

O Pensamento Computacional no Processo de Ensino e Aprendizagem da Física: Uma Revisão Sistemática

Almir de Oliveira Costa Junior^{1,2}, José Anglada Rivera¹

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET)
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
69.020-120 – Manaus – AM – Brazil

²Curso de Licenciatura em Computação – Escola Superior de Tecnologia (EST)
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
69.050-020 – Manaus – AM – Brazil

contato@almirjr.com, jose.anglada@ifam.edu.br

Abstract. *Computational Thinking (CT) has been gaining increasing prominence in national research. Although the BNCC prioritizes the development of CT skills primarily in the context of Mathematics and its Technologies, problem-solving is suggested as an essential skill in different areas of knowledge, including Physics. In this context, this article presents the results of a Systematic Literature Review (SLR) that aimed to identify how CT has been addressed in the teaching and learning process of Physics concepts in national research. The findings indicate a low incidence of experiences involving CT skills and Physics knowledge.*

Resumo. *O Pensamento Computacional (PC) tem ganhado cada vez mais destaque em pesquisas nacionais. Embora a BNCC preconize prioritariamente o desenvolvimento das habilidades do PC no contexto da área da Matemática e suas Tecnologias, a resolução de problemas é sugerida como habilidade essencial nas diferentes áreas de conhecimento, incluindo a Física. Nesse contexto, este artigo apresenta os resultados de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que teve como objetivo identificar como o PC tem sido abordado no processo de ensino e aprendizagem de conceitos da Física em pesquisas nacionais. Os resultados encontrados apontam para uma baixa incidência de experiências envolvendo as habilidades do PC e o conhecimento Físico.*

1. Introdução

Diversos estudos tem apontando que as habilidades do Pensamento Computacional (PC) possibilitariam desenvolver nos indivíduos, mecanismos para fomentar a resolução de problemas em diferentes áreas do conhecimento, fazendo o uso de técnicas computacionais e mediadas pela utilização de atividades plugadas e desplugadas [Zanetti et al. 2016, de Oliveira et al. 2021, de Jesus et al. 2019]. Além disso, trabalhos como os de Cuny et al. (2010), Bar and Stephenson (2011) e Brennan e Resnick (2012) reforçam a eficácia da adoção do PC como método de sistematização do pensamento e na formulação de soluções para problemas, de maneira incremental e recursiva.

Com base nos dados apresentados por Santos et al. (2018), ao realizar um mapeamento de pesquisas envolvendo o PC e programação no contexto da Educação Básica

brasileira, o Brasil tem apresentado um número consideravelmente crescente de estudos a partir do ano de 2010 (19), atingindo os maiores números em 2015 (86) e 2016 (81). Bordini et al. (2016) e Berssanette e Francisco (2021) também corroboram com os estes números, e ainda ponderam que eles têm crescido a cada ano, despertando ainda mais o interesse dos pesquisadores da área. Em contraponto, Costa-Junior e Anglada-Rivera (2022ab) afirmam que existem poucas evidências de experiências envolvendo o Pensamento Computacional na formação inicial de professores no Brasil e que isso representaria um desafio atual e relevante para as pesquisas envolvendo as habilidades do Pensamento Computacional [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023ab, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022c].

Diante desse cenário, observa-se que o PC vem ganhado cada vez mais destaque como um dos eixos principais em diversos currículos de Computação para escolas pelo mundo, tais como: na *Computer Science Teachers Association (CSTA)*, *International Society for Technology in Education (ISTE)*, *AP Computer Science Principles Course and Exam Description* e a *Computer Science for All* [CSTA-ISTE 2011, Colledge Board 2017, CSforALL 2016].

No contexto brasileiro, é possível observar as propostas dos Referenciais Curriculares de Computação para a Educação Básica da Sociedade Brasileira de Computação [SBC 2017], o Currículo de Tecnologia e Computação da Educação Infantil ao Ensino Fundamental [CIEB 2018] e recentemente as Normas sobre Computação na Educação Básica (BNCC Computação) [Brasil 2022].

Além disso, é importante considerar que no texto final da BNCC publicado em 2018, o Pensamento Computacional deve ser estimulado nos alunos da Educação Básica, principalmente por meio da disciplina de Matemática no Ensino Fundamental e Médio. Ao longo do documento o termo “Pensamento Computacional” é citado 9 vezes. No Ensino Fundamental ele é referenciado 4 vezes (págs. 266 e 271), sempre fazendo referência ao processo de resolução de problemas na área da Matemática e suas Tecnologias, em especial a temática álgebra [Brasil 2018].

Em relação ao Ensino Médio, o termo é mencionado três vezes (págs. 471 e 528) em conexão com o aprofundamento das estratégias de resolução de problemas na Matemática e duas vezes (págs. 474 e 475) no contexto das habilidades gerais do Ensino Médio, especialmente relacionadas ao uso de tecnologias digitais e da Computação para otimizar a resolução de problemas atuais e contemporâneos [Brasil 2018].

Embora muitas das habilidades da Matemática sejam necessárias ao desenvolvimento daquelas relacionadas a Física, observa-se que em nenhum dos casos o termo PC aparece vinculado explicitamente a área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias na BNCC. Ainda que o termo não esteja nitidamente associado as habilidades dessa área, há de se considerar que no contexto geral do Ensino Médio, a resolução de problemas de forma criativa e tecnológica por meio do PC, aparece como estratégia educacional que deve ser fomentada nos alunos deste nível de ensino.

