pensamento Computacional ao Ensino de Física, garantindo que a pesquisa se concentre em metodologias aplicáveis e inovadoras.

Já os critérios de exclusão foram elaborados para eliminar trabalhos que, apesar de mencionarem Pensamento Computacional e Ensino de Física, não estabeleçam relações significativas com o escopo da pesquisa. Trabalhos em línguas diferentes da portuguesa e inglesa foram excluídos para facilitar a análise e garantir a compreensão completa dos textos. Além disso, documentos duplicados foram removidos, evitando redundâncias e garantindo a originalidade dos dados.

A aplicação desses critérios resultou na exclusão de um trabalho duplicado e de trinta e cinco trabalhos que não apresentavam discussões relevantes ao escopo da pesquisa. A maioria desses trabalhos estava voltada para práticas de robótica educacional e abordagens *STEM*⁵ ou *STEAM*⁶, que, embora relacionadas ao Pensamento Computacional, não focaram especificamente na integração com o Ensino de Física. Dessa forma, os critérios de inclusão e exclusão ajudaram a selecionar seis trabalhos que efetivamente contribuem para a discussão pretendida, explorando práticas pedagógicas que incorporam o pensamento computacional como uma ferramenta no ensino de física.

Na tabela 3, a seguir, estão indicados os seis trabalhos que foram considerados aptos a contribuir com a discussão pretendida - Trabalhos que exploram práticas pedagógicas que incorporam o pensamento computacional como uma ferramenta capaz de contribuir na experiência educacional.

5 Abordagem educacional compreendida como inovadora por integrar ciências, tecnologia, engenharia e matemática.

6 Abordagem semelhante a STEM, que incorpora adicionalmente artes em seus pressupostos.



Tabela 3 – trabalhos analisados e discutidos

Tipo de Pesquisa	Referência e link de acesso
Artigo	ODDEN, Tor Ole B.; LOCKWOOD, Elise; CABALLERO, Marcos D. Physics computational literacy: An exploratory case study using computational essays. <i>Physical Review Physics Education Research</i> , v. 15, n. 2, p. 020152, 2019.
Artigo	LIN, Yu-Tzu; WANG, Ming-Tsan; WU, Cheng-Chih. Design and implementation of interdisciplinary STEM instruction: Teaching programming by computational physics. <i>The Asia-Pacific Education Researcher</i> , v. 28, p. 77-91, 2019.
Artigo	ENDERLE, Patrick; KING, Natalie; MARGULIEUX, Lauren. What's in a Wave?. The Science Teacher , v. 88, n. 4, p. 24-28, 2021.
Dissertação	CORREA, Thomás Silva. Uma sequência didática voltada ao ensino de balística e modelada pelo pensamento computacional. 2022.
Artigo	BUFASI, Ergi et al. Developing Student's Comprehensive Knowledge of Physics Concepts by Using Computational Thinking Activities: Effects of a 6-Week Intervention. International Journal of Emerging Technologies in Learning , v. 17, n. 18, 2022.
Artigo	ARAÚJO, Luiz Fabiano Lucas et al. PENSAMENTO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ELETRICIDADE: CONEXÕES NA ESTRATÉGIA DIDÁTICA DE UM PRODUTO EDUCACIONAL DIGITAL. REPPE-Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino , v. 7, n. 2, p. 576-594, 2023.

Fonte: Elaboração própria

Os pressupostos de uma revisão integrativa da literatura preveem uma categorização dos dados analisados, permitindo uma organização mais clara e sistemática das informações encontradas. Nesse sentido, um olhar direcionado aos referidos trabalhos nos permitiram identificar perspectivas quanto a conexões estabelecidas entre o pensamento computacional e o ensino de física. Uma relacionada a atividades de programação e outra relacionada ao uso de habilidades inerentes ao pensamento computacional em práticas de proposição e resolução de problemas. A tabela 4, a seguir, apresenta em síntese uma categorização das análises realizadas.

