Pensamento Computacional e Letramento Científico via Computação Física no Ensino Integrado: Poste Inteligente com Sensor LDR

Leila Maria Salomão de Souza[1], **Gabriela Ribeiro Peixoto Rezende Pinto**[2], **Álvaro Santos Alves**[3], **Osmar Santana Ribeiro**[4], **Débora Gomes Gonçalves** [4]

[1]CETEP Jonival Lucas - Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Sapeaçu/Feira de Santana – BA – Brasil

[2]Departamento de Ciências Exatas e da Terra (DEXA)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana – BA – Brasil

[3]Departamento de Física (DFIS)
Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS)
Feira de Santana – BA – Brasil

[4]CETEP Jonival Lucas - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia UFRB)
Sapeaçu/Cruz das Almas – BA – Brasil

{mate.leila,deboralg.03}@gmail.com, {asa,gabrielarprp}@uefs.br

Abstract. *This experience report describes a Physical Computing pedagogical practice grounded in STEAM and Project-Based Learning (PBL) approaches, conducted with third-year students from an Integrated Technical High School in Logistics. The objective was to teach Physics concepts (semiconductor materials) through the maker development of a smart streetlight prototype using Arduino, low-cost materials, and an LDR sensor. The practical investigation of the sensor and the programming of automation algorithms fostered the development of Computational Thinking (decomposition and debugging) and consolidated the students' Scientific Literacy by connecting Physics and Computing to urban energy efficiency.*

Resumo. *Este relato descreve uma prática pedagógica de Computação Física fundamentada nas abordagens STEAM e ABP, realizada com estudantes do 3º ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Logística. O objetivo foi ensinar conceitos de Física Moderna (materiais semicondutores) por meio do desenvolvimento maker de um protótipo de poste inteligente utilizando Arduino, materiais de baixo custo e um sensor LDR. A investigação prática do sensor e a programação dos algoritmos de automação impulsionaram o desenvolvimento do Pensamento Computacional (decomposição e depuração) e consolidaram o Letramento Científico dos alunos ao conectarem a Física e a Computação à eficiência energética urbana.*

1. Introdução

A articulação entre as formações geral e técnica no Ensino Médio Integrado desafia a escola a superar a fragmentação do conhecimento por meio de propostas interdisciplinares [Ramos 2017]. No curso técnico em Logística, a gestão de infraestruturas urbanas e

o desenvolvimento sustentável emergem como eixos geradores de problemas reais, tornando a eficiência energética na iluminação pública um tema propício para a investigação científica escolar. Essa problemática exige soluções integradas que conectem circuitos elétricos ao desenvolvimento de sistemas automatizados fundamentados na Ciência da Computação.

Como resposta pedagógica, a Computação Física (CF), articulada à abordagem STEAM e à Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), oferece um ecossistema maker ideal para a transposição didática [Blikstein 2013]. Ao projetarem um protótipo de "Poste Inteligente"com a plataforma Arduino e o sensor LDR (*Light Dependent Resistor*), os estudantes atuam diretamente na resolução de problemas de engenharia urbana. Essa abordagem prática materializa conceitos físicos, como o comportamento de materiais semicondutores e a variação da resistência elétrica, na lógica eletrônica do artefato construído.

O diferencial desta intervenção reside na convergência intencional entre o Pensamento Computacional (PC) e o Letramento Científico (LC), num planejamento coletivo entre professores de Física, Computação e coordenação pedagógica. A construção do protótipo mobiliza pilares do PC quando os discentes decompõem o sistema em estados lógicos discretos e realizam a depuração de falhas no código e no limiar da leitura analógica [Wing 2006, SBC 2019]; simultaneamente, estimula indicadores de LC ao instigá-los a investigar variáveis ambientais e aplicar a tecnologia contra o desperdício energético [Sasseron and de Carvalho 2011]. Diante disso, este artigo relata essa experiência pedagógica conduzida em uma turma de 3º ano do Curso Técnico em Logística Integrado ao Ensino Médio, analisando os impactos dessa práxis na apropriação de conceitos físicos e no fortalecimento de habilidades computacionais.

2. Fundamentação Teórica

O arcabouço teórico desta intervenção articula inovação metodológica, ciência dos materiais e tecnologia educacional para superar a fragmentação do conhecimento no Ensino Médio Técnico Integrado. A seguir, articulam-se as metodologias ativas, o papel da CF, do PC e do LC no estudo dos materiais semicondutores.

