

# Um Mapeamento Sistemático da Literatura sobre Pensamento Computacional na Perspectiva dos Fundamentos Teóricos de Aprendizagem

Julian Mubarak Garcia, Roberto A. Bittencourt  
julian.mubarak@gmail.com, roberto@uefs.br  
UEFS – Universidade Estadual de Feira de Santana

## RESUMO

Há uma oferta crescente de formação em pensamento computacional (PC) para estudantes da educação básica devido ao potencial que o domínio de competências em PC traz para a formação de estudantes e profissionais do Século XXI. Conforme o ensino do PC se dissemina pelo mundo, é crescente a preocupação de professores e pesquisadores da área da educação em computação com a eficácia do processo de ensino e aprendizagem dos estudantes. Entretanto, neste contexto, muitas abordagens propostas costumam se preocupar mais com as tecnologias e linguagens do que com os fundamentos teóricos de aprendizagem por trás das abordagens propostas. Sendo assim, faz-se necessária uma visão sistêmica de como os referidos fundamentos têm impactado no ato de ensinar e aprender PC. Assim, este trabalho objetivou realizar um mapeamento sistemático da literatura (MSL) das evidências sobre a utilização destes fundamentos no contexto da formação em PC na educação básica, revelando uma carência neste sentido.

## CCS CONCEPTS

• **Social and professional topics** → Computing education.

## PALAVRAS-CHAVE

Pensamento Computacional, Educação Básica, Fundamentos Teóricos de Aprendizagem.

## 1 INTRODUÇÃO

O pensamento computacional, da tradução da expressão inglesa *Computational Thinking*, é um conjunto de habilidades baseado na prática de profissionais de Ciência da Computação. O termo foi popularizado por Jeanette Wing no ano de 2006, onde ela argumentou que o modo como os cientistas da computação pensam é útil para outros contextos [67]. Wing alavancou discussões sobre a educação em computação nas escolas do mundo todo, entendendo o PC como um processo metodológico para resolução de problemas, projeto de sistemas e compreensão do comportamento humano norteado por perspectivas fundamentais da Ciência da Computação. De acordo com Blikstein[4], o desenvolvimento do PC traz competências e habilidades aos seres humanos essenciais para a cidadania. O PC é

uma habilidade que qualquer pessoa deveria saber, independente de sua área de conhecimento ou atividade profissional, assim como saber ler, escrever e calcular [8].

Por outro lado, segundo Santos et al.[57], no ensino de computação parece haver uma falta de preocupação com os fundamentos pedagógicos, o que pode comprometer os resultados dos esforços para o ensino do PC. Percebe-se uma preocupação intensa com a forma como a computação é apresentada, mas há pouca preocupação se a abordagem usada é eficaz para o aprendizado. Há uma grande quantidade de trabalhos acadêmicos na área de PC na escola que não mencionam suas bases teóricas nem fazem menção a algum fundamento teórico de aprendizagem específico.

Uma forma de catalogar os trabalhos sobre o ensino de PC associados a fundamentos teóricos de aprendizagem seria um estudo de Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL). Existem estudos na área da educação em PC que fazem mapeamentos sistemáticos sobre o ensino do PC no ensino fundamental, porém com restrita referência aos fundamentos teóricos, sendo mais enfatizadas as ferramentas para o desenvolvimento do PC, linguagens de programação e abordagens sobre a avaliação de PC [16, 57, 66].

Zanetti et al.[70] fazem uma revisão sistemática de literatura com ênfase no ensino de programação de computadores utilizando o PC, destacando-se as práticas pedagógicas, entretanto sem referências a possíveis fundamentos teóricos. Em outra revisão sistemática, Carvalho et al.[11] objetivam destacar os principais objetos de aprendizagem para o desenvolvimento do PC, todavia sem fazer considerações sobre possíveis fundamentos teóricos utilizados. Bordini et al.[6] trazem uma série de projetos na área de PC, descrevendo, através de um mapeamento, as estratégias de ensino de PC para o ensino fundamental e médio no Brasil.

Percebe-se, portanto, uma lacuna em relação a como os fundamentos teóricos para a aprendizagem são utilizados para fomentar intervenções para o desenvolvimento concreto do PC. Nesta perspectiva, este trabalho tem o objetivo de trazer uma visão mais ampla sobre as abordagens teóricas que apoiam o desenvolvimento de competências relacionadas ao PC a partir de um MSL.

Este artigo procura responder às seguintes questões de pesquisa:

- (1) Quais são os fundamentos teóricos de aprendizagem mais e menos utilizados para apoiar os trabalhos de fomento ao desenvolvimento do PC na educação básica?
- (2) Como os fundamentos teóricos de aprendizagem são associados aos conceitos de PC?
- (3) Como os fundamentos teóricos de aprendizagem são associados às habilidades de PC?
- (4) Quais os contextos metodológicos mais utilizados em função dos fundamentos teóricos de aprendizagem?

Fica permitido ao(s) autor(es) ou a terceiros a reprodução ou distribuição, em parte ou no todo, do material extraído dessa obra, de forma verbatim, adaptada ou remixada, bem como a criação ou produção a partir do conteúdo dessa obra, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos os devidos créditos à criação original, sob os termos da licença CC BY-NC 4.0.

*EduComp'23, Abril 24-29, 2023, Recife, Pernambuco, Brasil (On-line)*

© 2023 Copyright mantido pelo(s) autor(es). Direitos de publicação licenciados à Sociedade Brasileira de Computação (SBC).

- (5) Quais os fundamentos teóricos de aprendizagem mais utilizados por etapa escolar?
- (6) Quais as ferramentas mais utilizadas em associação com os fundamentos teóricos de aprendizagem?

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta sessão apresenta os principais conceitos necessários para a compreensão desta pesquisa.

### 2.1 Pensamento Computacional

A palavra pensamento computacional (PC), do inglês *computational thinking*, foi utilizada em 1990 por Seymour Papert em sua obra "Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas" [43]. O termo volta a receber atenção da comunidade em 2006 quando Jeannette M. Wing publicou um artigo na revista "Communications of the ACM", tornando-se este uma referência sobre a definição de pensamento computacional, popularizando o termo [67].

É caracterizado por Wing como habilidade intelectual básica para o ser humano, como ler, falar, escrever e fazer operações aritméticas. Traz a capacidade de resolução de problemas, projeto de sistemas e a compreensão do comportamento humano através de pensamentos recursivos e processamentos paralelos, permitindo diminuir a complexidade de tarefas através da abstração e decomposição. De acordo com Brennan and Resnick[9], as competências do PC para os alunos são colocados em três dimensões: 1. conceitos computacionais, 2. práticas computacionais e 3. perspectivas computacionais.

Ainda Selby and Woollard[59] trazem considerações sobre as habilidades decorrentes do PC como a abstração, decomposição, o pensamento algorítmico, a avaliação e a generalização, destacando-se a avaliação, que seria a comparação de opções para a escolha de recursos para serem utilizados na resolução de problemas, e a generalização, que seria a capacidade de agregar padrões reconhecidamente comuns e utilizá-los na resolução de problemas similares.

### 2.2 Fundamentos Teóricos de Aprendizagem

Existem inúmeros estudos sobre a aprendizagem, suas concepções em teorias chamadas também de correntes epistemológicas [39], em virtude do caráter investigativo sobre a natureza do conhecimento.

Os princípios da abordagem sociointeracionista foram desenvolvidos por Lev Vygotsky[64]. Sua teoria deixou várias heranças, como a interação social, a linguagem como ferramenta cultural, a importância dos recursos naturais do ambiente e a interação docente-discente, ressaltando a importância das interações sociais no processo de aprendizagem [38].

Outra teoria é a cognitivista de Jean Piaget, que explica o desenvolvimento do cognitivo do ser humano. A teoria piagetiana prega que o ser humano não nasce com o sistema cognitivo pronto e o constrói mediante relações com o meio físico e social, através de ações do próprio sujeito [41].

A teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget é criticada por neopiagetianos que apontam que ela não contempla a variabilidade presente nas pessoas, sendo necessárias novas concepções sobre habilidades cognitivas. Nesse sentido, Fischer[20] apresenta a Teoria da Habilidade, na qual o processo construtivo do conhecimento se dá

pelo desenvolvimento de habilidades específicas contextualizadas, considerando o Princípio da Especificidade de Domínio.

O construcionismo parte do construtivismo de Piaget que olha a criança como uma construtora das suas estruturas cognitivas, em interação com o mundo. Papert[45], sem pretender negar o valor da instrução em si mesma, mas reconhecendo que cada ato de ensino priva uma oportunidade de descoberta, sugere que a atitude construcionista seja minimalista, que tente obter o máximo de aprendizagem a partir de um mínimo de ensino. Por outro lado, Papert classifica o uso educacional típico do computador pela filosofia instrucionista [44], que se fundamenta no princípio de que a ação de ensinar é fortemente relacionada com a instrução ao aluno, buscando o seu aperfeiçoamento.

Para Ausubel[1], a sua teoria da aprendizagem significativa ressalta a integração do material de ensino à estrutura cognitiva por intermédio de uma estrutura hierárquica de conceitos que ancoram novos conceitos adquiridos. Segundo Ausubel et al.[2], a aprendizagem significativa ocorre quando se pressupõe a disposição por parte do aluno em relacionar o material a ser aprendido de modo substantivo e não arbitrário à sua estrutura cognitiva.