Tabela 4 - Categorização da análise

Literatura	Pesquisa	Principal abordagem metodológica
internacional	<ul style="list-style-type: none">• Odden, Lockwood e Caballero (2019)• Lin, Wang, Wu (2019)• Enderle, King e Margulieux (2021)• Bufasi et al. (2022)	Programação associada a modelagem e/ou simulação
Nacional	<ul style="list-style-type: none">• Correa (2022)• Araújo et al. (2023)	Proposição e resolução de problemas por meio de habilidades do pensamento computacional (Decomposição, reconhecimento de padrões, abstração, uso de algoritmos)

Fonte: Elaboração própria



3.1 *Pensamento computacional em atividades de programação*

Em estudo recente, Enderle, King e Margulieux (2021), ao discutirem o exercício do pensamento computacional junto a um problema de ondulatória, consideram que existem diferentes formas de abordá-lo – uso de equações diferenciais, simulações numéricas ou animações gráficas. Para os autores, cada uma delas envolve algum tipo de pensamento computacional. O artigo exemplifica como o uso de ferramentas de linguagens de programações visuais podem ser utilizadas na construção de conhecimentos da física de forma relacionada ao exercício do pensamento computacional. Ao voltarem suas discussões ao ensino de conteúdos da ondulatória, os autores descrevem que para apoiar a aprendizagem dos alunos, podem ser utilizadas ferramentas confiáveis disponibilizadas em sites confiáveis, como *PhET Colorado* ou *Netlogo*. Como uma forma de avançar quanto ao uso de tecnologias correlatas, eles realizam e discutem uma série de atividades voltadas ao estudo de ondas estabelecendo relações entre o desenvolvimento de modelos científicos e matemáticos por meio do software de programação *Pencil Code*.

Dentro desse contexto, relações são estabelecidas com o pensamento computacional, que nos fazem perceber uma valorização metodológica que envolve modelagens matemáticas seguidas das respectivas implementações em interfaces da plataforma para gerar simulações. A ideia do trabalho consiste em envolver os alunos no pensamento computacional enquanto constroem conhecimentos sobre ondas e suas propriedades. Para tanto, inicialmente é feito uso de um vídeo que aborda características do som – etapa em que os alunos são estimulados a observar padrões e levantar questões a serem norteadoras na construção de conhecimentos. Na etapa seguinte são disponibilizados códigos relativos a programações já realizadas na plataforma *Pencil Code*, com o objetivo de familiarizar os estudantes com as lógicas de programação envolvidas e a estimular novas práticas. Em suas opiniões, o uso da tecnologia pode ir de funções simples como substituir os livros didáticos por e-textos, até o desenvolvimento de produtos e atividades inteiramente sofisticados e novos, como por exemplo o desenvolvimento de simulações para modelar um fenômeno estudado.

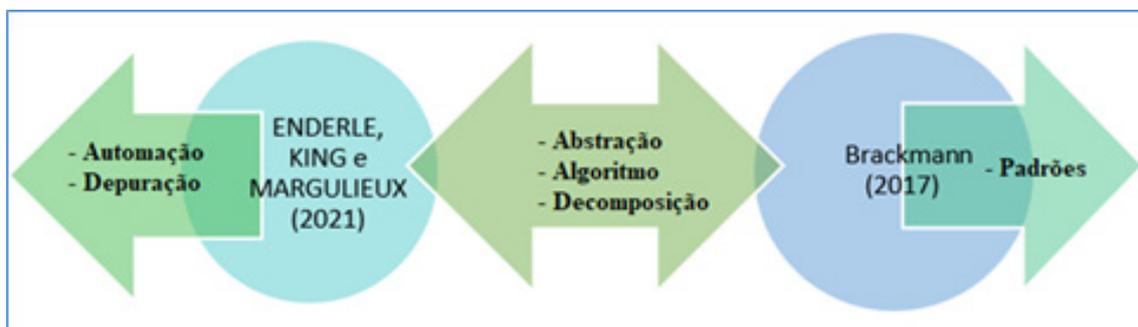
Os autores nos levam a compreender que a integração do pensamento computacional no ensino de física representa uma evolução significativa na educação, permitindo aos estudantes não apenas absorver conhecimento, mas também aplicá-lo de maneira prática através da modelagem e simulação de fenômenos físicos.