2.1. Metodologias Ativas: Abordagem STEAM, Cultura Maker e ABP

As metodologias ativas deslocam o foco do ensino para a atuação investigativa do estudante. No Ensino Médio Técnico Integrado, a abordagem STEAM opera como matriz interdisciplinar que anula a rigidez das disciplinas, exigindo que a resolução de problemas mobilize saberes científicos e tecnológicos de forma indissociável [Pugliese 2020].

Tal abordagem converge com a Cultura *Maker* e suas bases construcionistas, segundo as quais a aprendizagem consolida-se de forma mais eficiente quando o sujeito constrói um artefato concreto [Papert 1980]. Dessa maneira, a experimentação prática e a depuração do erro tornam-se mecanismos centrais de evolução cognitiva. Como fio condutor, a ABP estrutura o percurso a partir de uma questão norteadora vinculada à realidade dos estudantes, exigindo investigação rigorosa, tomada de decisões e colaboração [Bender 2014].

2.2. Computação Física e Pensamento Computacional no espaço escolar

A CF permite a comunicação bidirecional entre o mundo digital e o analógico por meio de microcontroladores, sensores e atuadores [O'Sullivan and Igoe 2004]. A democratização desse ecossistema via plataformas de hardware livre, como o Arduino, viabiliza a criação de protótipos tangíveis de baixo custo na escola [Blikstein 2013].

Ao programar o comportamento de um objeto físico, o estudante desenvolve as competências do PC, compreendido como uma estratégia humana de resolução de problemas apoiada nos fundamentos da Ciência da Computação [Wing 2006]. Embora marcos curriculares frequentemente vinculem o PC à Matemática, defende-se que a Física oferece um cenário ideal e orgânico para essa articulação [Costa-Junior and Rivera 2024], onde a CF atua como ponte concreta para tirar conceitos científicos abstratos por meio de sistemas automatizados baseados em projetos [Costa-Junior and Anglada-Rivera 2026].

2.3. O Letramento Científico no estudo do Sensor LDR

A promoção do LC preconiza que o estudante desenvolva competências para além da memorização de fatos, capacitando-o a compreender a natureza da ciência [Brasil 2018], analisar evidências tecnológicas e aplicar esses saberes na tomada de decisões responsáveis sobre problemas sociais reais [Sasseron and de Carvalho 2011]. Assim, a automação de um sistema de iluminação urbana pressupõe a investigação científica do componente central do circuito: o sensor LDR (*Light Dependent Resistor*).

O entendimento do LDR exige a inserção do estudante no domínio da Física Moderna e Contemporânea, superando o anacronismo de um currículo centrado exclusivamente na mecânica clássica [Ostermann and Moreira 2001]. Ao estudar os materiais semicondutores, os discentes compreendem que a condutividade elétrica pode ser modulada por estímulos externos. A incidência de luz sobre a superfície do material transfere energia aos elétrons, permitindo que estes vençam a banda proibida e transitem para a banda de condução por meio do efeito fotoelétrico interno.

Ao formularem hipóteses sobre o limiar de transição luminosa e interpretarem os dados obtidos, os discentes exercitam o pensamento crítico e a argumentação. Assim, o estudo dos semicondutores deixa de ser uma abstração teórica e converte-se em solução real na logística de iluminação pública.

3. Metodologia e Relato de Experiência

Esta seção apresenta o percurso metodológico da prática, configurada como um relato de experiência quali-quantitativo e intervencionista. Pautada na ABP e na Cultura *Maker*, a proposta investigou os desdobramentos de uma oficina de automação e robótica nas aulas de Física, detalhando o contexto, os sujeitos, a infraestrutura e as etapas cronológicas do itinerário pedagógico.

3.1. Contexto, participantes e infraestrutura da intervenção

A intervenção pedagógica ocorreu no Centro Territorial de Educação Profissional do Recôncavo Jonival Lucas, em Sapeaçu, Bahia. O público-alvo consistiu em 10 estudantes do gênero feminino do 3º ano do Ensino Médio Técnico Integrado em Logística. Essa delimitação deu-se intencionalmente como uma ação afirmativa para incentivar a

inserção de meninas nas carreiras de base científica e tecnológica, combatendo disparidades históricas na área [UNESCO 2017]. Previamente à oficina, nenhuma participante possuía experiência com lógica de programação, algoritmos ou eletrônica. A equipe restante da turma, composta de 7 estudantes do gênero masculino ficou responsável por construir o mesmo sistema utilizando apenas a protoboard com LED.