No viés da psicologia comportamental, encontra-se o comportamentalismo ou o behaviorismo, cujo objeto de estudo é o comportamento humano. De acordo com esta teoria de Skinner[60], para que seja possível contribuir com as práticas de ensino, faz-se necessário estudar o comportamento humano por meio de uma análise experimental para que sejam identificados princípios do comportamento que permitam a proposição e aplicação de práticas de ensino eficientes e eficazes.

Já o cognitivismo nasce da proposição de que o conhecimento é construído, de que a ênfase está no ato de conhecer, na cognição do aprendiz [36]. A psicologia cognitiva tem o foco nos "processos centrais" do indivíduo, tais como: organização do conhecimento, processamento de informações, estilos de pensamento e comportamentos associados à tomada de decisões, aspectos esses que dificilmente são observáveis [32].

Segundo Mihaly Csikszentmihalyi[15], a sua Teoria do Fluxo (*Flow Theory*) explica que quando os indivíduos apresentam estados mentais ótimos, ocorre a felicidade. Estes estados são caracterizados pela circunstância de concentração total, onde o indivíduo nem percebe o passar do tempo e tem uma motivação para executar determinada tarefa e, nestas condições, pode atingir o chamado estado de "fluxo".

Neste contexto, é também importante destacar as taxonomias de aprendizagem, que nos conduzem a sistemas de classificação da aprendizagem. Como exemplo, Benjamin Bloom e um grupo de pesquisadores, dedicaram-se ao estudo da psicologia e à tarefa de classificar os objetivos educacionais hierarquicamente, desenvolvendo um método para a organização da aprendizagem [5] conhecida como taxonomia de Bloom. Outro exemplo é a taxonomia SOLO (*Structure of Observed Learning Outcomes*) que foi desenvolvida pelo pesquisadores Biggs and Collis[3], e trás um modelo para o desenvolvimento cognitivo, fornecendo aporte teórico e prático para a construção de ferramentas e estratégias para os processos de ensino e aprendizagem, classificando os resultados da aprendizagem em termos de complexidade e permitindo avaliar o trabalho dos alunos em matéria de qualidade.

## 2.3 Trabalhos Relacionados

Estudos recentes relacionam o interesse pela educação em ciência da computação com ênfase na aprendizagem do PC e nas ferramentas de fomento ao PC, através de estudos de métodos para eficácia do processo em si. Já os estudos sobre fundamentos teóricos são mais comuns no contexto mais amplo de educação em computação do que no de PC.

Szabo et al.[61] buscaram identificar e examinar na literatura existente as teorias de aprendizagem no domínio do ensino em ciência da computação, identificando formas de organizar e relações entre essas áreas de pesquisa através de uma tabela periódica.

Malmi et al.[30], a partir de uma seleção substancial e análise de literatura de pesquisa em educação em computação, identificam construtos teóricos de aprendizagem, constatando o desenvolvimento de teorias de aprendizagem específicas para a ciência da computação, complementando as teorias gerais de aprendizagem, porém ressaltam que 91% deles não fazem referência a construtos teóricos para a aprendizagem mas salientam que foram identificados 65 novos construtos teóricos.

Kalelioglu et al.[26] fazem uma revisão sistemática de pesquisas com intuito de trazer definições abrangentes sobre o PC a fim de definir metas de aprendizagem para o desenvolvimento dos alunos, utilizando a própria estrutura do PC e ressaltando que poucos artigos fazem referências à fundamentos teóricos de aprendizagem.

## 3 METODOLOGIA

Para este estudo, foi seguido um processo de Mapeamento Sistemático de Literatura (MSL), uma metodologia de pesquisa bibliográfica que descreve um processo de investigação baseado em evidências, similar a uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL). Para Kitchenham and Charters[29] a RSL tem objetivo de estabelecer um estado de evidência além de categorizações, buscando identificar práticas com base em evidências empíricas, buscando responder a questões mais específicas. O MSL não tem este objetivo pois não há profundidade suficiente sobre os estudos, sendo o objetivo principal a classificação da literatura conforme esquemas, fazendo agregações, realizando análises temáticas selecionadas, buscando responder questões mais amplas [47].

As etapas necessárias para um MSL são: definir as questões de pesquisa, escolher estratégias de busca, definir critérios de seleção de estudos primários, extrair os dados, e sumarizar, agregar e interpretar os resultados. A Figura 1 mostra o modelo de referência com as etapas para o processo de MSL.

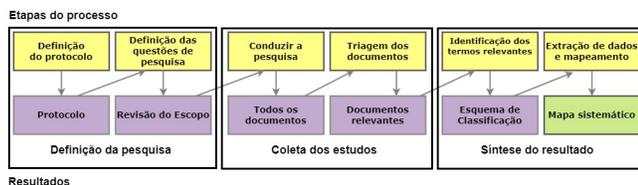


Figura 1: Etapas do MSL conforme Petersen.

## 3.1 Estratégias de Busca

A busca de publicações nas bases bibliográficas na base digital ACM Digital Library<sup>1</sup> e na base Scopus<sup>2</sup>, que indexa as publicações da Elsevier, Springer, ACM e IEEE, sendo esta relevante para a área de computação e educação.

Para as referidas buscas, definiu-se uma *string* de busca, que é uma proposição lógica que contém as palavras-chave sobre o tema pesquisado e operadores lógicos que juntos estabelecem um filtro para seleção dos estudos. Esta string passou por 9 refinamentos até se chegar à *string* final, a fim de que ela permitisse a busca de estudos primários mais relevantes à investigação. A *string* de busca final é apresentada a seguir.

```
"computational thinking" AND
("learning theory" OR "learning theories" OR
"learning conception" OR "learning conceptions" OR
"learning model" OR "learning models" OR
piaget OR papert OR ausubel OR vygotsky OR skinner OR
cognitivism OR constructivism OR constructionism OR
behaviorism OR "meaningful learning" ) AND
("elementary school" OR "middle school"
OR "high school" OR "K-12")
```

## 3.2 Critérios de Inclusão e Exclusão

Para o processo de seleção dos estudos da RSL, foram definidos os seguintes critérios de inclusão:

- (1) Artigo publicado nos últimos seis anos, de 2016 até 2021;
- (2) Estudo primário;
- (3) Artigo apresenta conteúdo que aborda o desenvolvimento de PC com referências às teorias de aprendizagem.

Os critérios de exclusão definidos foram:

- (1) Artigo duplicado;
- (2) Artigo não está em inglês;
- (3) Estudo secundário ou terciário;
- (4) Tese ou dissertação;
- (5) Artigo não tem foco em PC;
- (6) Artigo não traz referências às teorias de aprendizagem;
- (7) É um livro;
- (8) Artigo resumido com até duas páginas.

## 3.3 Busca de Publicações

A busca por publicações se deu em dois momentos distintos. O primeiro momento da busca pelas publicações foi em 15 de maio de 2021. Na ocasião, foi feita a busca na base ACM Digital Library (ACM DL), através da execução da *string* de busca com o retorno de 439 publicações. Foram observadas que 10 publicações eram duplicadas, 27 publicações estavam indisponíveis para *download* e que oito publicações estavam inacessíveis por causa do nome muito extenso do arquivo. Em decorrência disso, houve um corte de 45 publicações, reduzindo a amostra desta base para 394 publicações. No segundo momento, dedicado às buscas de publicações na base Scopus, ocorreu em 26 de outubro de 2021. Nesta busca, obtiveram-se 1454 publicações. Foram observadas 27 publicações duplicadas e 46 publicações inacessíveis. Assim sendo, houve um corte de 73

<sup>1</sup><https://dl.acm.org>

<sup>2</sup><https://www.scopus.com>

publicações, reduzindo a amostra desta base para 1381 publicações. Por fim, a amostra final, resultante das buscas nas duas bases, ficou com 1775 publicações.

### 3.4 Seleção de Publicações

Na amostra oriunda da base ACM DL, a seleção foi feita através da leitura dos títulos, resumos, palavras-chave e de uma apreciação superficial do texto completo pelo pesquisador principal e por um pesquisador assistente, de forma independente, utilizando os critérios de inclusão e exclusão. Foram 44 publicações aceitas pelo pesquisador principal e 144 publicações aceitas pelo pesquisador assistente. Sendo assim, um desempate foi necessário para resolução das divergências entre as escolhas dos dois pesquisadores, tendo ocorrido 30 aceites coincidentes e 114 divergentes. Foi feita uma reunião entre os pesquisadores para o desempate, levando a uma seleção de 55 publicações da base ACM Digital Library. A seleção das publicações oriundas da base Scopus ocorreu usando o mesmo modo de leitura e critérios de inclusão e exclusão pelos quais as publicações da ACM DL foram selecionadas, levando a uma seleção de 132 publicações.

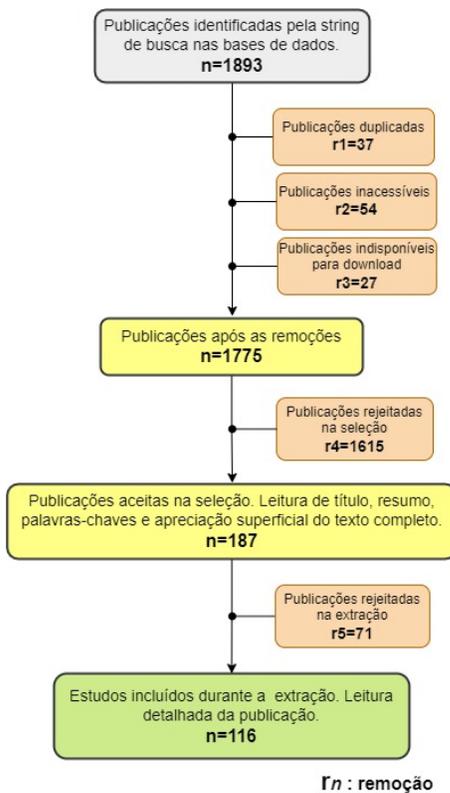


Figura 2: Fluxograma do processo do MSL

Observa-se que, dos 1893 estudos (439 da ACM DL e 1454 da Scopus) do total original, após as remoções, leituras, rejeições e aceites, conforme os critérios definidos, foram selecionados 187 estudos para compor a amostra para a fase de extração. Na Figura 2, é ilustrado o fluxograma do MSL que já integra os procedimentos

envolvendo as duas bases. A gestão do processo de MSL foi realizada com o auxílio do software gratuito StArt.