No trabalho de Enderle, King e Margulieux (2021) também é descrito que o uso do pensamento computacional é formado por pelo menos cinco elementos comuns: abstração, algoritmos, automação, decomposição e depuração. A caracterização é realizada da seguinte forma: a abstração consiste em reduzir a complexidade de um sistema e focar a atenção em seus elementos-chave; o algoritmo corresponde a uma série de instruções que relacionam os elementos-chave; a automação é descrita como a criação de um artifício digital capaz de repetir uma tarefa de forma correta; a decomposição como a quebra de um de problema em partes mais fáceis de gerenciar; e a depuração ocorre no refinamento do produto digital, tornando-o mais preciso e eficiente.



Identificamos entre esses cinco pontos, três descrições semelhantes às já realizadas em literaturas como Brackmann (2017) e tratadas por ele como habilidades inerentes ao pensamento computacional. A figura 7 representa essa relação.

Figura 7 - Habilidades em comum



Fonte: Elaboração própria

Apesar de inicialmente, o reconhecimento de padrões não ter sido mencionado pelos autores como um dos pilares do pensamento computacional, ao longo das discussões tecidas, é possível identificar sua valorização na estratégia didática descrita. Tais relações nos levam a inferir uma conveniente caracterização do pensamento computacional no ensino de física em interface com a valorização de seus principais pilares — Decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos.

Em outro estudo, ainda mais recente, as potencialidades do pensamento computacional em práticas de programação associadas ao ensino de física também desempenham um papel de destaque. Bufazi et al. (2023) descreve a implementação do pensamento computacional por meio de atividades de modelagem e simulações que envolviam conceitos de mecânica usando o software Python. Entre as discussões estabelecidas no trabalho, é possível identificar importantes potencialidades do pensamento computacional no ensino de física. Dentre as principais, podemos destacar o favorecimento no tratamento de problemas matematicamente complexos, baseado na compreensão de suas características por meio de modelagens e simulações. Em outras palavras, a pesquisa sugere que a manipulação de variáveis matemáticas e as simulações resultantes das atividades de programação, por meio do pensamento computacional envolvido, podem levar a uma compreensão mais profunda dos princípios físicos. A investigação realizada mostra, comparativamente, que estudantes instruídos a desenvolver práticas de modelagem e simulação no software Python obtiveram melhores desempenhos de aprendizagem em comparação com aqueles submetidos a instruções tradicionais sem o uso da ferramenta.

As concepções apresentadas por Bufazi et al. (2023) corroboram com as apresentadas em uma investigação desenvolvida por Lin, Wang e Wu (2019), na qual foram analisados comparativamente um grupo experimental que desenvolveu práticas de programação para resolver problemas de física sob uma perspectiva de modelagem, enquanto um segundo grupo resolveu problemas gerais sem orientação específica. Os resultados mostraram que, em função da eficácia das práticas de modelagem, o grupo experimental teve um melhor desempenho na resolução de problemas de física. De forma associada às



práticas desenvolvidas, para os pesquisadores, pensar computacionalmente está no ato de ignorar detalhes irrelevantes ao tentar construir um algoritmo ou representação de dados para automação - processo de modelagem.

Os resultados apresentados por Enderle, King e Margulieux (2021), Bufazi et al. (2023) e Lin, Wang e Wu (2019) indicam que a programação combinada com a modelagem e simulação, além de favorecer a compreensão dos conceitos de física, também desenvolve habilidades de abstração e codificação. Abstrair permite aos alunos criar representações simplificadas dos problemas. Já a codificação consiste em transcrevê-las em interfaces de softwares, o que torna possível simular os fenômenos físicos estudados e proporcionar uma compreensão mais profunda e aplicada do problema estudado.

Apesar de que essas discussões podem nos levar à compreensão de que práticas de ensino de física alinhadas ao exercício do pensamento computacional exigem um elevado nível de habilidades de programação, vale destacar que o pensamento computacional pode ser introduzido de maneira gradual e adaptada ao nível dos estudantes. Ao começar com conceitos básicos e ferramentas visuais que não requerem codificação complexa, eliminamos a barreira inicial envolvida na sintaxe de programação. O importante é que o ensino de física, em conexão com o exercício do pensamento computacional, seja acessível e estimule a criatividade. Essa concepção converge com a de Odden, Lockwood e Caballero (2019). Apesar de a pesquisa não se focar em discutir o pensamento computacional, os autores expressam que essa forma de pensar constitui-se em um processo cognitivo envolvido na resolução de problemas por meio da criticidade e nem sempre se relaciona com atividades de programação em computadores. Com base no que os autores expressam, não é necessário que um estudante esteja alfabetizado computacionalmente para resolver problemas de física por meio do pensamento computacional.