Nesse sentido, na BNCC, a resolução de problemas (ou termos associados a ela: *formular e resolver problemas; resolução de problemas; resolver e elaborar problemas; resolver problemas e situações-problemas*) é explicitada 155 vezes ao longo do documento, nos diferentes contextos das áreas de conhecimento envolvidas [Tabela 1]. A nível

de comparação, na Matemática do Ensino Fundamental são identificadas 78 citações e no Ensino Médio 47 [Brasil 2018].

Tabela 1. Expressões regulares associadas a resolução de problemas na BNCC.

Contexto da citação na BNCC	Formular e resolver problemas	Resolução de problemas	Resolver e elaborar problemas	Resolver problemas	Situações-problemas	Total Geral
E. F. Matemática	0	9	48	18	3	78
E. M. Matemática	2	9	23	12	1	47
Geral - BNCC	1	0	0	3	0	4
E. F. Geografia	0	2	0	1	0	3
E. M. C. Natureza	0	1	0	0	9	10
E. M. C. Humanas	0	1	0	1	0	2
E. M. Geral	0	1	0	2	0	3
E. M. I. Formativo	0	1	0	0	0	1
E. M. Linguagens	0	1	0	0	0	1
E. M. IF/Mat.	0	2	0	0	0	2
E. F. C. Natureza	0	0	0	3	0	3
E. F. Linguagens	0	0	0	1	0	1
Total:	3	27	71	41	13	155

Após a área da Matemática, a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias é a segunda em destaque, com 10 citações [Brasil 2018]. Dentro desse contexto, a Física se destaca como a principal subárea, com as expressões pesquisadas associadas às habilidades essenciais para a formação dos indivíduos na Educação Básica brasileira.

Diante disso, na perspectiva de compreender como o PC tem sido utilizado para mediar o processo de ensino e a aprendizagem de conceitos da Física, este artigo apresenta os resultados de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que teve como objetivo identificar *“Como o pensamento computacional tem sido abordado no processo de ensino e aprendizagem da Física”* em experiências educacionais no Brasil. Para apresentar estes resultados, o artigo está organizado como segue: A revisão da literatura é apresentada na seção 2. A coleta e análise dos dados são discutidos na seção 3. As discussões sobre os resultados estão descritos na seção 4. Por fim, as considerações finais são apresentadas na seção 5.

2. Revisão da Literatura

De maneira geral, é possível observar diversas iniciativas pelo mundo com a proposta de inserir a Computação nos currículos das escolas [Brackmann 2017]. Em sua grande maioria, estes currículos defendem o Pensamento Computacional como um elemento fundamental no desenvolvimento de habilidades e competências computacionais [Barcelos et al. 2015, França et al. 2013, Andrade et al. 2013, Viel et al. 2014, Kolgeski et al. 2016].

O PC começou a atrair a atenção dos estudiosos através dos primeiros esforços de Jannette Wing para conceituá-lo, conforme descrito em um artigo publicado em uma revista de grande influência no cenário acadêmico da Computação (*Communications of the ACM*). Nesse texto, ela argumentava e discutia como os cientistas da Computação pensavam sobre o mundo e que isto poderia ser útil para outros contextos [Wing 2006].

Embora algumas pesquisas relatem que o PC estaria limitado ao uso de habilidades cognitivas (e metacognitivas) utilizadas pelos cientistas da Computação para resolver problemas [Santana et al. 2021], isso estaria de certo modo em contradição com a maioria das ideias de Seymour Papert. Embora ele não tenha definido claramente o

que seria o PC, Papert advoga na maioria de seus estudos pelo uso efetivo do computador (fundamentos e tecnologias) para resolver problemas, pensando computacionalmente [Román-Gonzalez et al. 2015].

Nesse contexto, apesar do termo ter ganhado notoriedade por meio das publicações de Wing, pode-se verificar que as ideias do PC já eram evidenciadas por Seymour Papert no artigo “*Twenty things to do with a computer*”, contudo, não tinham sido descritas com este termo [Papert et al. 1971]. Mais tarde, Papert também utilizaria o termo “Pensamento Computacional” em seu livro “*Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*” [Papert 1980], para reafirmar que os computadores em si, deveriam fazer parte do dia a dia das pessoas, com o propósito de resolver problemas diversos.

Ainda que existam múltiplas interpretações para o PC, tendo em vista que se trata de um conceito ainda em desenvolvimento e consolidação, Grover e Pea (2013) afirmam que a maioria dos pesquisadores e educadores tem chegado a um consenso de que os principais elementos amplamente aceitos como constituintes do PC, e que constituem a base da maioria dos currículos que visam apoiar o seu desenvolvimento, bem como, sua avaliação, consideram que ele deve envolver 9 elementos: *Abstrações e generalizações de padrões; Processamento sistemático de informações; Sistemas de símbolos e representações; Noções de controle de fluxo em algoritmos; Decomposição de problemas estruturados; Pensamento iterativo, recursivo e paralelo; lógica condicional; Eficiência e restrições de desempenho; Depuração e detecção sistemática de erros* [Grover and Pea 2013].

Por sua vez, a *International Society for Technology in Education* (ISTE) em parceria com a *Computer Science Teachers Association* (CSTA), também propõem nove experiências de aprendizagem do Pensamento Computacional. Nelas, são descritas as principais habilidades que devem fazer parte de atividades que envolvam a resolução de problemas por meio do Pensamento Computacional: *Coleta de Dados; Análise de dados; Representação de dados; Decomposição do problema; Abstração; Algoritmos & Procedimentos; Automação; Simulação e Paralelização* [CSTA-ISTE 2011].

