

Computação Física e Pensamento Computacional - Indústria 4.0: Uma Proposta de Livro Didático para o 9º Ano

**Andrey de Jesus Guedes¹, Eloína Ferreira Flores¹, Julian Coelho Bentes¹,
Maria Lúcia P. de Freitas¹, Almir de Oliveira Costa Junior¹², José Anglada Rivera²**

¹Curso de Licenciatura em Computação – Escola Superior de Tecnologia (EST)
Universidade do Estado do Amazonas (UEA)
69.050-020 – Manaus – AM – Brazil

²Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET)
Instituto Federal do Amazonas (IFAM)
69.020-120 – Manaus – AM – Brazil

{ajg.lic19, eff.lic19, jcb.lic19, mlpdf.lic19, adjunior}@uea.edu.br
jose.anglada@ifam.edu.br

Abstract. Computational Thinking (CT) skills have gained significant prominence in the Brazilian educational landscape since the consolidation of BNCC Computing and the National Digital Education Policy (PNED). However, this will require overcoming numerous challenges; among them, it will be necessary to develop teaching materials on Computational Thinking, considering the particularities of the national educational context. In light of this, this article presents a textbook proposal that addresses the development of Computational Thinking skills through Physical Computing for ninth-grade students in the final years of Elementary Education.

Resumo. As habilidades do Pensamento Computacional (PC) passaram a ganhar amplo destaque no cenário educacional brasileiro a partir da consolidação da BNCC Computação e da Política Nacional de Educação Digital (PNED). Contudo, isso exigirá a superação de inúmeros desafios; entre eles, será necessário elaborar materiais didáticos sobre o Pensamento Computacional, considerando as particularidades do contexto educacional nacional. Diante disso, este artigo apresenta uma proposta de livro didático que aborda o desenvolvimento de habilidades do Pensamento Computacional por meio da Computação Física para os alunos do nono ano do Ensino Fundamental – Anos Finais.

1. Introdução

A partir da efetivação de políticas públicas sobre o ensino de Computação na Educação Básica, o Pensamento Computacional (PC) passou a ganhar amplo destaque entre as habilidades que devem ser estimuladas nos alunos desde a Educação Infantil até o Ensino Médio [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a]. Dentre essas normativas, destaca-se as Normas sobre Computação na Educação Básica (BNCC Computação) [Brasil 2022a] e a Política Nacional de Educação Digital (PNED) [Brasil 2023] [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023a].

Além disso, desde 2018 o PC já vinha sendo evidenciado como habilidade essencial nos direcionamentos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [Brasil 2018],

principalmente no contexto da resolução de problemas na área da Matemática e suas Tecnologias [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b].

Embora esse movimento esteja consoante com aquilo que vem ocorrendo em outros países, tais como Alemanha, Argentina, Austrália, Coreia do Sul, Escócia, França, Estados Unidos, Finlândia, Grécia, Índia, Israel, Japão, Nova Zelândia e Reino Unido [Brackmann 2017], isso exigirá que inúmeros desafios sejam superados antes que essas habilidades possam se consolidar em atividades de ensino e aprendizagem no contexto educacional brasileiro.

Dentre eles, a comunidade científica ainda não chegou a um consenso unificado sobre a definição do conceito e do conjunto básico de habilidades envolvidas no PC [Selby and Woollard 2013, Gouws et al. 2013, Román-Gonzalez et al. 2015, Cutumisu et al. 2019, Santana et al. 2021, Carvalho and Braga 2022, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b]; existe uma carência de instrumentos para auxiliar a medir as habilidades [Román-Gonzalez et al. 2015, Zhong et al. 2016, Cutumisu et al. 2019, Raabe et al. 2020, Santana et al. 2021, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c]; a necessidade de se propor ações para a formação inicial e continuada de professores [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023b, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2022], além de se investir no desenvolvimento de materiais didáticos para o contexto educacional brasileiro [França 2020, França and Tedesco 2019, Gorgônio and Vale 2023]. Sobre este último aspecto, Silva et al. (2021) afirmam que a maior parte dos recursos encontrados utiliza uma abordagem desplugada, como as atividades em papel, ou se encontram em língua inglesa [França and Tedesco 2019].

Na perspectiva de ampliar as discussões e contribuir para a disponibilidade de materiais didáticos específicos sobre o Pensamento Computacional (PC), este artigo tem como objetivo apresentar uma proposta de livro didático (em construção) para auxiliar no desenvolvimento das habilidades do PC em alunos do nono ano do Ensino Fundamental – Anos Finais, utilizando a Computação Física. Para apresentar os resultados parciais, o artigo está organizado da seguinte forma: a revisão da literatura é apresentada na Seção 2; a proposta do livro é descrita na Seção 3; e, por fim, as considerações parciais são expostas na Seção 4.

2. Revisão da Literatura

Nesta seção, é apresentada uma revisão da literatura sobre os principais temas abordados neste artigo: Computação Física, Pensamento Computacional e exemplos de livros didáticos para o Ensino de Computação.

2.1. Sobre a Computação Física

O’Sullivan e Igoe (2004) definem a Computação Física (CF) como um processo que visa estabelecer uma interação entre o mundo físico e o mundo virtual dos computadores [O’Sullivan and Igoe 2004, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023a, Zanetti et al. 2023, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c].

Zanetti et al. (2023) ainda corroboram afirmando que ela se baseia na utilização de componentes eletrônicos e físicos para interagir com o mundo digital, possibilitando a criação de soluções que respondem a estímulos do ambiente real. Esse conceito abrange a integração de *hardware* e *software* para desenvolver dispositivos que captam, processam e reagem a dados físicos [FieldsOfCS 2023, Hodges et al. 2020]. Ou seja, refere-se

especificamente a tecnologias que fazem uso de sensores para coleta de dados (dispositivos de entrada) e controladores ou processadores para responder (processar) de alguma forma aos dados coletados (dispositivos de saída). Esse é o modelo IPO (*Input, Processing, Output*) [ArmEducation 2024]. A Figura 1 apresenta uma visão geral das partes que compõem um sistema de Computação Física.