### 3.5 Extração de Dados

Nesta fase, foi feita uma leitura detalhada do texto integral das 187 publicações incluídos na fase de seleção, reaplicando os critérios de inclusão e exclusão, gerando uma amostra final com 116 publicações<sup>3</sup> conforme mostrado na Figura 2. Estes estudos, à medida em que eram aceites, tinham os dados de interesse para a pesquisa extraídos, os quais eram lançados em um formulário de extração de dados no software StArt, sendo construído assim um repositório de dados para as análises.

**3.5.1 Estrutura para classificação.** Alguns eixos de interesse foram considerados essenciais e subsidiaram as sumarizações, classificações, agregações e a interpretação dos resultados. Para tanto, foi definida uma estrutura para a extração dos dados, implementada como um formulário na ferramenta StArt, cujas categorias são apresentadas na Tabela 1. Ressalto que as categorias de Tipo de veículo, veículo, profundidade do artigo e natureza do artigo foram de escolha única enquanto as demais foram de múltipla escolha. Esta estrutura foi remodelada conforme a evolução da pesquisa em virtude do surgimento de novos elementos de interesse nas leituras.

Algumas categorias de interesse, tidas como **essenciais** no contexto desta pesquisa, são apresentadas na Tabela 1 nas categorias numeradas de 4 a 8. Estas categorias são: **fundamentos teóricos de aprendizagem, taxonomias de aprendizagem, etapas escolares, conceitos de PC** conforme Brennan and Resnick[9] e as **habilidades de PC** conforme Selby and Woollard[59]. Ressalte-se que as taxonomias de aprendizagem também são fundamentos teóricos de aprendizagem estando em linhas separadas na tabela por um reagrupamento conceitual. Para Os fundamentos teóricos de interesse, considerou-se as correntes mais contemporâneas que contemplam a complexidade do processo de ensino e aprendizagem, sendo: **o sociointeracionismo, o construtivismo, o construcionismo, o instrucionismo, a aprendizagem significativa, o behaviorismo, cognitivismo, conectivismo, teoria neopiagetiana e teoria do fluxo**. As taxonomias consideradas de interesse para esta pesquisa foram de **Bloom, SOLO, Bepalko, Matrix, Abstract Transition, Marzano & Kendall, Ennis, Engajamento e Neobloomiana**.

Para os conceitos de PC, foram considerados os estabelecidos pelo *framework* de Brennan and Resnick[9], que são: **seqüências, loops, eventos, paralelismo, condicionais, operadores e dados**. Para as habilidades de PC, foram consideradas as definidas por Selby and Woollard[59], que são: **Abstração, Decomposição, Pensamento algorítmico, Avaliação, Generalização**.

Outras classificações foram importantes para a caracterização dos estudos da amostra. O **contexto metodológico** do estudo, a **natureza** da pesquisa, as **ferramentas** que apoiaram os estudos e a **profundidade** do ponto de vista desta investigação.

No caso da profundidade dos estudos, se o estudo fosse considerado **superficial**, é por que ele poderia até tratar de forma satisfatória as competências em PC, o que não era incomum, ou até mesmo tratar satisfatoriamente os fundamentos teóricos de

<sup>3</sup>Disponível em <https://sites.google.com/view/educomp2023mslpciteoria>.

**Tabela 1: Categorias para a classificação dos estudos.**

n..	Descrição	Tipos
1	<b>Tipo de veículo</b>	Evento, Periódico
2	<b>Veículo</b>	Siglas dos veículos
3	<b>País</b>	Estados Unidos, Suíça, Brasil, dentre outros
4	<b>Etapa escolar</b>	Pré-escola, Ensino Fundamental I, Ensino Fundamental II, Ensino Médio
5	<b>Fundamento teórico de aprendizagem</b>	Sociointeracionismo, Construtivismo, Construcionismo, Instrucionismo, Aprendizagem Significativa, Behaviorismo, Cognitivismo, Conectivismo, Neopiagetiana, Teoria do Fluxo
6	<b>Taxonomia de aprendizagem</b>	Bloom, Solo, Bepalko, Matrix, Abstract Transition, Marzano e Kendal, Ennis, Engajamento, Neobloomiana
7	<b>Conceito de PC</b>	Seqüências, Loops, Eventos, Paralelismo, Condicionais, Operadores, Dados
8	<b>Habilidade de PC</b>	Abstração, Decomposição, Pensamento Algorítmico, Avaliação, Generalização
9	<b>Contexto metodológico</b>	Tradicional, Robótica, Jogos, Hardware, Desplugada, Animações ou Histórias
11	<b>Profundidade da abordagem</b>	Superficial, Mediana, Forte
12	<b>Natureza do artigo</b>	Artigo de opinião, Estudo de Caso, Experimento/Quase Experimento, Pesquisa-Ação, Proposta de Solução, Relato de Experiência
13	<b>Ferramenta</b>	Agent Cubes, Scratch, App Inventor, Alice, Kodu, Blockly, Code.org, Arduino, Lego, CS Unplugged, Open Roberta, Micro:bit, GreenFoot, Logo, La Playa, NetLogo, Net-Tango, Pseudo Code, Python, Outras

aprendizagem, mas com vaga discussão conjunta, ocorrendo às vezes uma única ocorrência de palavras que representassem alguma categoria dessas. Se fosse considerado **mediano**, é por que foi apresentada boa discussão envolvendo essas duas categorias de interesse, geralmente dedicando um parágrafo razoável e fazendo algumas referências dessas categorias no corpo da publicação para resgatar relações com o contexto. Se fosse **forte**, havia parágrafos dedicados à discussões abrangentes das categorias dos fundamentos teóricos de aprendizagem, ou seções específicas para este fim, dentro de *frameworks* ou *backgrounds* teóricos do estudo, além do tratamento satisfatório das competências em PC. Também reiterações dos fundamentos teóricos eram feitas em diferentes contextos da publicação, resgatando conceitos e relações e também poderiam estar no resumo ou nas palavras-chave do estudo.

### 3.6 Mapa Sistemático

Os resultados quantitativos da pesquisa foram apresentados na forma de histogramas ou diagramas de distribuição de frequências, que foram elaborados no Excel.

A investigação qualitativa se deu pela análise de artigos que foram selecionados da amostra de estudos desta pesquisa em consonância com as categorias de observação. Com este propósito, os

estudos prioritários para entrarem nesta seleção foram os classificados com profundidade forte, depois, os medianos e, por fim, os superficiais. Foram selecionados 34 estudos, distribuídos por profundidade do estudo; A relação dos estudos por profundidade para a investigação qualitativa é a seguinte:

- (1) **Forte:** Zipitria[71], Salac et al.[54], Fields et al.[19], van Es and Jeuring[63], Franklin et al.[22], Salac et al.[56], Troiano et al.[62], Ng and Cui[40], Mukasheva and Omirzakova[37], Salac et al.[55], Grizioti and Kynigos[23], Butler and Leahy[10], Jiang and Wong[25], Kesler et al.[27], Morales-Urrutia et al.[35], Wong and Cheung[69], Saxena et al.[58], Rijke et al.[52], Borges et al.[7], Pellas and Peroutseas[46];
- (2) **Mediano:** Fowler et al.[21], Kesselbacher and Bollin[28], Petrie[48], Repenning and Basawapatna[51], Mladenović et al.[33], Monteiro et al.[34], Piedade et al.[50], Chongo et al.[12], Díaz-Lauzurica and Moreno-Salinas[17], Grover et al.[24], Sáez-López et al.[53];
- (3) **Superficial:** Feldhausen et al.[18], Merkouris and Choriano-poulos[31], Clarke-Midura et al.[13].

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através do MSL, procurou-se identificar se os fundamentos teóricos da aprendizagem são contemplados em estratégias de ensino para o desenvolvimento do PC, quais são estes fundamentos, e como eles são trabalhados no processo de ensino e aprendizagem.

### 4.1 Panorama Global

Em primeira análise, trazemos uma visão da frequência anual de publicações dos estudos no período de 2016 a 2021, bem como os referidos veículos de publicação (eventos ou periódicos) destes.

Percebe-se que, no período de 2016 (11 estudos, 9,5%) a 2020 (33 estudos, 28,4%), houve um crescimento no número de estudos. Em relação ao ano de 2021 (28 estudos, 24,1%), que contempla somente os primeiros 5 meses deste ano, dado o período em que foram realizadas as buscas nas bases de dados, houve um número expressivo de publicações considerando-se o período analisado. Neste contexto, sugere-se a propensão ao crescimento das publicações no futuro.