No geral, a maioria das pesquisas reiteram que não existe um consenso unificado sobre o conceito operacional do PC [Selby and Woollard 2013, Cutumisu et al. 2019, Santana et al. 2021, Román-Gonzalez et al. 2015, Gouws et al. 2013], assim como, um conjunto único de habilidades. Em contraponto, pesquisas lideradas por instituições como a Code.Org [Code.Org 2016], BBC Learning (2015) [BBC 2015] e *Computer At School* [Csizmadia et al. 2015], bem como, das pesquisas de [Liukas 2015] e [Brackmann 2017], sinalizam que o PC pode ser essencialmente constituído de quatro “pilares”: 1 – abstração, 2 – reconhecimento de padrões, 3 – decomposição e 4 – algoritmos.

Apesar das diversas características apresentadas anteriormente, estudos reconhecem que não existe uma ideia clara sobre como incorporar o PC nos sistemas educacionais em seus diferentes níveis de ensino [Román-Gonzalez et al. 2015]. Da mesma forma, existe uma enorme lacuna sobre como medir e avaliar o PC [Román-Gonzalez et al. 2015, Cutumisu et al. 2019, Santana et al. 2021, Zhong et al. 2016]. Avaliar a sua aquisição de forma eficaz é importante para integração bem sucedida de currículos e demais iniciativas [Santana et al. 2021, Grover et al. 2015].

3. Coleta e Análise de Dados

Nesta seção, são apresentados os resultados de uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) que teve como finalidade identificar em pesquisas nacionais: “*Como o Pensamento Computacional tem sido abordado no processo de ensino e aprendizagem da Física*”. Para isso, inicialmente são apresentados os procedimentos adotados, os resultados e as discussões sobre os dados coletados.

3.1. Os procedimentos adotados

Para realizar a busca das experiências foram adotados parte dos procedimentos do protocolo de Kietchenham (2007) e que foram adaptados por Costa-Junior e Anglada-Rivera (2022b) e Eloy et al. (2017) em suas respectivas revisões sistemáticas da literatura. Nesse sentido, como base de dados foram utilizados os resultados apresentados pelo Google Acadêmico. Essa estratégia foi adotada pelo fato desta ferramenta apresentar os resultados de diferentes canais de divulgação científica.

Na busca primária, foi utilizada a *string*: “*Pensamento Computacional and Ensino e Aprendizagem de Física*”. No período em que essas buscas foram realizadas, o Google Acadêmico reportou 33.900 resultados (0,08 s). Levando em consideração o tempo necessário para analisar todos esses trabalhos e a relevância dos resultados apresentados pelos algoritmos do Google Acadêmico, optou-se por analisar apenas os trabalhos apresentados nas primeiras 10 páginas dos resultados, totalizando assim 100 trabalhos. Destaca-se ainda que não foi estipulado um período de tempo na busca no Google Acadêmico.

Após realizar o *download* de todos os trabalhos, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão apresentados na Tabela 2. A análise de cada trabalho quanto aos critérios, foi realizada com base na leitura do título, resumo, objetivo e, quando necessário, da seção de materiais e métodos (e/ou equivalentes). Após a aplicação dos critérios, restaram apenas 15 trabalhos (Tabela 3).

Tabela 2. Critérios de exclusão e inclusão utilizados na RSL.

Critérios de exclusão	Critérios de inclusão
<p>E1. Experiências que não abordam o Pensamento Computacional no processo de ensino e aprendizagem da Física;</p> <p>E2. Pesquisas em formato de revisão sistemática;</p> <p>E3. Em caso de experiências duplicadas ou similares, a versão mais antiga foi desconsiderada.</p>	<p>I1. Experiências que abordem o Pensamento Computacional no processo de ensino e aprendizagem da Física;</p> <p>I2. Experiências publicadas em eventos, periódicos, dissertações e teses.</p>

3.2. Os resultados encontrados

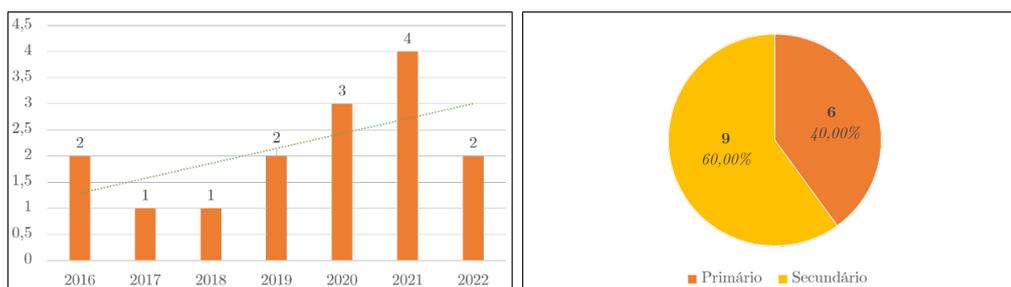
Os dados apontam que a maioria (40%) das pesquisas são apresentadas em formato de artigos completos (6 trabalhos). Em seguida, aparecem as experiências relatadas em resumo expandido e dissertações, com 20% (3) cada uma delas. Além disso, foram identificados apenas um (6,67%) trabalho no formato de resumo, uma tese (6,67%) e um trabalho de conclusão de curso (6,67%).

Em relação ao ano de publicação, foram identificados trabalhos no período de 2016 à 2022. Observa-se uma tendência de crescimento a partir do ano de 2018 até 2021, com uma queda de 50% no ano de 2022 (Figura 1a).

Na perspectiva de encontrar evidências para responder à questão de pesquisa apresentada no início desta seção, foram utilizados os seguintes critérios de avaliação: A1 –

Tabela 3. Pesquisas restantes após a aplicação dos critérios.