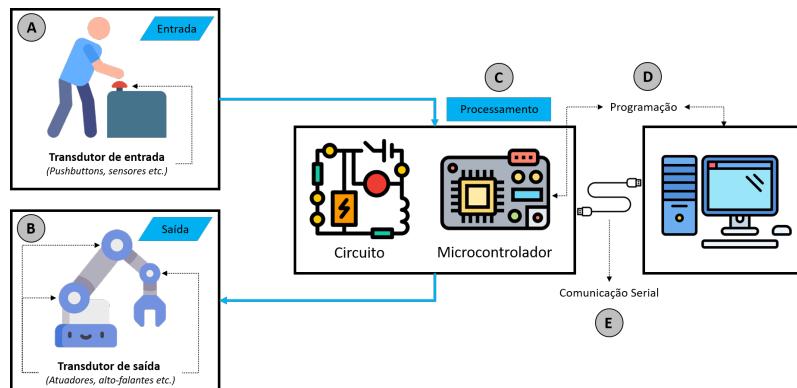


Figura 1. As partes de um sistema de Computação Física. Fonte: Elaboração dos autores a partir de O’Sullivan e Igoe (2004)

Do ponto de vista educacional, DesPortes (2018) afirma que a CF utiliza um conjunto de recursos de *hardware* programáveis, capazes de oferecer soluções que incentivam os alunos a interagirem com o mundo ao seu redor. Em outras palavras, a Computação Física é um termo amplo para descrever atividades nas quais os alunos escrevem programas para interagir com o mundo real usando *hardware* especializado [Foundation 2021].

Isso promove o engajamento, estimula a criatividade e facilita a resolução de problemas por meio de projetos. Ou seja, esses projetos possibilitam o uso de sensores e atuadores para estabelecer conexões com o mundo físico, especialmente quando os protótipos incorporam interações com componentes eletrônicos que captam estímulos visuais, sonoros e táteis [Zanetti et al. 2023, Brazileiro 2013, Culkin and Hagan 2019]. Além disso, eles facilitam a compreensão da conexão entre o código-fonte e sua implementação prática, permitindo que o objeto físico reaja conforme programado. Isso ajuda os alunos a verificar a consistência dos conceitos aplicados na programação e a identificar e corrigir erros [Sentance et al. 2017].

Diante desse cenário, a proposta de livro didático apresentada neste artigo considera que a *Computação Física* é um ambiente de aprendizagem onde são utilizadas estratégias e recursos da Ciência da Computação para resolver problemas práticos através da interação entre o mundo real e o virtual [Flores et al. 2024, Bentes et al. 2024, Freitas et al. 2024].

2.2. Sobre o Pensamento Computacional

Um dos primeiros registros sobre o termo *Computational Thinking*, foi identificado na obra “*Mindstorms: Children, Computers, And Powerful Ideas*” de Seymour Papert em 1980 [Papert 1980]. Embora Papert tenha citado o termo em sua obra, ele não chegou a definir claramente do que se trataria o PC, mas, endossou que os computadores (não apenas as habilidades cognitivas e metacognitivas) em si deveriam fazer parte do dia a dia das pessoas, com o intuito de auxiliá-las a resolver diferentes problemas práticos [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c].

O termo Pensamento Computacional (PC) só passou a ganhar notoriedade a partir dos primeiros escritos de Jeannette Wing em 2006 [Wing 2006]. Em sua definição mais recente, ela afirma que *o Pensamento Computacional envolve os processos de pensamento necessários para formular um problema e expressar sua(s) solução(ões) de forma que um computador – humano ou máquina – possa executá-las efetivamente* [Wing 2017].

Para a *Computer Science Teachers Association* (CSTA) e a *International Society for Technology in Education* (ISTE) [CSTA-ISTE 2011] o PC envolveria a habilidade de identificar e executar os passos necessários para resolver um problema, aplicando essa capacidade em diversas disciplinas. Grover e Pea (2013) também corroboram afirmando que ele deve ser visto como um conjunto de habilidades e abordagens fundamentais para a resolução de problemas que envolvem a compreensão e a aplicação de conceitos da Ciência da Computação. Pesquisas lideradas por instituições como a Code.Org [Code.Org 2016], BBC Learning [BBC 2015] e *Computer At School* [Csizmadia et al. 2015], bem como, as 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.

Do ponto de vista da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [Brasil 2018], das Normas sobre Computação na Educação Básica (BNCC Computação) [Brasil 2022a], do Parecer CNE/CEB N° 2/2022 [Brasil 2022b] e da Política Nacional de Educação Digital (PNED) [Brasil 2023], o PC envolveria a capacidade de *compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos* [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a].

Embora o número de pesquisas sobre o PC tenha crescido consideravelmente, conforme ponderam os estudos de Bordini et al. (2016), Valente (2016), Kalelioglu et al. (2016), Santos et al. (2018), Guarda e Pinto (2020) e Berssanette e Francisco (2021), a maioria dos estudiosos reiteram que não existe um consenso unificado sobre o conceito operacional do PC, assim como um conjunto único de habilidades [Selby and Woppard 2013, Gouws et al. 2013, Román-Gonzalez et al. 2015, Cutumisu et al. 2019, Santana et al. 2021, Carvalho and Braga 2022, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024a, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024b].

Diante desse cenário, destaca-se que a proposta de livro apresentada neste artigo utiliza como definição operacional que o “*Pensamento Computacional é a capacidade de formular e resolver problemas por meio da utilização da Computação Física*” [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2024c].