Considerando a importância da publicação em eventos e periódicos na área de educação em computação, observamos na Figura 3 que o evento SIGCSE TS (*SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education*) teve o maior número de publicações (13 estudos, 11,2% do total), seguido pelo evento ICER (*ACM International Computing Education Research Conference*), com 7 estudos (6,0% do total). O evento ITiCSE (*ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*) e o periódico IE (*Informatics in Education*) tiveram ambos 5 estudos (4,3% do total). Os veículos que tiveram entre duas e quatro publicações são mostrados na Figura 3 e representam 33 estudos (28,4% do total). Os demais veículos, que foram considerados não relevantes para esta pesquisa ou que tiveram somente uma publicação, foram classificados como "Outros" e totalizam 53 estudos (45,7% do total), o que é bastante significativo em nossa amostra total da pesquisa. Verifica-se uma grande predominância de publicações em eventos (83 estudos, 71,6 % do total) contra os publicados em periódicos (33 estudos, 28,4 %).

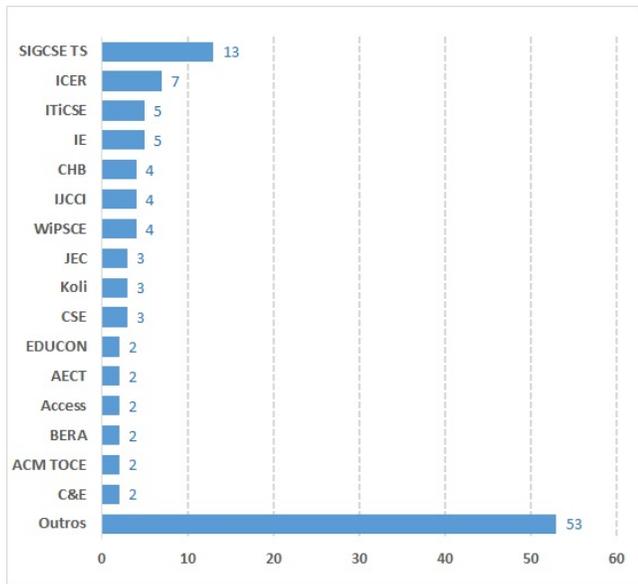


Figura 3: Estudos por veículo

## 4.2 Etapas Escolares

Observamos na Figura 4, que a maioria das pesquisas, mais da metade, ocorreu no Ensino Fundamental I (63 estudos, 54,3%) e no Ensino Fundamental II (34 estudos, 29,3%). Com mediana representatividade tivemos o Ensino Médio (15 estudos, 12,9%) e a menor, na Pré-Escola (5 estudos, 4,3%). Alguns estudos não citaram a etapa escolar a que se referiam (13 estudos, 11,2%), sendo classificados como etapa “Não citada” no gráfico apresentado.

Dentre as vários estudos para o Ensino Fundamental I, ressaltamos um estudo quase experimental que dá atenção aos desafios acadêmicos de pessoas em situação de pobreza, multilíngues, deficientes e alunos com proficiência em leitura e matemática abaixo da média esperada em um curso de PC [54]. O estudo revelou que a estratégia de aprendizagem metacognitiva TIPP&SEE<sup>4</sup>, baseada no construcionismo e utilizando o Scratch, contribui para fornecer oportunidades equitativas, refletindo em desempenho semelhante ao de seus pares no desenvolvimento do PC.

Um outro estudo traz descobertas importantes relativas ao design de jogos desenvolvidos por alunos da 8ª série do Ensino Fundamental [62]. Dentro de uma visão construcionista, traz a criação de artefatos de diversos gêneros de jogos que afetaram de forma distinta o desenvolvimento de habilidades de PC e impactaram as rotinas de programação na ferramenta Scratch.

Na pré-escola, utilizando-se de abordagens desplugadas e pluggadas com estudantes de 3 a 6 anos, um estudo enfatizou em atividades os conceitos de PC [58]. As atividades envolveram o reconhecimento de padrões, sequenciamento e projeto de algoritmos, segundo a teoria de Piaget, estimulando o desempenho dos estudantes com atividades envolvendo os blocos Lego e o robô Bee-Bot e criando uma base para o ensino do PC nesta etapa escolar.

<sup>4</sup>TIPP&SEE: mnemônico - Title, Instructions, Purpose, Play, Sprites, Events, Explore

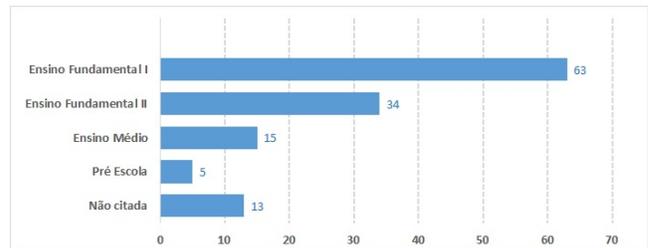


Figura 4: Estudos por etapa escolar

## 4.3 Fundamentos Teóricos

Em relação aos fundamentos teóricos citados nos estudos, fica evidente que o construcionismo (81 estudos, 69,8%) de Papert [42] é a teoria mais mencionada, seguido da teoria construtivista (65 estudos, 56,0%) de Piaget [49] e da teoria sociointeracionista (33 estudos, 28,4%) de Vygotsky [65], como mostrado na Figura 5.

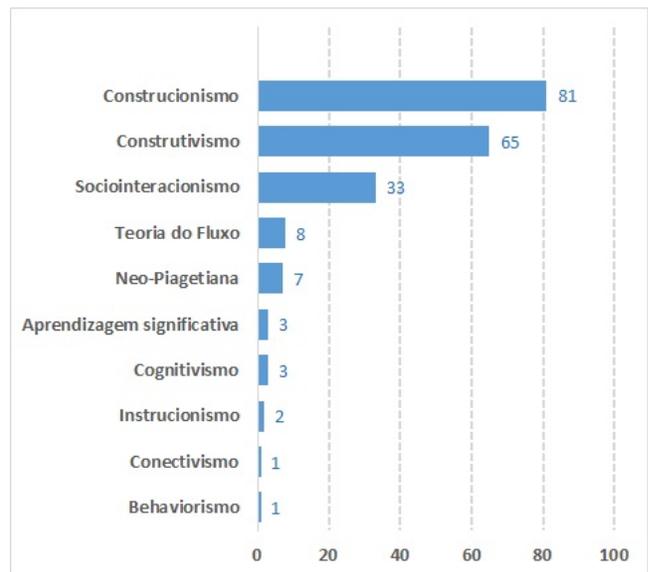


Figura 5: Estudos por fundamento teórico referenciado

Também observamos que a teoria do estado de fluxo (8 estudos, 6,9%) de Mihaly Csikszentmihalyi [14] teve representatividade e que, apesar de não ser uma teoria de aprendizagem, torna-se relevante para se alcançar a aprendizagem.

As teorias Neopiagetianas (7 estudos, 6,0%), que trazem novas concepções para as habilidades cognitivas, como a Teoria da Habilidade de Fischer[20], que complementam a teoria do desenvolvimento cognitivo de Piaget, foram razoavelmente referenciadas nos estudos.

A teoria da aprendizagem significativa (3 estudos, 2,6%), de Ausubel[1], importante ao fortalecer as relações conceituais entre o conhecimento novo e o existente, foi pouco abordada. As teorias menos referenciadas foram o instrucionismo (2 estudos, 1,7%), o conectivismo (1 estudo, 0,9%) e o behaviorismo (1 estudo, 0,9%).

Um dos estudos traz uma análise sobre os artefatos digitais elaborados por alunos de 11 a 13 anos da 5ª e 6ª séries do ensino fundamental para a resolução de problemas matemáticos, desenvolvendo o PC [40]. Através de práticas construcionistas, os estudantes criaram artefatos digitais e tangíveis para executarem uma série de ações físicas, evidenciando empiricamente a integração entre recursos da computação, através do desenvolvimento de conceitos do PC e a resolução de problemas em outras disciplinas.

Já outro estudo enfatiza o ensino do PC com a robótica para alunos do ensino médio com alto grau de apatia ou desmotivação, sendo o processo de ensino e aprendizagem baseado na investigação e resolução de problemas reais e na aprendizagem ativa dos alunos [17]. O estudo teve foco construtivista, promovendo o esforço e a participação ativa do aluno na assimilação e acomodação para a incorporação de novos conhecimentos aos seus conhecimentos prévios, dando ênfase também na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e no socioconstrutivismo de Vygostky, ressaltando a zona do desenvolvimento proximal. Os desafios foram planejados conforme as habilidades dos alunos para manter um alto nível de satisfação baseado-se na teoria do Estado de Fluxo.

Em outro estudo, foi feito um experimento em 2020 com 137 alunos entre 10 e 12 anos do Ensino Fundamental para descobrir se a integração de uma abordagem *mindfulness* para ensinar programação para crianças pode ser benéfico para aumentar os níveis de aprendizagem [35]. Criou-se dois grupos, um com a abordagem *mindfulness* (atenção plena) e outro sem ela, de controle. Foi utilizado um companheiro de aprendizagem chamado Alcodey, fundamentado no construcionismo social que mescla o construcionismo de Papert com o sociointeracionismo de Vygotsky. O experimento revelou que a utilização da abordagem *mindfulness* foi benéfica para a aprendizagem, satisfação e motivação dos alunos.

#### 4.4 Taxonomias de aprendizagem

Considerando que 33 estudos (28,4%) fizeram alguma referência às taxonomias de aprendizagem, evidenciamos que a taxonomia de Bloom [5] foi a mais referenciada (16 estudos, 13,8%) seguida pela taxonomia SOLO (7 estudos, 6,0%) [3]. As demais taxonomias abordadas estiveram presentes em um ou dois artigos conforme a Figura 6.