ID	Autores	Título do trabalho	Tipo	Ano de Publicação
1	Da Costa e Camargo (2022)	O Pensamento Computacional Como Estratégia na Formação Inicial de Professores: Um Novo Design de Ensino e de Aprendizagem em Física e Matemática	Resumo expandido	2022
2	De Souza et al. (2016a)	Explorando Robótica com Pensamento Computacional no Ensino Médio: Um estudo sobre seus efeitos na educação.	Artigo Completo	2016
3	Correa (2022)	Modelando o ensino de balística por meio do pensamento computacional.	Dissertação	2022
4	De Souza et al. (2016b)	Introdução do Pensamento Computacional na Formação Docente para Ensino de Robótica Educacional.	Artigo Completo	2016
5	Buss et al. (2021)	Programação e Física: Possibilidades do Desenvolvimento do Pensamento Computacional Utilizando o Arduino.	Dissertação	2021
6	Conheti et al. (2020)	Aspecto motivacional para trabalhar o desenvolvimento do pensamento computacional em distintos cenários de aprendizagem: uma proposta no contexto do ensino de Física.	Artigo Completo	2020
7	Conforto et al. (2018)	Pensamento computacional na educação básica: interface tecnológica na construção de competências do século XXI.	Artigo Completo	2018
8	Guarda and Da Silva Pinto (2021)	O Uso dos Jogos Digitais Educacionais no Processo no Ensino-Aprendizagem com Ênfase nas Habilidades do Pensamento Computacional.	Artigo Completo	2021
9	Moura et al. (2021)	EExplorando o Pensamento Computacional em Salas de Aulas de Ciências.	Resumo	2021
10	De Souza et al. (2021)	Aplicações da Robótica Educacional para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional no Contexto do Ensino Médio Integral.	Artigo Completo	2021
11	Rosa (2019)	Uso do arduino para o ensino de automação e programação com base no pensamento computacional e aprendizagem significativa.	TCC	2019
12	Souza et al. (2019)	Aplicações da robótica educacional para o desenvolvimento do pensamento computacional no contexto da educação básica.	Dissertação	2019
13	Schorr (2020)	Pcomp-Model: desenvolvendo o pensamento computacional na educação básica para auxiliar na aprendizagem de algoritmos e programação do ensino superior.	Tese	2020
14	Schuhmacher and Schuhmacher (2017)	Pensamento Computacional, Robótica Educativa e Aprendizagem Significativa: a competência do sujeito invisível.	Resumo expandido	2017
15	Natucci (2020)	ThinkTank: um jogo construtivista para ensino de pensamento computacional.	Resumo expandido	2020



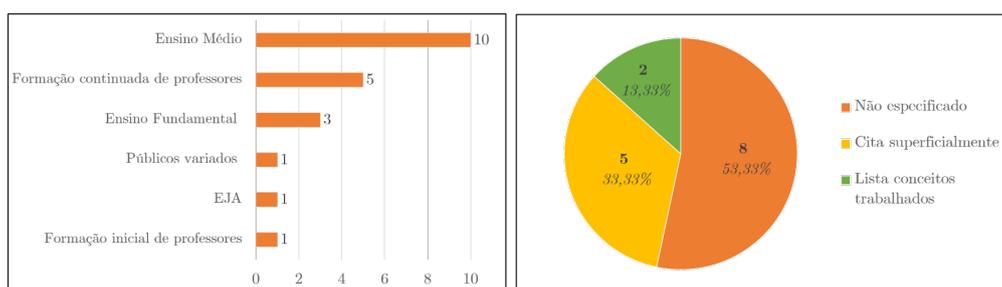
(a) Quantidade de trabalhos por ano de publicação. (b) Quantidade de trabalhos por tipo de estudo.

Figura 1. Gráficos sobre as pesquisas envolvendo o PC no Ensino de Física.

A pesquisa envolve a Física como estudo primário ou secundário?; A2 – Qual o público alvo da pesquisa relatada?; A3 – Quais conceitos da Física são enfatizados?; A4 – Quais habilidades do PC são desenvolvidas? e A5 – Quais tecnologias e estratégias são utilizadas?

Em relação ao critério A1, foi possível verificar que a maioria (60% - 9) dos trabalhos abordam a Física de forma secundária nas pesquisas relatadas (Figura 1b). Ou seja, a maioria desses trabalhos apenas citam conceitos e habilidades da Física que poderiam ser desenvolvidas ou estar associados no contexto das experiências. Nesse sentido, a Física é tratada de forma periférica, não sendo o objeto de estudo principal. Em muitos casos, elas são apenas listadas na descrição do contexto da experiência, sem a sua devida correlação com as habilidades do PC. Como exemplo, observa-se que a Física só está explicitamente declarada no título de 4 trabalhos (IDs: 1, 3, 5, 6 - Tabela 3).

No que diz respeito ao público-alvo envolvido nas pesquisas (critério de avaliação A2), observa-se que a grande maioria (10 trabalhos) é desenvolvida com alunos do Ensino Médio (Figura 2a). De certo modo, trata-se de um resultado já era esperado, considerando



(a) Público-alvo envolvido nas pesquisas analisadas. (b) Evidências dos conceitos da Física nas pesquisas.

Figura 2. Gráficos sobre o público alvo e conceitos da Física envolvidos.

que é neste nível de ensino que a Física ganha maior destaque e relevância. Destaca-se que o quantitativo de públicos na Figura 2a apresenta um número maior que a quantidade de trabalhos analisados, tendo em vista que algumas das experiências envolveram mais de um público de forma concomitante.