2.3. Sobre os livros didáticos para o ensino de Computação

A série “Computação Fundamental” é composta por quatro livros didáticos voltados para o ensino e aprendizagem de Computação no Ensino Fundamental – Anos Finais [Santana et al. 2019]. De maneira geral, esses materiais apresentam um conjunto de atividades plugadas e desplugadas, além de direcionamentos para o planejamento das aulas e a listagem dos materiais necessários para a execução das atividades propostas. Embora abordem diversas atividades introdutórias à Computação, incluindo noções de Informática básica, introdução à programação e alguns tópicos de Robótica (para o 8º e 9º anos), a maioria dos conteúdos foram elaborados com base em direcionamentos curriculares de outros países [Santana et al. 2019].

Além desses materiais, os guias “Computação Física com Micro:bit” são recursos

educacionais em inglês que exploram a Computação Física por meio do microcontrolador Micro:bit. Esses guias combinam conceitos de codificação, engenharia e eletrônica, oferecendo uma série de projetos interativos que incentivam a criatividade e a aplicação prática dos princípios da Ciência da Computação em jovens de 8 a 16 anos. A plataforma Micro:bit, apesar de ser poderosa e versátil, utiliza um *hardware* específico, cujo custo é relativamente mais alto se comparado ao popular Arduino. Essa diferença de preço pode influenciar sua acessibilidade em diferentes contextos educacionais [Code.org 2024].

Costa-Junior et al. (2023) recentemente elaboraram e disponibilizaram gratuitamente o livro “*Computação Física: Programando sensores e componentes com Arduino e PictoBlox*”. Inicialmente, os autores afirmam que ele foi concebido para servir como material de apoio à formação inicial e continuada de professores de diferentes áreas de conhecimento, com a perspectiva de que eles possam desenvolver projetos práticos em sala de aula envolvendo conceitos da Ciência da Computação, Pensamento Computacional, Ensino de Programação, Computação Física, Robótica Educacional, Aprendizagem Criativa, entre outros [Costa-Junior et al. 2023, Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023a].

Além desses, Costa-Junior e Anglada-Rivera (2023a) consideram que as obras (pagas) *Learn Electronics with Arduino: An Illustrated Beginner’s Guide to Physical Computing* [Culkin and Hagan 2017] (Versão em português [Culkin and Hagan 2019]) e o livro *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers* de [O’Sullivan and Igoe 2004], também podem se constituir como uma excelente fonte de consulta e de inspiração.

3. A Proposta de Livro Didático

Nesta seção, são apresentados o contexto e o ciclo do processo de elaboração, as habilidades da BNCC Computação envolvidas, a estrutura e a organização da proposta de livro, bem como os resultados parciais.

3.1. O contexto da proposta

De maneira geral, a proposta do livro *Computação Física e Pensamento Computacional - Indústria 4.0* está sendo elaborada com o objetivo de fornecer aos estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental – Anos Finais uma introdução às habilidades e aos conceitos básicos das sintaxes das linguagens de programação e do Pensamento Computacional, mediados pelo uso de artefatos tangíveis da Computação Física. Essa proposta faz parte de uma coletânea de quatro livros que estão sendo desenvolvidos com a intenção de serem distribuídos gratuitamente sob uma licença *Creative Commons 4.0*. O projeto é fruto de um trabalho colaborativo entre quatro acadêmicos de Licenciatura em Computação da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), um doutorando e um professor doutor em Física do Programa de Pós-Graduação em Ensino Tecnológico (PPGET/IFAM).

Em geral, a proposta de livro considera prioritariamente as principais habilidades e objetos de conhecimento (Seção 3.3) do eixo PC da BNCC Computação. Embora ele esteja sendo consolidado sob uma perspectiva das habilidades do eixo Pensamento Computacional do Ensino Fundamental – Anos Finais da BNCC Computação, é importante considerar que ele também poderá ser utilizado para estimular o (ou em preparo para) desenvolvimento de habilidades mais gerais da BNCC Computação do Ensino Médio, como por exemplo a habilidade EM13CO16 [Brasil 2022a]. Além disso, acreditamos que ele poderá ser amplamente utilizado de maneira interdisciplinar para evidenciar o desenvolvimento da Competência Geral 5 da BNCC, visto que, por meio das atividades práticas

os alunos serão estimulados a: “utilizar e criar tecnologias digitais da informação e comunicação, produzir conhecimento e resolver problemas” [Brasil 2018].

Diante dessa perspectiva, a proposta de livro utiliza a Computação Física como recurso didático-tecnológico para mediar o desenvolvimento das habilidades do eixo Pensamento Computacional nos alunos do 9º ano do Ensino Fundamental – Anos Finais. Para isso, a apresentação dos conceitos e as práticas que devem estimular o desenvolvimento das habilidades, consideram como equipamentos de *hardware* principal o microcontrolador Arduino e como ambiente de desenvolvimento de *software* (códigos), o ambiente de programação visual PictoBlox.

No que diz respeito a essas ferramentas, elas foram escolhidas considerando principalmente que se tratam de recursos gratuitos e/ou de baixo custo [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023a]. No caso do PictoBlox, ele apresenta muitas similaridades com o Scratch, facilidade de instalação, integração simples e otimizada com o Arduino, idioma em português e bibliotecas integradas [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2023a]. Já o Arduino, ele tem sido amplamente utilizado para construir projetos de Computação Física [Culkin and Hagan 2019], apresentando baixo custo em relação a outras placas microcontroladoras [Costa-Junior et al. 2023] e destacando-se pela sua facilidade de uso e sua natureza aberta [Monk 2013].