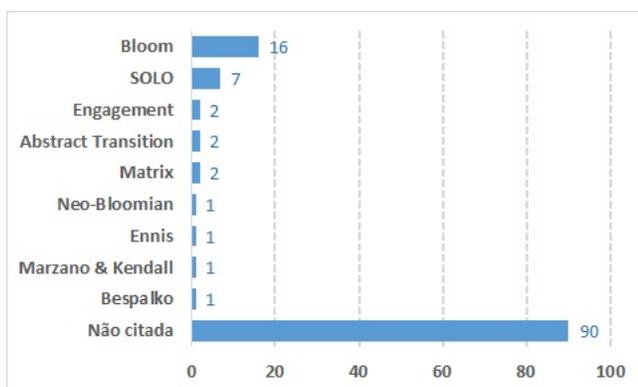


Figura 6: Estudos por taxonomia referenciada

Um estudo traz uma análise de artefatos produzidos no Scratch por 184 alunos com idades entre 9 e 10 anos do Ensino Fundamental buscando diferenças expressivas da aprendizagem com foco nos objetivos educacionais [22]. O enquadramento teórico do estudo se baseia nas seguintes fontes: a zona do desenvolvimento proximal de Vygotsky, a estratégia metacognitiva de aprendizagem TIPP&SEE, a taxonomia de aprendizagem de Bloom e a taxonomia *Matrix*, que constitui uma adaptação à taxonomia de Bloom que trouxe maior ênfase a duas dimensões; a compreensão e a interpretação dos artefatos elaborados pelos alunos.

Já em outro estudo realizado de 2018 a 2020 com 102 alunos da 4ª e 5ª séries do ensino fundamental, utilizando o Scratch, teve como objetivo avaliar o nível do PC, aferindo as habilidades cognitivas no processo de aprendizagem [37]. Os autores escolheram como ferramentas metodológicas as taxonomias educacionais de Bloom, SOLO e Bepalko. A taxonomia de Bloom foi escolhida como base para organizar as habilidades de programação dos alunos com ênfase no nível das habilidades cognitivas, descrevendo características qualitativas de componentes estruturais do pensamento computacional para cada nível de seu desenvolvimento. Já a metodologia de avaliação do desenvolvimento do PC seguiu a taxonomia de Bepalko.

#### 4.5 Conceitos e Habilidades de PC

Em relação à abordagem do PC nos estudos desta pesquisa, enfatizamos os conceitos de PC conforme Brennan and Resnick[9] e as habilidades de PC conforme [59].

Fica demonstrado pela Figura 7 que os três conceitos mais citados, em ordem, foram: **loops** ou estruturas de repetição (88 estudos, 75,9%), **sequências** (87 estudos, 75,0%) e **condicionais** (79 estudos, 79%). Ainda analisando o gráfico citado, os conceitos menos abordados foram, em ordem, **operadores** (29 estudos, 25,0%), **paralelismo** (40 estudos, 34,5%) e **eventos**(53 estudos, 45,7%). Em nossa amostra, seis estudos (5,2%) não abordaram conceitos do PC.

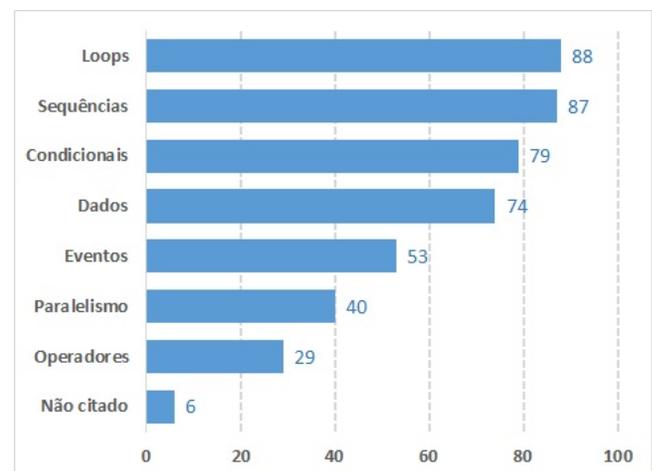


Figura 7: Estudos por conceito de PC referenciado

Um estudo experimental utilizando o Scratch com 184 alunos da 4ª série do Ensino Fundamental, com idades entre 9 e 10 anos, avalia o desempenho dos alunos através da estratégia metacognitiva

TIPP&SEE com foco introdutório nos conceitos do PC de eventos, sequências e loops [56]. Nesta abordagem construcionista, foi constatado que os alunos que utilizaram a estratégia metacognitiva superaram os que não a utilizaram, demonstrando uma compreensão mais elaborada sobre sequências e eventos, assim como na avaliação de loops. Entretanto, os alunos demonstraram fragilidades em paralelismo e estruturas de repetição aninhadas.

Um segundo estudo descreve duas intervenções, elaboradas para faixas etárias diferentes e focadas no PC que foram realizadas de 2016 a 2017 com 214 alunos do 5º ao 8º anos do Ensino Fundamental com foco nos paradigmas da educação construtivista e construcionista [18]. As atividades envolveram a computação desplugada e a construção de algoritmos simples no ambiente Scratch. Percebeu-se ganhos significativos na autoeficácia na programação de computadores mas não na resolução de problemas do cotidiano com as conceitos e habilidades do PC.

As habilidades de PC mais abordadas foram a **abstração** (60 estudos, 51,7%) e a **decomposição** (45 estudos, 38,8%), como aparece na Figura 8. As habilidades de **avaliação** (15 estudos, 12,9%) e **generalização** (22 estudos, 19,0%) foram as que tiveram menos abordagens. Observamos que o conceito de **pensamento algorítmico**, apesar de ser uma estrutura básica bastante utilizada para o desenvolvimento do PC, foi explicitamente abordado em 38 estudos (32,8%). Ressalta-se que 47 estudos (40,5%) não fizeram menção às habilidades do PC.

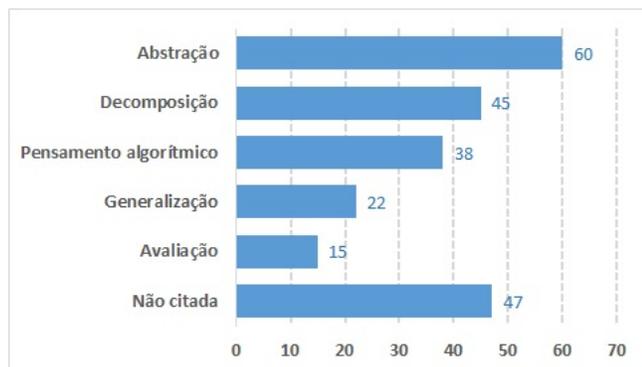


Figura 8: Estudos por habilidade de PC referenciada

Um estudo fez uma pesquisa envolvendo 89 professores do Ensino Fundamental e Médio e buscou identificar de que forma as estratégias pedagógicas construtivistas e instrutivistas refletem-se nos artefatos elaborados pelos alunos [27]. As tarefas foram realizadas utilizando a programação visual com o Scratch, onde foram experimentadas as habilidades do PC de abstração, decomposição, pensamento algorítmico, avaliação e a generalização. O estudo evidenciou que as estratégias construtivistas como o incentivo à aprendizagem por experiência, aprendizagem entre pares e participação ativa do aluno no processo de aprendizagem deram resultados melhores que com os professores com perspectivas instrutivistas, com reflexo no nível das atividades e aprendizagem dos alunos na programação dos artefatos.

Uma outra pesquisa traz um estudo de caso que aborda o uso do pensamento formal em atividades de pensamento computacional

em um projeto de fabricação digital [7]. Foi feito um workshop gratuito durante 15 semanas, com encontros semanais de três horas, com jovens com idade superior a 14 anos. Utilizando a abordagem de desenvolvimento cognitivo de Jean Piaget, pontos de interseção entre o pensamento formal e o PC são apresentados pelas habilidades de generalização, decomposição, manipulação de dados, avaliação contínua e algoritmos, evidenciando-se a contribuição do PC no desenvolvimento do pensamento formal dos participantes.

#### 4.6 Contextos Metodológicos dos Estudos

Em relação aos contextos metodológicos mais utilizados pelos estudos oriundos da seleção desta pesquisa, fica evidenciado, conforme a Figura 9, que o contexto tradicional (58 estudos, 50,0%), aportado por ambientes gráficos de programação, ainda é o mais utilizado, seguido por jogos (41 estudos, 35,3%), seja pela utilização de jogos prontos ou pelo desenvolvimento de jogos. A robótica (28 estudos, 24,1%) e a computação desplugada (27 estudos, 23,3%), que não utiliza ambientes computacionais, aparecem com o mesmo número de estudos. Os contextos com menos ocorrências para o desenvolvimento das atividades para o PC foram os que envolvem os componentes de hardware (10 estudos, 8,6%) e as animações ou histórias (11 estudos, 9,5%).