Em seguida, aparece a formação continuada de professores na segunda colocação com 5 trabalhos. Além disso, o Ensino Fundamental aparece como público-alvo em 3 experiências. A EJA e a formação inicial de professores aparecem em apenas 1 trabalho respectivamente. Neste último caso, a baixa incidência de trabalhos com este público apresenta forte confluência com os resultados encontrados nos trabalhos de Costa-Junior e Anglada-Rivera (2022ab). Por fim, em 1 trabalho não há a definição de um público específico, já que a proposta de aplicativo (ID 15 - Tabela 3) é destinada a públicos variados.

Quanto aos conceitos da Física enfatizados nas pesquisas (A3), embora 40% (6) tenham-na como objeto de estudo primário (Figura 1b), 53,33% (8) das pesquisas analisadas não declararam explicitamente os conceitos desta área que estariam sendo desenvolvidos por meio do PC (Figura 2b). Outros 33,33% (5) citam superficialmente os conhecimentos físicos envolvidos, e apenas 13,33% (2) declaram explicitamente quais conceitos estão sendo abordados. Neste último caso, tratam-se dos conceitos de Balística e Ondulatória. A Tabela 4 apresenta um resumo dos conceitos da Física encontrados nos trabalhos analisados.

Tabela 4. Resumo dos conceitos da Física envolvidos nas pesquisas analisadas.

Critério A3	QTD.	ID	Conceitos da Física
Não especificado	8	1, 2, 4, 7, 10, 12, 13 e 14	-
		5	Energia, movimento, força, temperatura e eletricidade.
		8	Eletricidade e circuito; lançamentos de projéteis.
		9	Equilíbrio Químico, Física Estática e Equilíbrio de Forças.
		11	Conhecimentos básicos de eletricidade e eletrônica, resistores, leds, fonte de alimentação e protoboard.
Cita superficialmente	5	15	Trajetória de projéteis.
		3	Balística
Lista conceitos trabalhados	2	6	Ondulatória

Em relação ao PC (A4), 73,33% (11) dos trabalhos citam um conjunto de habilidades relacionadas a ele (Figura 3a). Ainda que a grande maioria apenas descreva, muitos trabalhos não apresentam evidências significativas de como elas foram desenvolvidas e medidas. Os dados (Coleta, tipos e análise) aparecem como principal palavra associada as habilidades do PC (Figura 3b). Além disso, a abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmos também aparecem com grande destaque. Um resumo das

Tabela 6. Lista dos principais recursos utilizados nas pesquisas.

Recursos	ID	QTD.
Scratch	1, 6, 7, 8, 13	5
Kits Lego	2, 4, 10, 12	4
Arduino + IDE	5, 7, 11	3
Code.Org	1, 8	2
Phet	3, 9	2
Linguagem C	5, 9	2
ThinkerCad	5, 9	2
Lightbot	7, 8	2
Kit Fischertechnik	10, 12	2
Scratch Cards	6	1
Visual Studio Code	5	1
Jogos de tabuleiro	7	1
Scratch for Arduino	7	1
Impressora 3D	7	1
Sudoku	8	1
Canhão numérico	8	1
Tangran	8	1
Andry Bird	8	1
RexLab	9	1
VisualG	13	1
Sucata eletrônica	14	1
Aplicativo ThinkTank	15	1

No que diz respeito a forma de abordar a Física, os dados evidenciam que a maioria dos trabalhos (60%) relacionam a Física de maneira secundária nas pesquisas. Ou seja, ela não é tida como a finalidade principal no contexto das experiências desenvolvidas. De certo modo, isso representa um espaço oportuno para se realizar experiências que tenham como objetivo o desenvolvimento efetivo das habilidades da área, mediadas pelo PC.

Como esperado, em relação ao público alvo foi possível verificar que a maioria dos trabalhos estão concentrados no Ensino Médio. Em contraponto, a baixa incidência de pesquisas envolvendo a formação de professores (inicial e continuada) evidenciam ainda mais a necessidade de se investir em pesquisas que tenham como foco este público. Afinal, são eles que devem propiciar experiências de ensino e aprendizagem engajadas com as habilidades da sua área e do PC.

Em relação aos conceitos da Física, observa-se que a maioria das pesquisas abordam superficialmente os temas relacionados à área e com poucas discussões sobre a sua relação com as habilidades do PC. Do total de trabalhos analisados, apenas 13,33% explicitam claramente quais conceitos estão sendo trabalhados e como eles são articulados com as habilidades do PC. O restante não explicita claramente quais conceitos e habilidades da Física estão envolvidos ou simplesmente listam os conceitos sem descrever sua aplicação prática envolvendo o PC.

Nesse contexto, observa-se ainda que dos trabalhos que declaram explicitamente os conceitos, há pesquisas envolvendo o estudo do movimento dos corpos (balística) e o estudo do comportamento das ondas e oscilações (ondulatória). Nos demais casos, apenas são citados alguns conceitos que poderiam estar envolvidos, mas não se evidencia uma intencionalidade ou objetivo fim. Dentre os conceitos, são citados por exemplo: energia, força, temperatura, eletricidade, circuitos e trajetória de projéteis.

Em relação as habilidades do PC, ainda que a maioria dos trabalhos (73,33%) liste um conjunto de habilidades que estariam envolvidas, observa-se que as experiências não deixam claro como elas foram desenvolvidas, sua relação com o conceito da Física e por consequência, como elas teriam sido aferidas ao final das atividades. Ou seja, a

maioria das experiências apenas “afirmam” que estariam usando as habilidades do PC, mas não apresentam claramente sua intencionalidade e efetividade. Sobre este aspecto, trata-se de um espaço oportuno para realizar investigações mais profundas que tenham como foco a explicitação clara das habilidades e da utilização de instrumentos específicos para avaliá-las.