Além disso, acreditamos que essas ferramentas apresentam uma sinergia com conceitos e processos requeridos na Indústria 4.0, tema da proposta de livro. Ou seja, entendemos que o PC e a CF apresentam forte confluência com alguns dos pilares estabelecidos pela *Boston Consulting Group* para este tema. Dentre eles, o grupo considera que a Indústria 4.0 deve ser pautada em tecnologias e processos que envolvam: 1 - Big data, 2 - Cibersegurança, 3 - Computação em nuvem, 4 - Integração de sistemas, 5 - Internet das coisas, 6 - Impressão 3D, manufatura aditiva, 7 - Robôs autônomos, 8 - Realidade aumentada e 9 - Simulações [BCG 2015]. Segundo Grossi et al. [2021], o uso desses pilares têm sido considerados essenciais no processo de ensino e aprendizagem nos dias atuais, na perspectiva de se consolidar uma educação contemporânea, tecnológica e em consonância com os desafios do mercado de trabalho.

Sobre o contexto de utilização, a proposta de livro leva em consideração a perspectiva da prática de atuação profissional do egresso do curso de Licenciatura em Computação. Ou seja, espera-se que o professor possua uma formação básica sobre os fundamentos da Ciência da Computação, possuindo conhecimentos suficientes para apresentar os conceitos e guiar os alunos no desenvolvimento das habilidades que são enfatizadas nas atividades do livro. Contudo, acreditamos que ele também poderá ser utilizado por professores graduados em outras áreas de conhecimento, como a Física, Matemática etc., desde que estes profissionais possuam uma formação mínima sobre os conceitos e os recursos enfatizados.

Na tentativa de mitigar possíveis dificuldades na futura utilização do livro pelos professores, a proposta apresentada neste artigo também considera a elaboração de uma versão do livro com orientações para os professores que deverão utilizá-lo. Além disso, levando em consideração que muitos egressos do curso de Licenciatura em Computação (e de outras áreas de conhecimento) podem não apresentar um domínio e um conhecimento mais profundo sobre o Arduino e o PictoBlox, consideramos que o livro “Computação Física: programando sensores e componentes com Arduino e PictoBlox” [Costa-Junior et al. 2023] possa se constituir como um material introdutório para capacitá-los a utilizar

o livro do Ensino Fundamental – Anos Finais com seus alunos.

Em relação ao conteúdo programático e à quantidade de atividades, a proposta do livro está sendo elaborada considerando que sua utilização poderá ocorrer ao longo de quatro bimestres letivos. Ou seja, são sugeridos quatro projetos práticos que podem ser desenvolvidos em disciplinas específicas sobre o ensino de Computação ou de maneira interdisciplinar, especialmente em escolas que ainda não possuem um currículo de referência estadual ou municipal. Além disso, destaca-se que, para a implementação das atividades propostas no livro, os alunos deverão possuir como pré-requisito habilidades do eixo PC de anos anteriores (por exemplo, habilidades secundárias apresentadas na Tabela 2). Adicionalmente, espera-se que já estejam familiarizados com conceitos básicos do Arduino e do PictoBlox.

Por fim, as atividades do livro estão sendo planejadas considerando as principais características da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de David Ausubel: 1 – levam em consideração os conhecimentos prévios relevantes e 2 – consideram a apresentação organizada e logicamente estruturada do conteúdo [Ausubel et al. 1980]. Diante disso, o livro está sendo estruturado seguindo uma proposta de ciclo fundamentada nessas características, denominado ADEPA (Analogias, Definições, Exemplos, Práticas e Avaliações).

3.2. Ciclo e Processo de Elaboração do Livro

Nesta seção, são apresentadas as principais etapas do ciclo de desenvolvimento e validação da proposta de livro. A Figura 2 oferece uma visão geral dessas etapas, seguida de uma breve descrição de seus objetivos (Tabela 1).

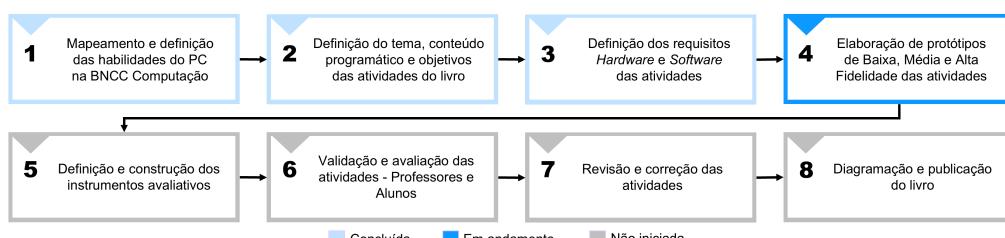


Figura 2. Proposta de ciclo de desenvolvimento do livro

3.3. Habilidades da BNCC Computação envolvidas

A Tabela 2 apresenta uma síntese das principais habilidades da BNCC Computação que deverão ser abordadas no livro do 9º ano. Nesse sentido, elas estão organizadas em dois grupos: 1 - Primárias: tratam-se das habilidades do PC do 9º ano e que serão prioritariamente envolvidas no processo de execução das atividades e de avaliação da aprendizagem e 2 - Secundárias: relacionadas à habilidades do PC de anos anteriores (6º, 7º e 8º).

3.4. Estrutura e Organização

Nesta seção, são apresentados os principais elementos da estrutura organizacional do livro e algumas evidências do seu atual processo de desenvolvimento (Figura 3). Nesse sentido, a Figura 3a apresenta uma visão geral do conteúdo programático, a Figura 3b evidencia o protótipo de baixa fidelidade de uma das atividades práticas e a Figura 3c mostra um dos autores validando os requisitos de *hardware* e *software* de um protótipo de média fidelidade.

Tabela 1. Descrição das etapas do ciclo de desenvolvimento do livro.