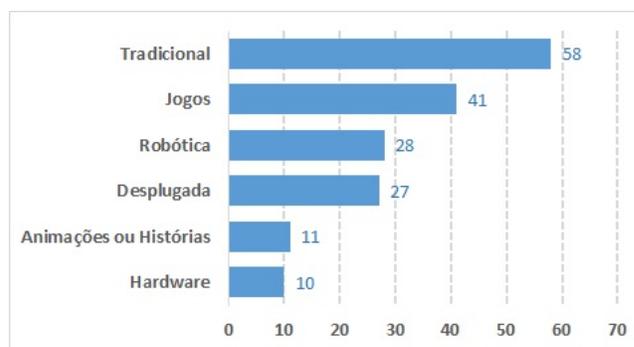


Figura 9: Estudos por contexto metodológico referenciado

Um estudo investigou durante dois anos o entendimento sobre PC de 51 professores em formação do Ensino Fundamental I, que não tinham conhecimento prévio em PC ou programação de computadores, na conclusão de uma especialização em aprendizagem digital [10]. Para trabalhar as habilidades do PC foram utilizadas as ferramentas Scratch, para criação de histórias e jogos, e o Lego WeDo para programação de robôs, além de envolver turmas com crianças de 10 e 11 anos, da 4ª e 5ª séries do Ensino Fundamental I nas atividades.

#### 4.7 Profundidade dos Estudos

Conforme os critérios metodológicos desta pesquisa, 53 estudos (46,9%), a maioria, foram classificados com profundidade mediana. Foram considerados superficiais na abordagem, 37 estudos (32,7%) e fortes, 26 estudos (23,0%), demonstrando espaço para aprofundamentos da temática desta pesquisa.

Um artigo classificado como mediano para esta pesquisa traz evidências sobre os benefícios pedagógicos dos eventos *game jams* para

jovens aprendizes, trazendo boas relações com o desenvolvimento do PC para a execução das atividades porém razoáveis relações com os fundamentos teóricos de aprendizagem [21]. Em uma seção da publicação sobre o ambiente de estudo, em um parágrafo, a abordagem sociointeracionista é apresentada, e a abordagem conectivista, citada devido às relações criadas nos *games* em rede, é mencionada uma vez em outro parágrafo da seção, consistindo desta forma a abordagem nos fundamentos teóricos da aprendizagem no estudo.

Outro artigo, considerado com profundidade superficial, relata uma intervenção da qual participaram 26 alunos do Ensino Fundamental II, com idades entre 14 e 15 anos, em cinemática, utilizando robôs para desenvolver conceitos do PC [31]. As plataformas utilizadas foram o App Inventor Classic, para sessões que envolveram tecnologia móvel, e o Scratch 2 para sessões que envolveram interação corporal, além de Lego MindStorms 3. O estudo traz uma aceitável abordagem do PC em relação aos conceitos, entretanto, em relação aos fundamentos teóricos de aprendizagem, apenas uma referência ao construcionismo como teoria utilizada para avaliação dos resultados da aprendizagem da intervenção, sem profundidade.

Um estudo considerado forte por esta pesquisa, foi uma intervenção que explora a percepção de 358 alunos da 4ª, 5ª e 6ª séries do Ensino Fundamental sobre o desenvolvimento de habilidades do Século 21 através do PC [69]. O currículo proposto especificava 14 aulas, cada uma com 35 minutos, utilizando o Microsoft Kodu e Scratch. Com base no construcionismo, os alunos criaram artefatos na forma de projetos de jogos utilizando o Microsoft Kodu ou o Scratch, a depender da sua série. Os resultados mostraram que os alunos perceberam o impacto significativo do PC em suas competências de aprendizagem relacionadas às habilidades do Século 21. A publicação traz um *framework* teórico dedicado ao construcionismo e ao PC, resgata a teoria quando descreve sobre a intervenção, é referido no resumo do artigo, assim como Papert, e a palavra “construcionismo” faz parte das palavras-chave da publicação.

#### 4.8 Natureza dos Estudos

Quanto à natureza dos estudos, os estudos de caso (72 estudos, 62,1%) foram predominantes, seguidos pelos estudos experimentais ou quase-experimentais (33 estudos, 28,4%) conforme a Figura 10. Estas duas naturezas concentram 90,5% dos estudos da amostra desta pesquisa. Relatos de experiência, propostas de solução, artigos de opinião e de pesquisa-ação, somam 11 estudos (9,5%).

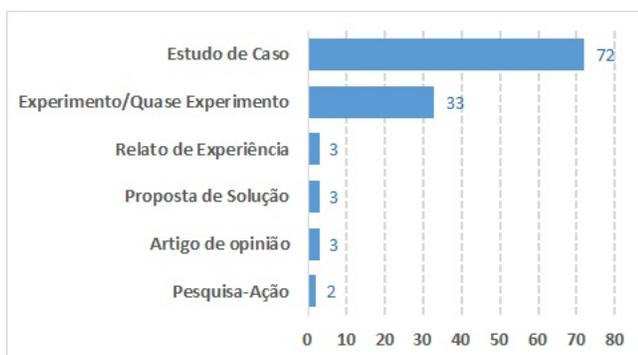


Figura 10: Estudos por natureza da pesquisa

Um artigo examinou, através de um estudo de caso, de que maneira o PC daria suporte aos resultados de aprendizagem na composição musical algorítmica na plataforma Sonic Pi [48]. Participaram do estudo 22 alunos voluntários com idades entre 11 e 12 anos do 8º ano de uma escola de Ensino Fundamental II, através de encontros que tiveram um total de 54 horas. O estudo, com abordagem de métodos mistos, evidencia um avanço na compreensão de como o PC apoia os resultados da aprendizagem interdisciplinar.

Outra pesquisa traz um estudo quase experimental com alunos do 4º ano do Ensino Fundamental I, com idades entre 9 e 10 anos, durante os anos de 2018 e 2019, que explorou as relações entre o ensino de computação e as habilidades de leitura e matemática, comparando os resultados nestas disciplinas [55]. Foi criado um grupo que recebeu instruções de PC e outro pareado que não recebeu as instruções, sendo que foi feita uma análise separada dos alunos com desvantagens econômicas, baixa proficiência em inglês e deficiência. A pesquisa exploratória revela que houve melhorias no desempenho em matemática exceto nos alunos com deficiência, e o desempenho em leitura não foi associado às instruções em PC.

#### 4.9 Ferramentas Utilizadas nos Estudos

A ferramenta com a maior frequência de utilização para o desenvolvimento do PC foi o Scratch (66 estudos, 56,9%) conforme mostrado na Figura 11. Em segundo lugar vem a utilização da computação desplugada (24 estudos, 20,7%), enfatizando que em alguns estudos o desenvolvimento de atividades se deu tanto com o uso da computação plugada como da desplugada. Também merecem destaque o uso de Lego (15 estudos, 12,9%) e componentes Arduino (14 estudos, 12,1%). A classificação Lego abrange Lego Blocks, Lego MindStorms, Lego WeDo, Lego Bricks, Lego League e Lego EV3. Destacamos o uso das linguagens Logo (7 estudos, 6,0%) e Python (7 estudos, 6,0%) para o fomento ao PC, além da utilização de pseudocódigos (3 estudos, 2,6%). No uso da robótica educacional, além do uso de ferramentas como o Lego Mindstorms e Arduino, aparece o uso do Micro:bit (5 estudos, 4,3%). A classificação “Outras” (29 estudos, 25,0%) abrange ferramentas que não foram identificadas ou que foram referenciadas por somente um estudo.

Um estudo examinou, com base em princípios da matemática dinâmica, o apoio preliminar e conceitual desta disciplina à aprendizagem de conceitos introdutórios de programação em turmas do 6ª a 8ª anos do Ensino Fundamental II [24]. Utilizando abordagem mista, inicialmente com computação desplugada e depois com Scratch, uma série de atividades construtivistas foram desenvolvidas com foco nos conceitos de variáveis, expressões e loops, revelando ganhos significativos de aprendizagem.

Em uma outra investigação, é feita uma análise sobre os artefatos digitais elaborados por alunos da 5ª e 6ª séries do Ensino Fundamental I para a resolução de problemas matemáticos através do PC [40]. As atividades construcionistas utilizaram a ferramenta Scratch integrada com dispositivos Arduino. O estudo evidenciou empiricamente e qualitativamente o desenvolvimento de conceitos computacionais e práticas de resolução de problemas matemáticos, revelando que a integração entre o PC e a disciplina também promove os recursos da computação.

Em uma outra pesquisa, são apresentados os resultados de um estudo com 54 professores do Ensino Fundamental em formação, na

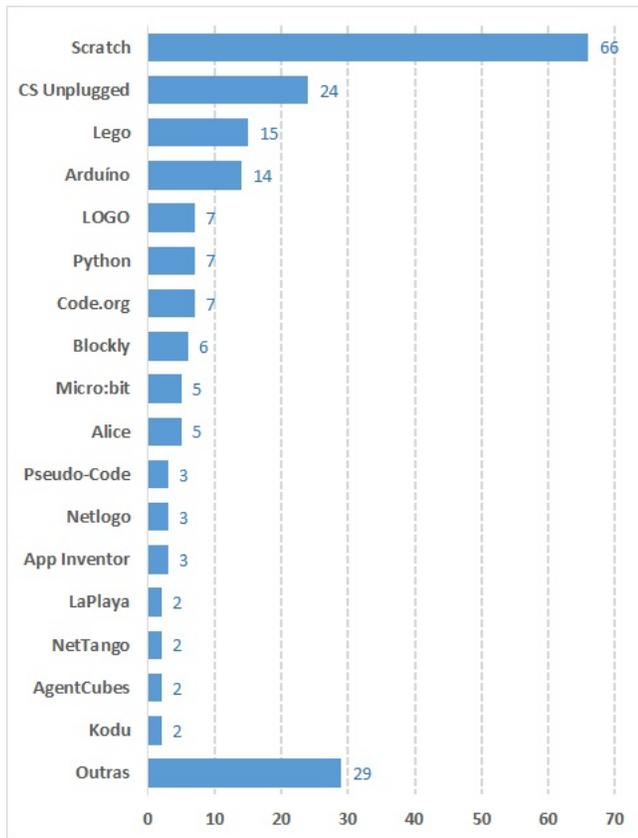


Figura 11: Estudos por ferramenta utilizada

qual as *affordances* das ferramentas tiveram consequências profundas no desenvolvimento do PC [51]. Os professores participaram do desafio da ampulheta, apoiado por atividades que envolveram a criação de animações com Scratch, figuras geométricas com Logo e simulações com o AgentCubes, experimentando as atividades em mais de uma ferramenta de programação, podendo compará-las. Ficou evidenciado que as *affordances* das ferramentas podem ter profundas consequências no PC.