No que diz respeito aos recursos tecnológicos utilizados, observa-se uma tendência (80%) na utilização de atividades plugadas (ou mesclando com atividades desplugadas). Ou seja, de algum modo utilizam equipamentos de *hardware* e/ou *software* para mediar as atividades desenvolvidas nas experiências. Em contraponto, nenhuma das pesquisas analisadas utilizou exclusivamente atividades desplugadas. Sobre este último aspecto, embora muitas pesquisas endossem a efetividade desse tipo de atividade no desenvolvimento das habilidades do PC, na maioria das pesquisas analisadas há uma predominância da utilização efetiva do computador como ferramenta.

5. Considerações Finais

Os dados apresentados nesta RSL corroboram com a ideia de que é necessário ampliar os espaços de discussões e a efetiva utilização das habilidades do PC dentro do contexto das Ciências da Natureza, em especial a Física. As poucas evidências encontradas, reforçam que essas habilidades não tem sido amplamente fomentadas no processo de ensino e aprendizagem de conhecimento Físico.

Embora a BNCC não liste explicitamente o PC dentro do contexto das Ciências da Natureza, é possível observar que a resolução de problemas é fortemente recomendada em diversos pontos a serem estudados na Educação Básica, incluindo a Física. De certo modo, isso representaria um espaço oportuno para se desenvolver experiências de ensino e de aprendizagem mais concretas, e que tenham como foco o desenvolvimento das habilidades da Física, medidas pela utilização do PC.

Por fim, embora este não tenha sido o foco desta RSL, observa-se que a maioria das pesquisas analisadas envolvem os alunos da Educação Básica. Os dados revelam que poucas experiências tem sido desenvolvidas no contexto da formação inicial de professores. De certo modo, isso representa um espaço atual e relevante para o desenvolvimento de práticas formativas, já que serão estes professores que deverão propiciar experiências engajadas com essas habilidades em suas futuras práticas docentes [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022c]. Com isso, fica evidente que será necessário ampliar as discussões e desenvolver ações mais efetivas no que diz respeito à formação inicial dos professores de Física, no contexto das habilidades do Pensamento Computacional. Até o momento, o PC parece não ter atraído a atenção dos professores de Física e nem dos Físicos teóricos da educação [Correa 2022].

Referências

Andrade, D., Carvalho, T., Silveira, J., Cavalheiro, S., Foss, L., Fleischmann, A. M., Aguiar, M., and Reiser, R. (2013). Proposta de atividades para o desenvolvimento do pensamento computacional no ensino fundamental. In *Anais do XIX Workshop de Informática na Escola*, pages 169–178, Campinas, SP. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/mr2zasj4>. Acesso em: 19 de jan. 2024.

- Barcelos, T., Muñoz, R., Acevedo, R. V., and Silveira, I. F. (2015). Relações entre o pensamento computacional e a matemática: uma revisão sistemática da literatura. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, number 1, page 1369, Maceió, AL. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/y34z6s6n>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Barr, V. and Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to k-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *Acm Inroads*, 2(1):48–54. Disponível em: <https://tinyurl.com/4d2wa884>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- BBC, L. (2015). Introduction to Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/42IqCJr>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Berssanette, J. H. and de Francisco, A. C. (2021). Um panorama das pesquisas sobre pensamento computacional em programas de pós-graduação no brasil: A panorama of research on computational thinking in graduate programs in brazil. *Revista Contexto & Educação*, 36(114):31–53. Disponível em: <https://tinyurl.com/89xc3958>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Bordini, A., Avila, C. M. O., Weissshahn, Y., da Cunha, M. M., da Costa Cavalheiro, S. A., Foss, L., Aguiar, M. S., and Reiser, R. H. S. (2016). Computação na educação básica no brasil: o estado da arte. *Revista de Informática Teórica e Aplicada*, 23(2):210–238. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytm5hbtw>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Brackmann, C. P. (2017). *Desenvolvimento do Pensamento Computacional através de atividades desplugadas na Educação Básica. 2017. 226 f.* PhD thesis, Tese (Doutorado em Informática na Educação)–Universidade Federal do Rio Disponível em: <https://bit.ly/43soeaM>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Ministério da Educação. Disponível em: <https://tinyurl.com/ytakapk9>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Brasil (2022). Normas sobre computação na Educação Básica – Complemento à BNCC. Disponível em: <https://tinyurl.com/388jfb2m>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Brennan, K. and Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada*, volume 1, page 25. Disponível em: <https://tinyurl.com/4af3xwkv>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- Buss, G. V. et al. (2021). Programação e física: possibilidades do desenvolvimento do pensamento computacional utilizando o arduino. Master's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Disponível em: <https://tinyurl.com/2k4nhpyd>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- CIEB (2018). Currículo de Tecnologia e Computação da Educação Infantil ao Ensino Fundamental. Disponível em: <https://tinyurl.com/fy4dupxt>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Code.Org (2016). Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/3J00QJo>. Acesso em: 19 de jun. 2023.