Etapa	Descrição
1	Nesta etapa, foram realizadas análises para identificar as habilidades associadas ao eixo PC nos direcionamentos do 9º ano da BNCC Computação. Além disso, também foram definidas as habilidades que poderiam ser desenvolvidas no processo de construção de artefatos da Computação Física. A lista completa das habilidades envolvidas na proposta de livro pode ser observada na seção 3.3.
2	Esta etapa foi caracterizada essencialmente pela escolha do tema e do contexto central onde as atividades deveriam estar envolvidas. Na proposta de livro para o 9º ano, consideramos a necessidade de ambientar as atividades com exemplos que aproximasse os alunos para as demandas tecnológicas do mercado de trabalho. Dessa forma, o livro considera a necessidade de se pensar em soluções computacionais para atender as demandas da indústria 4.0. Em seguida, tendo em mente as habilidades da BNCC Computação, foram definidos os principais conceitos que deveriam compor o conteúdo programático do livro. Por fim, nesta etapa foram elaboradas as primeiras versões dos objetivos das atividades de cada um dos projetos (um por bimestre).
3	Nesta etapa, foram descritos os principais requisitos de <i>software</i> e <i>hardware</i> para cada um dos projetos. Em relação ao código básico (<i>software</i>), inicialmente foram listados todos os requisitos que precisariam ser atendidos e os blocos do PictoBlox a serem utilizados. No que diz respeito aos componentes de <i>hardware</i> , foram definidos todos os elementos (Arduino, sensores, jumpers, etc.) necessários para a construção do artefato físico dos projetos.
4	Nesta etapa, está sendo realizada a prototipação e validação das atividades dos projetos. No protótipo de baixa fidelidade (Figura 3b), foram elaboradas ilustrações com uma visão geral da integração de todos os componentes (<i>Hardware e Software</i>) que deveriam fazer parte de cada um dos projetos. Em seguida, nos protótipos de média fidelidade (Figura 3c), foram desenvolvidas as primeiras versões do código básico e do circuito eletrônico das atividades. A ideia é que, nesta versão, os requisitos funcionais e a integração dos componentes possam ser validados, sem considerar as questões mais gerais de estética e design das atividades.
5	Nesta etapa, deverão ser elaborados os instrumentos que poderão ser utilizados para avaliar a aprendizagem em cada uma das atividades propostas. Embora o livro aborde prioritariamente os conceitos por meio de abordagens plugadas com a Computação Física, ele também deverá apresentar exemplos de avaliações fundamentadas em abordagens desplugadas.
6	Nesta etapa, deverão ser realizados os processos de validação e avaliação das atividades por terceiros. Inicialmente, serão convidados egressos do curso de Licenciatura em Computação (especialistas) para executar algumas das atividades, com a finalidade de validá-las e fornecer <i>feedback</i> sobre elas. Além disso, validações serão realizadas com professores de outras áreas de conhecimento, como Física e Matemática, com a intenção de que eles contribuam para aprimorar o material e ajustá-lo às necessidades educacionais dos alunos. Finalmente, deverão ser realizadas oficinas para validar as atividades com alunos do 9º ano do Ensino Fundamental – Anos Finais.
7	Nesta etapa, serão realizadas revisões e possíveis correções nas atividades do livro. De maneira geral, espera-se utilizar os <i>feedbacks</i> dos professores e alunos para ajustar eventuais inconsistências identificadas nos objetivos, requisitos, orientações e organização das atividades.
8	Por fim, esta etapa será utilizada para elaborar um <i>design</i> gráfico e realizar a diagramação dos recursos do livro no <i>template</i> . Além disso, deverão ser providenciados o ISBN e a ficha catalográfica da obra.

Tabela 2. Habilidades da BNCC Computação abordadas na proposta de livro.

Habilidades Primárias
EF09CO02 - Construir soluções computacionais de problemas de diferentes áreas do conhecimento, de forma individual e colaborativa, selecionando as estruturas de dados e técnicas adequadas, aperfeiçoando e articulando saberes escolares;
EF09CO03 - Usar autômatos para descrever comportamentos de forma abstrata automatizando-os através de uma linguagem de programação baseada em eventos;
Habilidades Secundárias
EF06CO02, EF06CO03, EF07CO03, EF08CO01, EF08CO04

Título do Livro
Computação Física e Pensamento Computacional - Indústria 4.0

9º ANO

A Conteúdo Programático

Seção 1 - Ambientação

Unidade	Título	Conteúdo
1	Pensamento Computacional	<ul style="list-style-type: none"> Como o computador resolve um problema? Como eu posso resolver um problema por meio do computador? Abstração, decomposição, reconhecimento de padrões e algoritmo; Sugestão de atividade;
2	Computação Física	<ul style="list-style-type: none"> Definições e características; Conhecendo o Arduino e o Pictoblox; Sugestão de Atividade;