Essa é uma consideração importante, já que nos mostra que é possível ressignificar o ensino de física por meio do estímulo ao exercício do pensamento computacional, mesmo em práticas voltadas a estudantes com pouco domínio da computação por meio de *softwares*. Pensar computacionalmente envolve habilidades de formulação e resolução de problemas, como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos, que são aplicáveis em muitos contextos, não apenas na programação. Dois estudos recentes, Correa (2022) e Araújo (2023) fortalecem essa concepção.

Em artigo recente, Araújo et al. (2023) faz uso da estratégia didática de um produto educacional baseado na proposição e resolução de um problema para analisar conexões entre o pensamento computacional e o ensino de eletricidade. A referida ferramenta educacional possui o formato de livro digital interativo composto principalmente por animações e questionários interativos para abordar conceitos físicos envolvidos em um problema inicialmente apresentado e que retrata um choque elétrico causado por tensão de passo.

Ao longo das interfaces do produto educacional, as habilidades inerentes ao pensamento computacional podem ser identificadas. Inicialmente um problema relacionado a choques elétricos gerados por diferenças de potenciais elétricos no solo é apresentado por meio de uma animação. A principal estratégia didática do material consiste em, por meio de animações, levar a abstração das principais



características do problema. Para tanto, o problema é decomposto em problemas menores. As várias partes do problema carregam padrões que podem ser facilmente reconhecidos e também observáveis em outros problemas propostos ao longo do material didático. Grande parte da estratégia didática, também resulta em modelos matemáticos a serem aplicados na computação de dados observáveis – procedimentos e sequências finitas de cálculos (algoritmos). As relações encontradas na análise da pesquisa nos mostram a viabilidade do desenvolvimento de trabalhos correlatos no campo do ensino de física. Principalmente, em estratégias didáticas focadas em proposições e resoluções de problemas.

Perspectivas semelhantes quanto ao uso do pensamento computacional no ensino de física podem ser observadas em Correa (2022). Na escrita de sua dissertação de mestrado profissional em ensino de física, ao discutir o desenvolvimento e uso de um produto educacional em formato de sequência didática voltada ao ensino de balística, o autor discorre como o problema foi tratado por meio de habilidades inerentes ao pensamento computacional.

O problema proposto trata de um conflito ocorrido entre duas nações. Na sequência didática integrada ao estudo desse problema, são descritas quatro habilidades consideradas pilares do pensamento computacional: abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos. A sequência didática apresentada no trabalho de Correa (2022) combina habilidades inerentes ao pensamento computacional na formulação e resolução de um problema no contexto do ensino-aprendizagem de conceitos físicos relacionados a lançamentos oblíquos da seguinte forma: Ao se referir a habilidade da “decomposição”, o autor descreve que na contextualização do problema por ele apresentado, estão envolvidas várias faces: a política, a econômica e a tecnológica-científica — parte a qual a atenção deve ser direcionada. Essa é uma característica mais aproximada à capacidade de direcionar a atenção ao que precisa ser considerado como importante. É o momento de buscar a principal característica do problema apresentado e tentar analisar essa informação por partes. Já a habilidade de reconhecer padrões é estimulada no trabalho, pela busca de semelhanças entre o problema apresentado e outros problemas de mesma natureza conceitual já resolvidos e outros exemplificados por meio de diálogos e vídeos envolvendo temáticas semelhantes. Ele descreve que é possível, por meio da generalização, resolver problemas reais como o apresentado no início de sua sequência didática.

Nas pesquisas realizadas por Araújo (2023) e Correa (2022) podemos notar, que de uma forma alinhada ao que Wing (2006;2017), Brackmann (2017) e Amorim (2023) estabelecem como pensamento computacional, existe uma valorização do uso de habilidades inerentes, tanto em práticas de resolução de problemas, quanto na forma como eles foram apresentados e discutidos - estimulando o exercício de habilidades como a decomposição de problemas, o reconhecimento de padrões, a abstração e uso de algoritmos.