- College Board, T. (2017). AP Computer Science Principles Course and Exam Description. College Board. Disponível em: <https://tinyurl.com/3a26nsna>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Conchetti, A. F., Reis, R. C., and Lyra, K. T. (2020). Aspecto motivacional para trabalhar o desenvolvimento do pensamento computacional em distintos cenários de aprendizagem: uma proposta no contexto do ensino de física. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n7j23kh>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Conforto, D., Cavedini, P., Miranda, R., and Caetano, S. (2018). Pensamento computacional na educação básica: interface tecnológica na construção de competências do século xxi. *Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática*, 1(1). Disponível em: <https://tinyurl.com/4526t436>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Correa, T. S. (2022). *Modelando o Ensino de Balística por Meio do Pensamento Computacional*. 2022. 122 f. PhD thesis, Dissertação (Mestrado Profissional de Ensino de Física) - Programa de Pós-Graduação Polo 04: IFAM/UFAM. Disponível em: <https://tinyurl.com/7bm8kh9v>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2022a). O pensamento computacional como objeto de estudo na formação inicial de professores em pesquisas de doutorado: uma revisão sistemática. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, 2(22):e13692–e13692. Disponível em: <https://tinyurl.com/3rcvu8mf>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2022b). *Pensamento Computacional: Uma revisão sistemática da literatura sobre a formação inicial de professores.*, volume 2. e-Publicar, Rio de Janeiro, In: Cristiana Barcelos da Silva, Glaucio Martins da Silva Bandeira, Patrícia Gonçalves de Freitas (Org.). Diálogos em educação: olhares multidisciplinares sobre a aprendizagem. edition. Disponível em: <https://tinyurl.com/yyxxp8hd>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2022c). Pensamiento computacional: Reflexiones sobre la formación inicial docente en brasil. In *Memorias del Seminario Iberoamericano de Pensamiento Computacional*. México: Xalapa – Veracruz. SIPECO. Disponível em: <https://tinyurl.com/4aj7z3e4>. Acesso em: 08 de mar. 2024.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2023a). Computação física: Uma proposta de livro para a formação de professores utilizando arduino e pictoblox. In *XII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (CBIE)*. *Workshop de Informática na Escola (WIE)*. Passo Fundo - RS. SBC. Disponível em: <http://tinyurl.com/vd2dnyvp>. Acesso em: 19 de dez. 2023.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2023b). Pensamiento computacional: Reflexiones sobre la formación inicial docente en brasil. In AmexComp, editor, *Pensamiento Computacional en Iberoamérica*. Academia Mexicana de Computación. Disponível em: <https://tinyurl.com/4aj7z3e4>. Acesso em: 08 de mar. 2024.
- CSforALL (2016). About Computer Science for All. Disponível em: <https://tinyurl.com/6f4e77wj>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., and Wollard, J. (2015). Computational thinking-a guide for teachers. Disponível em:

- <https://bit.ly/43MYp52>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- CSTA-ISTE (2011). Computational Thinking - Teacher resources. 2a. ed. Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE). Disponível em: <https://bit.ly/3qsKmDo>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Cuny, J., Snyder, L., and Wing, J. M. (2010). Demystifying computational thinking for non-computer scientists. *Unpublished manuscript in progress, referenced in:* <https://bit.ly/2jUgWs1>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- Cutumisu, M., Adams, C., and Lu, C. (2019). A scoping review of empirical research on recent computational thinking assessments. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6):651–676. Disponível em: <https://tinyurl.com/2p83uy9d>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- da Costa, J. F. and Camargo, S. (2022). O pensamento computacional como estratégia na formação inicial de professores: Um novo desgin de ensino e de aprendizagem em física e matemática. In *XII Workshop e a II Escola de Verão do PPGECM/UFPR*. Disponível em: <https://tinyurl.com/mw44ruwb>. Acesso em: 23 out. 2023.
- de Jesus, Â. M., Frango Silveira, I., and de Lima Palanch, W. B. (2019). Desenvolvimento do pensamento computacional por meio da colaboração: uma revisão sistemática da literatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 27(2). Disponível em: <https://tinyurl.com/4h7mtvee>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- de Oliveira, A. M. D., Barreto, G. V., and Viana, F. R. (2021). A formação docente acerca do pensamento computacional na perspectiva da educação inclusiva: Um estudo sobre os espaços de discussão no brasil. In *Anais do XXIX Workshop sobre Educação em Computação*, pages 198–207. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/2c6mcrfb>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- de Souza, I. M. L., da Silva Rodrigues, R., and Andrade, W. (2016a). Explorando robótica com pensamento computacional no ensino médio: Um estudo sobre seus efeitos na educação. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 27, page 490. Disponível em: <https://tinyurl.com/2r7d6kk5>. Acesso em: 23 out. 2023.
- de Souza, I. M. L., da Silva Rodrigues, R., and Andrade, W. (2016b). Introdução do pensamento computacional na formação docente para ensino de robótica educacional. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, volume 5, page 1265. Disponível em: <https://tinyurl.com/4kezhkfp>. Acesso em: 23 out. 2023.
- de Souza, I. M. L., de Andrade Andrade, W. L., and Sampaio, L. S. C. (2021). Aplicações da robótica educacional para o desenvolvimento do pensamento computacional no contexto do ensino médio integral. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 44–54. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/565mffjp>. Acesso em: 02 de nov. 2023.
- Eloy, A. A. d. S., Lopes, R. d. D., and Angelo, I. M. (2017). Uso do scratch no brasil com objetivos educacionais: uma revisão sistemática. *RENOTE. Revista Novas Tecnologias na Educação*, 15:1–10. Disponível em: <http://tinyurl.com/bdef24th>. Acesso em: 23 out. 2023.