## 5 CONCLUSÕES

Este trabalho teve como finalidade investigar os fundamentos teóricos da aprendizagem que fornecem aporte ao desenvolvimento do pensamento computacional (PC) na educação básica. Para isso, buscou-se sintetizar informações a partir de um mapeamento sistemático de literatura (MSL), provendo uma visão geral dos estudos existentes que trouxessem associações entre estas categorias de interesse. Foram selecionados 116 estudos científicos com anos de publicação entre 2016 e 2021, a partir de uma amostra inicial de 1895 estudos identificados no processo de mapeamento.

Parte substancial dos estudos remete ao fundamento teórico construcionista de Papert, envolvendo os conceitos de loops e sequências, ambos com a mesma frequência (63 estudos, 54,3%). O fundamento construtivista de Piaget é o segundo mais referenciado em trabalhos através dos conceitos de sequências (49 estudos, 42,2%) e loops (45

estudos, 38,9%). Também com representação significativa, destacou-se o sociointeracionismo de Vygotsky, referenciado em estudos que também trabalharam principalmente os conceitos de loops e sequências, ambos com a mesma frequência (25 estudos, 21,6%). As taxonomias de aprendizagem mais populares foram as de Bloom (16 estudos, 13,8%) e a SOLO (7 estudos, 6,0%).

Em relação às habilidades do PC, a mais enfatizada foi a de abstração com estudos fundamentados teoricamente nas teorias construcionista e construtivista ambas com 38 estudos (32,8%). A habilidade de decomposição foi a segunda mais referenciada, sendo os estudos fundamentados nas teorias construcionista (30 estudos, 25,9%) e construtivista (28 estudos, 24,1%).

Em relação ao contexto metodológico, o mais utilizado foi o tradicional (58 estudos, 50,0%), cujos estudos tiveram fundamentos no construcionismo (45 estudos, 38,8%) e no construtivismo (27 estudos, 23,3%). O segundo contexto mais popular foi o de jogos (41 estudos, 35,3%), cujos estudos tiveram fundamentos no construcionismo e no construtivismo, ambos com 25 estudos, 21,6%.

Uma série de ferramentas para o desenvolvimento dos estudos foram identificadas, mas a mais utilizada foi o ambiente Scratch (66 estudos, 56,9%), considerando suas variantes. A segunda mais popular foi a computação desplugada (24 estudos, 20,7%), ressaltando que não era incomum o uso misto de ferramentas.

As etapas escolares com maior cobertura pelos estudos foram o Ensino Fundamental I (63 estudos, 54,4%) e o Ensino Fundamental II (34 estudos, 29,3%). A natureza mais comum foi o estudo de caso (72 estudos, 62,0%) seguido por experimentos ou quase-experimentos (33 estudos, 28,4%). O foco dominante foi o desenvolvimento do PC (76 estudos, 65,5%). Finalmente, foram considerados 26 estudos com profundidade classificada como forte nesta pesquisa (22,4%).

Esta investigação traz evidências científicas para o ensino de PC amparado por fundamentos teóricos de aprendizagem, maximizando as referências teóricas nesta área. Os resultados, apoiados sob uma estrutura através de um esquema de classificação dos estudos do MSL permitem sugerir pesquisas futuras e fornecer um guia para situar adequadamente novas atividades de pesquisa.

Este trabalho permite também estabelecer lacunas na área [68]. Somente três estudos abordaram a teoria da aprendizagem significativa, que traz importantes contribuições cognitivistas e construtivistas, bem como apenas sete estudos sobre as teorias neopiagetianas que complementam os paradigma do desenvolvimento cognitivo de Piaget. Outro fundamento é a teoria do fluxo que destaca o estado pleno de satisfação e teve oito estudos neste MSL.

## 6 TRABALHOS FUTUROS

Uma possibilidade de trabalho futuro seria uma Revisão Sistemática de Literatura (RSL) a partir deste MSL, fazendo uso de uma metassíntese que daria aporte à interpretação dos resultados o que traria uma análise qualitativa mais consistente. Talvez seja relevante ainda um aprofundamento sobre outros eixos teóricos como as taxonomias de aprendizagem enquanto instrumentos de apoio ao desenvolvimento de conceitos e habilidades do PC.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Laís Lara Costa Baptista pela colaboração em etapa preliminar deste mapeamento sistemático.