Também é possível observar que, embora Araújo et al. (2023) e Correa (2022) tenham descrito o uso de ferramentas computacionais educativas em determinados momentos – animações e questionários interativos por Araújo et al. (2023), bem como vídeos e simulações disponíveis no portal PhET Colorado por Correa (2022) – o foco de suas discussões está no uso das habilidades essenciais do pensamento



computacional para lidar com os problemas propostos. Essas práticas não exigiam a realização de codificações inerentes à programação computacional, reforçando a concepção de Wing (2006; 2017) sobre a não limitação ao uso de máquinas.

4. Considerações finais

Os trabalhos analisados nos mostram que a integração do pensamento computacional no ensino de física pode representar um significativo avanço na educação científica. A revisão da literatura revelou duas principais perspectivas. Uma está alinhada a práticas de modelagem e/ou simulação computacional; enquanto a outra valoriza o uso das habilidades do pensamento computacional durante proposições e resoluções de problemas como método para construção de conhecimentos.

De forma geral, a literatura sugere que a integração do pensamento computacional pode ocorrer de maneira equilibrada e alinhada aos fundamentos educacionais e epistemológicos da disciplina. Isso não se limita à transmissão de informações, mas envolve a construção de conhecimentos em contextos mais amplos, abrangendo tanto os conteúdos quanto os processos de desenvolvimento. O que implica em abordagens que promovem uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos e desenvolvem habilidades cruciais para a sociedade atual e futura, como o pensamento crítico e criativo necessário para resolver problemas diversos, independentemente da disponibilidade de computadores (máquinas) como ferramentas auxiliares.

Dito de outra forma, o pensamento computacional no ensino de física não se resume apenas a incorporar novas tecnologias. Por tratar-se de processos mentais, sua incorporação pode ocorrer independentemente da disponibilidade de *hardwares*. Uma das possibilidades é o uso de estratégias didáticas que estimulem o exercício e o desenvolvimento dessas habilidades em práticas focadas na proposição e resolução de problemas.

Por outro lado, vale destacar que, com exceção das pesquisas apresentadas por Correa (2022) e Araújo et al. (2023), não foi percebida uma ênfase maior na análise de como as habilidades inerentes ao pensamento computacional contribuem para práticas de proposição e resolução de problemas. Essas atividades estão na essência do pensamento computacional. Portanto, investigações voltadas a essas lentes investigativas possuem o potencial de gerar dados relevantes nesse campo, especialmente se apontarem alternativas teórico-metodológicas que independem dos aparatos tecnológicos disponíveis e que permitam a outros educadores as reproduzirem ou as readequarem.

Em direcionamentos de futuras pesquisas, é importante explorar a integração do pensamento computacional em contextos educacionais diversos, incluindo escolas com menos recursos tecnológicos. Estudos adicionais poderiam investigar como essas habilidades podem ser aplicadas efetivamente em ambientes onde o acesso à tecnologia é limitado, garantindo que todos os estudantes, independentemente de suas condições, possam se beneficiar das vantagens educacionais proporcionadas pelo pensamento computacional. Esse enfoque ampliado poderá fornecer dados valiosos sobre alternativas teórico-



metodológicas que permitam a outros educadores reproduzirem ou adaptarem essas práticas em diferentes contextos.

Em última consideração, podemos inferir que a integração do pensamento computacional ao ensino de física oferece uma oportunidade única para repensar e redefinir o que significa aprender e ensinar. O artigo contribui significativamente para a compreensão de como essas habilidades fundamentais, como decomposição, reconhecimento de padrões, abstração e algoritmos, podem ser incorporadas nas práticas didáticas para enriquecer o aprendizado dos conceitos físicos. Além disso, o estudo ressalta a importância de abordar o ensino de física não apenas através de ferramentas tecnológicas, mas também mediante estratégias que promovam o desenvolvimento cognitivo dos estudantes.

Referências

AMORIM, A. P.; BARRETO, R. **Pensamento Computacional na Educação: Caminhos e Perspectivas para o Futuro que Ainda não Concebemos**. Atena Editora, 2023.