- França, R. S. d., Silva, W. C. d., and Amaral, H. J. C. d. (2013). Despertando o interesse pela ciência da computação: Práticas na educação básica. In *Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education*, volume 8, pages 282–286. Disponível em: <https://tinyurl.com/39teyz73>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Gouws, L. A., Bradshaw, K., and Wentworth, P. (2013). Computational thinking in educational activities: an evaluation of the educational game light-bot. In *Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education*, pages 10–15. Disponível em: <https://tinyurl.com/4x8ppa34>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Grover, S. and Pea, R. (2013). Computational thinking in k–12: A review of the state of the field. *Educational researcher*, 42(1):38–43. Disponível em: <https://bit.ly/3MSPYmr>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Grover, S., Pea, R., and Cooper, S. (2015). Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer science education*, 25(2):199–237. Disponível em: <https://tinyurl.com/2dmv478t>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Guarda, G. F. and da Silva Pinto, S. C. C. (2021). O uso dos jogos digitais educacionais no processo no ensino-aprendizagem com ênfase nas habilidades do pensamento computacional: experiências no ensino fundamental. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 17(37):1–35. Disponível em: <https://tinyurl.com/4xc8uy32>. Acesso em: 06 de jun. 2023.
- Kitchenham, B. A. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering. Disponível em: <https://bit.ly/3FmkUIK>. Acesso em: 07 fev. 2022.
- Kologeski, A. L., Silva, C. G., Barbosa, D. N. F., Mattos, R. R., and Miorelli, S. T. (2016). Desenvolvendo o raciocínio lógico e o pensamento computacional: experiências no contexto do projeto logicando. *RENOTE*, 14(2). Disponível em: <https://tinyurl.com/mr3atwa2>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Liukas, L. (2015). *Hello Ruby: adventures in coding*, volume 1. Macmillan.
- Moura, R., Santos, F., Sousa, A., Silva, J. A., and França, R. S. (2021). Explorando o pensamento computacional em salas de aulas de ciências. In *Anais Estendidos do I Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 33–34. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/2sve9ky9>. Acesso em: 02 de nov. 2023.
- Natucci, G. C. and Borges, M. A. (2020). Thinktank: Um jogo construtivista para ensino de pensamento computacional. *Comunicações em Informática*, 4(2):12–15. Disponível em: <https://tinyurl.com/2a9mm73v>. Acesso em: 19 de dez. 2023.
- Papert, S., Solomon, C., Soloway, E., and Spohrer, J. (1971). Twenty things to do with a computer. *Studying the novice programmer*, pages 3–28. Disponível em: <https://tinyurl.com/9m8k9pm3>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Román-Gonzalez, M., Pérez-González, J. C., and Jiménez-Fernández, C. (2015). Test de pensamiento computacional: diseño y psicometría general. In *Iii congreso inter-*

- nacional sobre aprendizaje, innovación y competitividad (CINAIC 2015)*, pages 1–6. Disponível em: <https://tinyurl.com/39ffpbpe>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Rosa, R. N. d. (2019). Uso do arduino para o ensino de automação e programação com base no pensamento computacional e aprendizagem significativa. Disponível em: <https://tinyurl.com/wwepmvx>. Acesso em: 02 de nov. 2023.
- Santana, B. L., Chavez, C. v. F. G., and Bittencourt, R. A. (2021). Uma definição operacional para pensamento computacional. In *Anais do Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 93–103. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/4fuuc5mc>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Santos, P. S., Araujo, L. G. J., and Bittencourt, R. A. (2018). A mapping study of computational thinking and programming in brazilian k-12 education. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, pages 1–8. IEEE. Disponível em: <https://tinyurl.com/4eu4ft5d>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- SBC (2017). Referenciais de Formação em Computação: Educação Básica. Disponível em: <https://tinyurl.com/4zshvn6y>. Acesso em: 19 de jun. 2023.
- Schorr, M. C. (2020). *Pcomp-Model: Desenvolvendo o Pensamento Computacional na Educação Básica para Auxiliar na Aprendizagem de Algoritmos e Programação do Ensino Superior. Orientador: Profa. Dra. Magda Bercht. 2020. 189 f.* PhD thesis, Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Programa de Pós-Graduação em Informática na educação do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n777579>. Acesso em: 02 de nov. 2023.
- Schuhmacher, E. and Schuhmacher, V. R. N. (2017). Pensamento computacional, robótica educativa e aprendizagem significativa: a competência do sujeito invisível. In *IV World Congress on Systems Engineering and Information Technology*. Disponível em: <https://tinyurl.com/39m6e3uu>. Acesso em: 02 de nov. 2023.
- Selby, C. and Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition. Disponível em: <https://tinyurl.com/36j3udaf>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.
- Souza, I. M. L. d. et al. (2019). Aplicações da robótica educacional para o desenvolvimento do pensamento computacional no contexto da educação básica. Disponível em: <https://tinyurl.com/39jxtzkk>. Acesso em: 02 de nov. 2023.
- Viel, F., Raabe, A., and Zeferino, C. (2014). Introdução à programação e à implementação de processadores por estudantes do ensino médio. In *Anais do Workshop de Informática na Escola*, volume 20, pages 248–257. Disponível em: <https://tinyurl.com/ywpm8m38>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35. Disponível em: <https://tinyurl.com/8rvzjktv>. Acesso em: 19 de jan. 2024.
- Zanetti, H., Borges, M., and Ricarte, I. (2016). Pensamento computacional no ensino de programação: Uma revisão sistemática da literatura brasileira. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 27, page 21. Disponível: <https://tinyurl.com/2saf5vwr>. Acesso em: 19 de jun. de 2023.

Zhong, B., Wang, Q., Chen, J., and Li, Y. (2016). An exploration of three-dimensional integrated assessment for computational thinking. *Journal of Educational Computing Research*, 53(4):562–590. Disponível em: <https://tinyurl.com/yc35ub3h>. Acesso em: 19 de jan. 2024.