## REFERÊNCIAS

- [1] David Paul Ausubel. 1973. Algunos aspectos psicológicos de la estructura del conocimiento. *Elam, S.(Comp.) La educación y la estructura del conocimiento. Investigaciones sobre el proceso de aprendizaje y la naturaleza de las disciplinas que integran el curriculum. Ed. El Ateneo. Buenos Aires. Págs 211, 239.*
- [2] David Paul Ausubel, Joseph D Novak, and Helen Hanesian. 1980. *Psicologia educacional*. Interamericana.
- [3] J Biggs and K Collis. 1982. Origin and description of the SOLO taxonomy. *Evaluating the quality of learning: The SOLO Taxonomy*. New York: Academic Press Inc, 17–30.
- [4] Paulo Blikstein. 2008. O pensamento computacional e a reinvenção do computador na educação. *Education & Courses*.
- [5] Benjamin Samuel Bloom, Committee of College, and University Examiners. 1964. *Taxonomy of educational objectives*. Vol. 2. Longmans, Green New York.
- [6] Adriana Bordini, Christiano Martino Otero Avila, Yuri Weissshah, Mônica Marques da Cunha, Simone André da Costa Cavalheiro, Luciana Foss, Marilton Sanchotene Aguiar, and Renata Hax Sander Reiser. 2016. Computação na educação básica no brasil: o estado da arte. *Revista de Informática Teórica e Aplicada* 23, 2, 210–238.
- [7] Karen Selbach Borges, Crediné Silva de Menezes, and Léa da Cruz Fagundes. 2017. The use of computational thinking in digital fabrication projects a case study from the cognitive perspective. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–6.
- [8] Christian Puhlmann Brackmann. 2017. Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica.
- [9] Karen Brennan and Mitchel Resnick. 2012. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking.
- [10] Deirdre Butler and Margaret Leahy. 2021. Developing preservice teachers' understanding of computational thinking: A constructionist approach. *British Journal of Educational Technology* 52, 3, 1060–1077.
- [11] Joethe Carvalho, José Francisco Netto, and Thais Almeida. 2017. Revisão sistemática de literatura sobre pensamento computacional por meio de objetos de aprendizagem. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, Vol. 28. 223.
- [12] Samri Chongo, Kamisah Osman, and Nazrul Anuar Nayan. 2021. Impact of the Plugged-In and Unplugged Chemistry Computational Thinking Modules on Achievement in Chemistry. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 17, 4.
- [13] Jody Clarke-Midura, Joseph S Kozlowski, Jessica F Shumway, and Victor R Lee. 2021. How young children engage in and shift between reference frames when playing with coding toys. *International Journal of Child-Computer Interaction* 28, 100250.
- [14] Mihaly Csikszentmihalyi, Sami Abuhamedh, and Jeanne Nakamura. 2014. Flow. In *Flow and the foundations of positive psychology*. Springer, 227–238.
- [15] Mihaly Csikszentmihalyi. 1990. *Flow: The psychology of optimal experience*. New York: Harper & Row.
- [16] Ana Liz Souto O de Araujo, Wilkerson L Andrade, and Dalton D Serey Guerrero. 2016. A systematic mapping study on assessing computational thinking abilities. In *2016 IEEE frontiers in education conference (FIE)*. IEEE, 1–9.
- [17] Belkis Diaz-Lauruzica and David Moreno-Salinas. 2019. Computational thinking and robotics: A teaching experience in compulsory secondary education with students with high degree of apathy and demotivation. *Sustainability* 11, 18, 5109.
- [18] Russell Feldhausen, Joshua Levi Weese, and Nathan H Bean. 2018. Increasing student self-efficacy in computational thinking via STEM outreach programs. In *Proceedings of the 49th ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. 302–307.
- [19] Deborah A Fields, Lisa Quirke, Janell Amely, and Jason Maughan. 2016. Combining big data and thick data analyses for understanding youth learning trajectories in a summer coding camp. In *Proceedings of the 47th ACM technical symposium on computing science education*. 150–155.
- [20] Kurt W Fischer. 1980. A theory of cognitive development: The control and construction of hierarchies of skills. *Psychological review* 87, 6, 477.
- [21] Allan Fowler, Johanna Pirker, Ian Pollock, Bruno Campagnola de Paula, Maria Emilia Echeveste, and Marcos J Gómez. 2016. Understanding the benefits of game jams: Exploring the potential for engaging young learners in STEM. In *Proceedings of the 2016 ITiCSE working group reports*. 119–135.
- [22] Diana Franklin, Jean Salac, Zachary Crenshaw, Saranya Turimella, Zipporah Klain, Marco Anaya, and Cathy Thomas. 2020. Exploring student behavior using the TIPP&SEE learning strategy. In *Proceedings of the 2020 ACM Conference on International Computing Education Research*. 91–101.
- [23] Marianthi Grizioti and Chronis Kynigos. 2021. Code the mime: A 3D programmable charades game for computational thinking in MaLT2. *British Journal of Educational Technology* 52, 3, 1004–1023.
- [24] Shuchi Grover, Nicholas Jackiw, and Patrik Lundh. 2019. Concepts before coding: Non-programming interactives to advance learning of introductory programming concepts in middle school. *Computer Science Education* 29, 2-3, 106–135.
- [25] Shan Jiang and Gary KW Wong. 2022. Exploring age and gender differences of computational thinkers in primary school: A developmental perspective. *Journal of Computer Assisted Learning* 38, 1, 60–75.
- [26] Filiz Kalelioglu, Yasemin Gulbahar, and Volkan Kukul. 2016. A framework for computational thinking based on a systematic research review.
- [27] Avital Kesler, Tamar Shamir-Inbal, and Ina Blau. 2022. Active learning by visual programming: Pedagogical perspectives of instructivist and constructivist code teachers and their implications on actual teaching strategies and students' programming artifacts. *Journal of Educational Computing Research* 60, 1, 28–55.
- [28] Max Kesselbacher and Andreas Bollin. 2019. Discriminating programming strategies in scratch: Making the difference between novice and experienced programmers. In *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*. 1–10.
- [29] Barbara Kitchenham and Stuart Charters. 2007. Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- [30] Lauri Malmi, Judy Sheard, Päivi Kinnunen, and Jane Sinclair. 2019. Computing education theories: what are they and how are they used?. In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on International Computing Education Research*. 187–197.
- [31] Alexandros Merkouris and Konstantinos Chorianopoulos. 2018. Programming touch and full-body interaction with a remotely controlled robot in a secondary education STEM course. In *Proceedings of the 22nd Pan-Hellenic Conference on Informatics*. 225–229.
- [32] Maria da Graça Nicoletti Mizukami. 1986. Ensino: as abordagens do processo.
- [33] Monika Mladenović, Žana Žanko, and Andrina Granić. 2021. Mediated transfer: From text to blocks and back. *International Journal of Child-Computer Interaction* 29, 100279.
- [34] Ana Francisca Monteiro, Maribel Miranda-Pinto, and António José Osório. 2021. Coding as literacy in preschool: A case study. *Education Sciences* 11, 5, 198.
- [35] Elizabeth K Morales-Urrutia, José Miguel Ocaña, Diana Pérez-Marin, and Celeste Pizarro. 2021. Can mindfulness help Primary Education students to learn how to program with an emotional learning companion? *IEEE Access* 9, 6642–6660.
- [36] Marco Antonio Moreira and Neusa Teresinha Massoni. 2015. Interfaces entre teorias de aprendizagem e ensino de ciências/física.
- [37] Manargul Mukasheva and Aisara Omirzakova. 2021. Computational thinking assessment at primary school in the context of learning programming. *World Journal on Educational Technology: Current Issues* 13, 3, 336–353.
- [38] Cipolla Neto, Luis Silveira Menna Barreto, and Solange Castro Afeche. 1998. A formação social da mente Vygotski, LS 153.65-V631 Psicologia e Pedagogia O desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. *Psicologia* 153, V631.
- [39] Rita de Araujo Neves and Magda Floriania Damiani. 2006. Vygotsky e as teorias da aprendizagem.
- [40] Oi-Lam Ng and Zhihao Cui. 2021. Examining primary students' mathematical problem-solving in a programming context: towards computationally enhanced mathematics education. *ZDM—Mathematics Education* 53, 4, 847–860.
- [41] Andréia Osti. 2009. Concepções sobre desenvolvimento e aprendizagem segundo a psicogênese piagetiana. *Revista de Educação* 12, 13.
- [42] Seymour Papert. 1986. *Constructionism: A new opportunity for elementary science education*. Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and ...
- [43] Seymour Papert. 1990. Children, computers and powerful ideas.
- [44] Seymour Papert. 1994. A máquina das crianças. *Porto Alegre: Artmed* 17.
- [45] Seymour Papert. 2008. Seymour. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Porto Alegre: Artmed.
- [46] Nikolaos Pellas and Efstratios Peroutseas. 2016. Gaming in Second Life via Scratch4SL: Engaging high school students in programming courses. *Journal of Educational Computing Research* 54, 1, 108–143.
- [47] Kai Petersen, Robert Feldt, Shahid Mujtaba, and Michael Mattsson. 2008. Systematic mapping studies in software engineering. In *12th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering (EASE)* 12. 1–10.
- [48] Christopher Petrie. 2022. Interdisciplinary computational thinking with music and programming: a case study on algorithmic music composition with Sonic Pi. *Computer Science Education* 32, 2, 260–282.
- [49] Jean Piaget, Leo Apostel, Olivier Costa de Beauregard, and Jean-Toussaint Desanti. 1967. *Logique et connaissance scientifique*. Vol. 22. Gallimard Paris.
- [50] João Piedade, Nuno Dorotea, Ana Pedro, and João Filipe Matos. 2020. On teaching programming fundamentals and computational thinking with educational robotics: A didactic experience with pre-service teachers. *Education Sciences* 10, 9, 214.
- [51] Alexander Repenning and Ashok Basawapatna. 2021. Smacking Screws with Hammers: Experiencing Affordances of Block-based Programming through the Hourglass Challenge. In *Proceedings of the 52nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. 267–273.
- [52] Wouter J Rijke, Lars Bollen, Tessa HS Eysink, and Jos LJ Tolboom. 2018. Computational thinking in primary school: An examination of abstraction and decomposition in different age groups. *Informatics in education* 17, 1, 77–92.

- [53] José-Manuel Sáez-López, Marcos Román-González, and Esteban Vázquez-Cano. 2016. Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “Scratch” in five schools. *Computers & Education* 97, 129–141.
- [54] Jean Salac, Cathy Thomas, Chloe Butler, and Diana Franklin. 2021. Supporting Diverse Learners in K-8 Computational Thinking with TIPP&SEE.
- [55] Jean Salac, Cathy Thomas, Chloe Butler, and Diana Franklin. 2021. Understanding the Link between Computer Science Instruction and Reading & Math Performance. In *Proceedings of the 26th ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education V. 1*. 408–414.
- [56] Jean Salac, Cathy Thomas, Chloe Butler, Ashley Sanchez, and Diana Franklin. 2020. TIPP&SEE: a learning strategy to guide students through use-modify Scratch activities. In *Proceedings of the 51st ACM Technical Symposium on Computer Science Education*. 79–85.
- [57] Priscila SC Santos, Luis Gustavo J Araujo, and Roberto A Bittencourt. 2018. A mapping study of computational thinking and programming in brazilian k-12 education. In *2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. IEEE, 1–8.
- [58] Anika Saxena, Chung Kwan Lo, Khe Foon Hew, and Gary Ka Wai Wong. 2020. Designing unplugged and plugged activities to cultivate computational thinking: An exploratory study in early childhood education. *The Asia-Pacific Education Researcher* 29, 1, 55–66.
- [59] Cynthia Selby and John Woollard. 2013. Computational thinking: the developing definition.
- [60] Burrhus Frederick Skinner. 1969. Utopia as an experimental culture. Appleton-Century-Crofts.
- [61] Claudia Szabo, Nickolas Falkner, Andrew Petersen, Heather Bort, Cornelia Connolly, Kathryn Cunningham, Peter Donaldson, Arto Hellas, James Robinson, and Judy Sheard. 2019. A Periodic Table of Computing Education Learning Theories. In *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. 269–270.
- [62] Giovanni Maria Troiano, Qinyu Chen, Ángela Vargas Alba, Gregorio Robles, Gillian Smith, Michael Cassidy, Eli Tucker-Raymond, Gillian Puttick, and Casper Hartevelde. 2020. Exploring how game genre in student-designed games influences computational thinking development. In *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1–17.
- [63] Nienke van Es and Johan Jeuring. 2017. Designing and comparing two scratch-based teaching approaches for students aged 10–12 years. In *Proceedings of the 17th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*. 178–182.
- [64] Lev Vygotsky. 1993. Semenovich. Pensamento e linguagem. *Tradução Jefferson Luiz Camargo*. São Paulo: Martins Fontes.
- [65] Lev Semenovich Vygotsky et al. 2008. *Pensamento e linguagem*. Vol. 4. Martins Fontes São Paulo.
- [66] Claudia Werlich, Avani de Kemczinski, and Isabela Gasparini. 2018. Pensamento Computacional no Ensino Fundamental: um mapeamento sistemático. In *XXIII Congresso Internacional de Informática Educativa*. 375–384.
- [67] Jeannette M Wing. 2006. Computational thinking. *Commun. ACM* 49, 3, 33–35.
- [68] Claes Wohlin, Per Runeson, Martin Höst, Magnus C Ohlsson, Björn Regnell, and Anders Wesslén. 2012. *Experimentation in software engineering*. Springer Science & Business Media.
- [69] Gary Ka-Wai Wong and Ho-Yin Cheung. 2020. Exploring children’s perceptions of developing twenty-first century skills through computational thinking and programming. *Interactive Learning Environments* 28, 4, 438–450.
- [70] Humberto Zanetti, Marcos Borges, and Ivan Ricarte. 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)*, Vol. 27. 21.
- [71] Sylvia da Rosa Zipitria. 2018. Piaget and computational thinking. In *Proceedings of the 7th Computer Science Education Research Conference*. 44–50.