Seção 2 - Conceitos e Aplicações Práticas

		Conteúdo
Unidade 4	Projeto 1	<p><i>Construindo Sistema de Alarme com Sensores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Apresentação da definição e características; Exemplos e aplicação prática com Arduino e Pictoblox; Blocos: Evento (Bandeira verde), Controle (SEMPRE, SE), Fantasia (Dig), Arduino (Definir pino digital X saída como "Alto ou Baixo"), Sensor Arduino (Ler o sensor digital), Bloco de Operação (Menor que (<)). <p><i>Colocando em prática</i></p> <p>Objetivo: Elaborar um protótipo utilizando Arduino e Pictoblox que simule um sistema de detecção e/ou prevenção de incêndios.</p> <p>Requisitos de hardware e software: Computador, Pictoblox, Arduino (incluindo jumpers, resistor e protoboard), sensor de chama e gás, LED.</p> <p>Sugestão de maquete: Modelo em 3D no Thinkercad.</p>
		<p><i>Automatizando Soluções com Atuadores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Apresentação da definição e características; Exemplos e aplicação prática com Arduino e Pictoblox; Blocs: Evento (Bandeira verde), Controle (SEMPRE, SE), Variáveis (Mude), Fontaria (Dig), Arduino Sensores (Ler sensor analógico no "no pino X"), Arduino Servo Motor (Definir servo no "X" com ângulo: "X"), Sensor Arduino (Ler o sensor digital). <p><i>Colocando em prática</i></p> <p>Objetivo: Elaborar um protótipo utilizando Arduino e Pictoblox que simule uma linha de montagem de uma fábrica.</p> <p>Requisitos de hardware e software: Computador, Pictoblox, Arduino (incluindo jumpers, resistor e protoboard), servomotores, sensor infravermelho</p> <p>Sugestão de maquete: Modelo em 3D no Thinkercad.</p>
Unidade 5	Projeto 2	<p><i>Sistema de Resfriamento utilizando Motores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Apresentação da definição e características; Exemplos e aplicação prática com Arduino e Pictoblox; Blocs: Evento (Bandeira verde), Controle (SEMPRE, SE), Operação (Menor que (<)), Fantasia (Dig), Sensor Arduino (Ler o sensor digital), Controle (Espera x segundos), Arduino (Definir pino digital "X" saída como "Alto ou Baixo") <p><i>Colocando em prática</i></p> <p>Objetivo: Elaborar um protótipo utilizando Arduino e Pictoblox para simular um sistema de controle de resfriamento de máquinas industriais.</p> <p>Requisitos de hardware e software: Computador, Pictoblox, Arduino (incluindo jumpers, resistor e protoboard), bomba d'água, sensor de nível de água;</p> <p>Sugestão de maquete: Modelo em 3D no Thinkercad.</p>
		<p><i>Monitorando Dados com Sensores</i></p> <ul style="list-style-type: none"> Apresentação da definição e características; Exemplos e aplicação prática com Arduino e Pictoblox; Blocs: Evento (Bandeira verde), Controle (SEMPRE, SE), Operação (Menor que (<)), Sensor Arduino (Ler o sensor digital), Arduino (Definir PWN porta "X" com saída "Y") <p><i>Colocando em prática</i></p> <p>Objetivo: Elaborar um protótipo utilizando Arduino e Pictoblox para simular um sistema de monitoramento do funcionamento de uma máquina industrial.</p> <p>Requisitos de hardware e software: Computador, Pictoblox, Arduino (incluindo jumpers, resistor e protoboard), sensor de inclinação, sensor de vibração, sensor de temperatura e um LED RGB.</p> <p>Sugestão de maquete: Modelo em 3D no Thinkercad.</p>
Unidade 6	Projeto 3	<p><i>Protótipo de Baixa Fidelidade</i></p> <p>Projeto 1 - Sistema de Proteção contra incêndio</p>
Unidade 7	Projeto 4	<p><i>Protótipo de Média Fidelidade</i></p> <p>Validação dos requisitos de hardware e software do Projeto 1</p> <p>Fonte: elaboração dos autores.</p> <p>Prototypagem do circuito eletrônico básico do Projeto 1</p> <p>Fonte: elaboração dos autores a partir do Fritzing.</p>

B Protótipo de Baixa Fidelidade

C Protótipo de Média Fidelidade

Figura 3. Estrutura e organização da proposta de livro

632

De maneira complementar, um quadro contendo uma versão mais detalhada do conteúdo programático do livro pode ser observado neste link, uma versão mais descriptiva dos objetivos, requisitos e sugestão de questões avaliativas sobre as atividades (projetos) pode ser visualizado neste link e um arquivo contendo os protótipos de baixa fidelidade dos 4 projetos principais pode ser encontrado neste link. Quando finalizado, o livro será disponibilizado neste site: <http://www.computacaofisica.com.br>.

3.5. Resultados Parciais

Os resultados parciais alcançados até o momento indicam um progresso significativo no desenvolvimento do livro didático proposto. Primeiramente, foi realizada uma análise detalhada das habilidades associadas ao eixo Pensamento Computacional, conforme as diretrizes da BNCC Computação para o 9º ano. Adicionalmente, foram definidas as habilidades que poderiam ser desenvolvidas através da construção de artefatos de Computação Física.

Posteriormente, foi selecionado o tema central do livro, focado na Indústria 4.0, e elaborados os primeiros esboços do conteúdo programático. A seguir, foram listados os requisitos de *software* (blocos do PictoBlox) e *hardware* (componentes Arduino, sensores, etc.) necessários para a construção dos artefatos físicos. Por fim, foram iniciadas as etapas de prototipação das atividades. Nesse sentido, as primeiras versões estão sendo validadas, assegurando a viabilidade técnica e pedagógica das propostas. Tais resultados parciais demonstram o avanço significativo do projeto, com a conclusão de etapas fundamentais.

4. Considerações Parciais

Ainda que se trate de uma proposta de recurso didático em desenvolvimento, os resultados encontrados até o presente momento evidenciam a viabilidade de continuidade de elaboração do livro didático. Nesse sentido, não foram identificados impedimentos significativos que poderiam comprometer o prosseguimento dos ciclos ainda não iniciados.

Além disso, acreditamos que os resultados parciais alcançados sinalizam que o livro poderá contribuir significativamente para: 1 - a disponibilidades de materiais didáticos sobre o PC em língua portuguesa, 2 - estimular o desenvolvimento de habilidades do PC por meio de uma abordagem plugada, 3 - fornecer aos egressos do curso de licenciatura em Computação (e professores de outras áreas) um aporte teórico e prático de como desenvolver artefatos de Computação Física no contexto da Educação Básica e 4 - estimular a comunidade científica que discute as habilidades do PC, a aprofundarem as investigações e propor novos materiais didáticos com as estratégias e recursos abordados no livro.