ARAÚJO, L. F. L.; et al. **PENSAMENTO COMPUTACIONAL NO ENSINO DE ELETRICIDADE: CONEXÕES NA ESTRATÉGIA DIDÁTICA DE UM PRODUTO EDUCACIONAL DIGITAL**. REPPE-Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino, v. 7, n. 2, p. 576-594, 2023. Disponível em: <https://seer.uenp.edu.br/index.php/reppe/article/view/1399>. Acesso em: 02 fev. 2024.

BBC Learning (2015). **What is computational thinking?** Disponível em: <https://www.bbc.co.uk/bitesize/guides/zp92mp3/revision/1>. Acesso em: 11 jun. 2023.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. 2017. Tese (Doutorado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>. Acesso em: 12 jun. 2023.

BUFASI, E.; et al. Developing Student's Comprehensive Knowledge of Physics Concepts by Using Computational Thinking Activities: Effects of a 6-Week Intervention. **International Journal of Emerging Technologies in Learning**, v. 17, n. 18, 2022. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/223067/>. Acesso em: 03 fev. 2024.

BUNDY, A. Computational thinking is pervasive. **Journal of Scientific and Practical Computing**, v. 1, n. 2, 2007. Disponível em: https://www.pure.ed.ac.uk/ws/portalfiles/portal/408398/Computational_Thinking_is_Pervasive.pdf. Acesso em 22 jun. 2024.

CORREA, T. S. **Uma sequência didática voltada ao ensino de balística e modelada pelo pensamento computacional**. 122 p. 2022. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Centro, Manaus, 2022. Disponível em: <http://repositorio.ifam.edu.br/jspui/handle/4321/1090>. Acesso em: 21 out. 2023.



ENDERLE, P.; KING, N.; MARGULIEUX, L. **What's in a Wave? The Science Teacher**, v. 88, n. 4, p. 24-28, 2021. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00368555.2021.1229359>. Acesso em: 20 nov. 2023.

GELOSA, Í. K. ; NIEDERSBERG SCHUHMACHER, V. R. O PENSAMENTO COMPUTACIONAL E A LÍNGUA PORTUGUESA NO SISTEMA SOCIOEDUCATIVO. **Ensino De Ciências E Tecnologia Em Revista – ENCITEC**. 2023 p. 266-283. Disponível em: <https://doi.org/10.31512/encitec.v13i3.1235>. Acesso em: 20 fev. 2024

ISTE (2024) . **ISTE Standards**. Disponível em: <https://iste.org/>. Acesso em: 22 jul. 24

LIN, Y. T. ; WANG, M. T.; WU, C. C. Design and implementation of interdisciplinary STEM instruction: Teaching programming by computational physics. **The Asia-Pacific Education Researcher**, v. 28, p. 77-91, 2019. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40299-018-0415-0>. Acesso em: 05 jun. 2023.

LIUKAS, L. **Hello Ruby: adventures in coding**. Macmillan, 2015.

ODDEN, T. O. B.; LOCKWOOD, E.; CABALLERO, M. D. Physics computational literacy: An exploratory case study using computational essays. **Physical Review Physics Education Research**, v. 15, n. 2, p. 020152, 2019. Disponível e: <https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.020152>. Acesso em: 03 nov. 2023.

PAPERT, S. **Children, computers, and powerful ideas**. Eugene, OR, USA: Harvester, 1980.

PAPERT, Seymour. **The children's machine: Rethinking school in the age of the computer**. New York, 1993.

SOUZA, M. T.; SILVA, M. D.; CARVALHO, R. Revisão integrativa: o que é e como fazer. **Einstein (São Paulo)**, v. 8, p. 102-106, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/eins/a/ZQTBkVJZqcWrTT34cXLjtBx/?lang=pt&%3A-%3Atext=A>. Acesso em: 21 mar. 2024.

WING, J. M. Computational thinking benefits society. **40th anniversary blog of social issues in computing**, v. 2014, p. 26, 2014.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.

WING, J. M. Computational thinking's influence on research and education for all. **Italian Journal of Educational Technology**, v. 25, n. 2, p. 7-14, 2017. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/p/183466/>. Acesso em: 15. Jan. 2024.