Embora as tecnologias endossadas nas atividades, como o Arduino, possam representar um problema para a sua devida utilização, já que algumas escolas podem não dispor dessas ferramentas ou de recursos financeiros para adquiri-las, é preciso considerar que algumas instituições de ensino já dispõem de laboratórios dedicados para esse tipo de atividades. Além disso, essa iniciativa pode acabar estimulando as secretarias de educação a adquirirem essas ferramentas para colocar em prática aquilo que é endossado pelas diretrizes da BNCC Computação. Nesse sentido, destaca-se por exemplo que a Secretaria de Educação Básica do Estado do Amazonas, já beneficiou mais de 80 escolas com equipamentos voltados para atividades práticas que envolvem conceitos e tecnologias da Computação [Seduc AM 2024].

Referências

- ArmEducation (2024). *Teaching with Physical Computing: Introduction to Project-Based Learning*. Arm Education. Disponível em: <https://tinyurl.com/4752y973>. Acesso em: 16 de jul. 2024.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., and Hanesian, H. (1980). *Psicologia educacional*. Interamericana.
- BBC, L. (2015). Indroduction to Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/42IqCJr>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- BCG (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries. Disponível em: <https://tinyurl.com/36uek5vw>. Acesso em: 03 de dez. 2024.
- Bentes, J. C., Flores, E. F., Guedes, A. d. J., Freitas, M. L. P., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-Rivera, J. (2024). Computação física e pensamento computacional - cidades automatizadas: Uma proposta de livro didático para o 7º ano. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 3222–3233, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/3vwjrc7j>. Acesso em: 03 de dez. 2024.
- 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. 2024.
- Bordini, A., Avila, C. M. O., Weisshahn, 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. 2024.
- 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: 22 de mai. 2024.
- Brasil (2018). Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Disponível em: <https://tinyurl.com/yeynrtp9>. Acesso em: 12 de jun. 2024.
- Brasil (2022a). Normas sobre computação na Educação Básica – BNCC Computação. Disponível em: <https://tinyurl.com/388jfb2m>. Acesso em: 12 de jun. 2024.
- Brasil (2022b). PARECER CNE/CEB Nº: 2/2022. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjbkztv5>. Acesso em: 12 de jun. 2024.
- Brasil (2023). Política Nacional de Educação Digital (PNED). Lei Nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023. Disponível em: <https://bit.ly/3kEmfis>. Acesso em: 07 de ago. 2024.
- Brazileiro, R. B. (2013). uma abordagem visual para prototipagem rápida em computação física/ricardo borges brazileiro. Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco.

- buco. Disponível em: <https://tinyurl.com/bdft2hz2>. Acesso em: 18 de jul. 2024.
- Carvalho, F. and Braga, M. (2022). Pensamento computacional na educação brasileira: um olhar segundo artigos do congresso brasileiro de informática na educação. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 30:237–261. Disponível em: <https://tinyurl.com/2s7c79yb>. Acesso em: 09 de jul. 2024.
- Code.Org (2016). Computational Thinking. Disponível em: <https://bit.ly/3J00QJo>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- Code.org (2024). Maker toolkit. Disponível em: <https://code.org/maker>. Acesso em: 07 de ago. 2024.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2022). 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 *Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola*, pages 877–888. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/trhwmz5f>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- 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: 22 de mai. 2024.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2024a). BNCC Computação: O que os acadêmicos de licenciatura precisam saber sobre o Pensamento Computacional? In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 878–891, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/ef39eb3x>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2024b). O Pensamento Computacional no processo de ensino e aprendizagem da Física: Uma revisão sistemática. In *Anais do XXXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 525–540, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/48usdtx6>. Acesso em: 21 jul. 2024.
- Costa-Junior, A. d. O. and Anglada-Rivera, J. (2024c). Uma proposta de instrumento avaliativo para identificar habilidades do pensamento computacional por meio da computação física. In *Anais do IV Simpósio Brasileiro de Educação em Computação*, pages 314–324. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/mvybnce7>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- Costa-Junior, A. d. O., Guedes, A. d. J., Souza, G. G., and Anglada-Rivera, J. (2023). *Computação Física: Programando sensores e componentes com Arduino e PictoBlox*, volume 1. 1 ed. Manaus - AM: Ed. dos autores. Disponível em: <http://www.computacaofisica.com.br>. Acesso em: 12 de jun. 2024.
- Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., and Woppard, J. (2015). Computational thinking-a guide for teachers. Disponível em: <https://bit.ly/43MYp52>. Acesso em: 22 de mai. 2024.

- 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/3qsKmD0>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- Culkin, J. and Hagan, E. (2017). *Learn Electronics with Arduino: An Illustrated Beginner's Guide to Physical Computing*. Maker Media, Inc.
- Culkin, J. and Hagan, E. (2019). *Aprenda eletrônica com Arduino: Um guia ilustrado de eletrônica para iniciantes*. Novatec Editora.
- 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/32czaye9>. Acesso em: 22 de jul. 2024.
- DesPortes, K. S. (2018). Physical computing education: Designing for student authorship of values-based learning experiences. Disponível em: <https://tinyurl.com/u3m553e4>. Acesso em : 18 de jul. 2024.
- FieldsOfCS (2023). *Physical Computing - Robotics - Processors and Chips*. CSforALL. Disponível em: <https://tinyurl.com/yjee3vjh>. Acesso em: 16 de jul. 2024.
- Flores, E. F., Guedes, A. d. J., Bentes, J. C., Freitas, M. L. P., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-Rivera, J. (2024). Computação física e pensamento computacional - minha casa automatizada: Uma proposta de livro didático para o 6º ano. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 3160–3172, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/4m6rnbjk>. Acesso em: 03 de dez. 2024.
- Foundation, R. P. (2021). *The Big Book of Computing Pedagogy*. Raspberry Pi Foundation. Disponível em: <https://tinyurl.com/6pps72vf>. Acesso em: 16 de jul. 2024.
- França, R. and Tedesco, P. (2019). Sertão. bit: Um livro-jogo de difusão do pensamento computacional. In *Anais dos Workshops do Congresso Brasileiro de Informática na Educação*, pages 278–287. Disponível em: <https://tinyurl.com/2s7c79yb>. Acesso em: 17 de jul. 2024.
- França, R. S. d. (2020). *Uma abordagem pedagógica incorporada para o desenvolvimento do pensamento computacional no ensino fundamental*. PhD thesis, Tese (Doutorado em Ciência da Computação) – Universidade Federal de Pernambuco. Disponível em: <https://tinyurl.com/mskeb8kr>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- Freitas, M. L. P., Flores, E. F., Guedes, A. d. J., Bentes, J. C., Costa-Junior, A. d. O., and Angldada-Rivera, J. (2024). Computação física e pensamento computacional - sociedade sustentável: Uma proposta de livro didático para o 8º ano. In *Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 3234–3245, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/y4ryuxuj>. Acesso em: 03 de dez. 2024.
- Gorgônio, F. L. and Vale, K. M. (2023). Introdução ao pensamento computacional no ensino fundamental: Um relato de experiência em escolas distritais. In *Anais do VIII*

- Congresso sobre Tecnologias na Educação*, pages 463–466. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/msmuj27n>. Acesso em: 22 de jul. 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/4xzmrr7t>. Acesso em: 22 de jul. 2024.
- Grossi, M. G. R., de Sousa Cruz, T. F., de Souza Minoda, D., de Souza, N. T., et al. (2021). Aplicação dos pilares da indústria 4.0 na educação. *Cadernos UniFOA*, 16(47). Disponível em: <https://tinyurl.com/4dwyxhsz>. Acesso em: 03 de dez. 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: 22 de mai. 2024.
- Guarda, G. F. and Pinto, S. C. C. (2020). Dimensões do pensamento computacional: conceitos, práticas e novas perspectivas. In *Simpósio brasileiro de informática na educação (SBIE)*, pages 1463–1472. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/4r47jwcf>. Acesso em: 09 de jul. 2024.
- Hodges, S., Sentance, S., Finney, J., and Ball, T. (2020). Physical computing: A key element of modern computer science education. *Computer*, 53(4):20–30. Disponível em: <https://tinyurl.com/2xz3t7hm>. Acesso em: 07 de jul. 2024.
- Kalelioglu, F., Gülbahar, Y., and Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4(3):583. Disponível em: <https://tinyurl.com/26vckcpp>. Acesso em: 09 de jul. 2024.
- Liukas, L. (2015). *Hello Ruby: adventures in coding*, volume 1. Macmillan.
- Monk, S. (2013). *Programação com Arduino: começando com Sketches*. Bookman Editora.
- O’Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical computing: sensing and controlling the physical world with computers*. Course Technology Press.
- Papert, S. A. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic books.
- Raabé, A., Viana, C., and Calbusch, L. (2020). Ct puzzle test: Em direção a uma avaliação interativa do pensamento computacional. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1683–1692. SBC. Disponível em: <https://tinyurl.com/3wkk2ubf>. Acesso em: 18 de jul. 2024.
- Román-Gonzalez, M., Pérez-González, J. C., and Jiménez-Fernández, C. (2015). Test de pensamiento computacional: diseño y psicometría general. In *Iii congreso internacional sobre aprendizaje, innovación y competitividad (CINAIC 2015)*, pages 1–6. Disponível em: <https://tinyurl.com/5dd54wea>. Acesso em: 22 de jul. 2024.
- Santana, B. L., Araújo, L. G. d. J., and Bittencourt, R. A. (2019). Série Computação Fundamental. Disponível em: <https://tinyurl.com/mu6fjbkt>. Acesso em: 16 de jul. 2024.
- 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. 2024.
- 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. 2024.
- Seduc AM (2024). Projeto Fazer para Aprender. Secretaria de Estado de Educação do Amazonas (SEDUC-AM). Disponível em: <https://tinyurl.com/4w82f5jk>. Acesso em: 17 set. 2024.
- Selby, C. and Woollard, J. (2013). Computational thinking: the developing definition. Disponível em: <https://tinyurl.com/36j3udaf>. Acesso em: 19 de jun. de 2024.
- Sentance, S., Waite, J., Yeomans, L., and MacLeod, E. (2017). Teaching with physical computing devices: the bbc micro: bit initiative. In *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, pages 87–96. Disponível em: <https://tinyurl.com/ysnursyv>. Acesso em: 18 de jul. 2024.
- Silva, I., França, R., and Falcão, T. P. (2021). Recursos para o desenvolvimento do pensamento computacional: da identificação à avaliação. *Revista Tecnologias na Educação*, 13(35). Disponível em: <https://tinyurl.com/bc6kmyd9>. Acesso em: 24 de jun. 2024.
- Valente, J. A. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista E-curriculum*, 14(3):864–897. Disponível em: <https://tinyurl.com/5n74nxz5>. Acesso em: 09 de jul. 2024.
- Wing, J. (2017). Computational thinking's influence on research and education for all. *Italian Journal of Educational Technology*, 25(2):7–14. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycfmwfy7>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35. Disponível em: <https://tinyurl.com/8rvzjktv>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- Zanetti, H. A. P., Borges, M. A. F., and Ricarte, I. L. M. (2023). Comfapoo: Método de ensino de programação orientada à objetos baseado em aprendizagem significativa e computação física. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 31:01–30. Disponível em: <https://tinyurl.com/ycxa6xks>. Acesso em: 22 de mai. 2024.
- 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/3zpksxum>. Acesso em: 22 de jul. 2024.