A atividade estendeu-se por quase dois meses, totalizando 12 horas-aula distribuídas em encontros semanais no laboratório de informática. Foi utilizado um kit básico de Arduino. Alinhando a ABP à sustentabilidade, a estrutura física do "Poste Inteligente" foi confeccionada pelas discentes com papelão reaproveitado e um tripé do acervo escolar. O circuito de acionamento integrou conexões elétricas manuais, uma lâmpada residencial convencional e um módulo relé para o controle da carga de alta tensão. A culminância do projeto ocorreu com a socialização dos protótipos funcionais na mostra científica institucional *Expo Maker*.

3.2. Percurso pedagógico e fases da intervenção

Para operacionalizar a ABP sob a perspectiva da abordagem STEAM, a intervenção de 12 horas-aula foi estruturada em quatro fases, detalhadas a seguir:

- **Fase 1 - Problematização e formulação da questão norteadora (2 horas-aula):** O itinerário pedagógico iniciou-se com a apresentação de um problema real de logística urbana e infraestrutura sustentável: o desperdício energético decorrente de sistemas de iluminação pública ineficientes em grandes centros e comunidades locais. A partir desse cenário, as estudantes foram instigadas por meio da questão norteadora: "*Como projetar um protótipo para iluminação pública de baixo custo que otimize o consumo de energia elétrica utilizando sensores?*".
- **Fase 2 - Estudo do Sensor LDR (2 horas-aula):** Rompendo a abordagem tradicional, esta fase dedicou-se ao estudo da Física Moderna subjacente aos componentes eletrônicos. As alunas investigaram a natureza da ciência por trás do sensor LDR, compreendendo como a incidência da luz atua na no material semicondutor (sulfeto de cádmio), alterando sua resistência elétrica. Foram realizados experimentos simples de medição analógica da resistência através de um protótipo construído previamente pelos professores, em diferentes condições de luminosidade, promovendo os primeiros indicadores de LC através do levantamento de hipóteses e análise de dados experimentais.
- **Fase 3 - Prototipagem *maker*, modelagem e codificação (6 horas-aula):** Sendo a fase mais densa do projeto, as estudantes integraram a teoria física aos fundamentos da Ciência da Computação. Divididas em grupos de trabalho colaborativo, as discentes realizaram o mapeamento lógico e a construção do algoritmo em linguagem C/C++ na IDE do Arduino. Nesta etapa, os pilares do PC foram intensamente mobilizados: a decomposição operou na divisão do sistema em blocos (leitura do sensor, tomada de decisão condicional *if/else* e acionamento do módulo relé); e a depuração manifestou-se na resolução de problemas práticos, como a calibração do limiar de luminosidade para evitar o efeito de oscilação contínua da lâmpada e o tratamento de erros de sintaxe no código. A estrutura física do poste foi confeccionada paralelamente utilizando papelão e o tripé escolar, conectando a engenharia e a sustentabilidade ao circuito de alta tensão por meio do relé.

- **Fase 4 - Validação e socialização na *Expo Maker* (2 horas-aula):** A etapa final consistiu na validação técnica dos protótipos em ambiente simulado e na comunicação dos resultados. As estudantes apresentaram o protótipo em funcionamento na mostra científica intitulada *Expo Maker*. A socialização exigiu que as alunas articulassem textualmente e verbalmente a justificativa do projeto, defendendo a viabilidade da automação proposta com base no conceito de semicondutores e na lógica computacional implementada, consolidando os níveis mais elevados de LC e protagonismo tecnológico feminino.

3.3. Processo avaliativo por rubricas de desempenho

Alinhada aos pressupostos da ABP, a avaliação desta atividade prática não se limitou à aferição do artefato tecnológico final, mas assumiu um caráter processual e formativo, conforme preconizado por Bender [2014].

Como componente obrigatório da Avaliação Parcial da I Unidade, adotou-se uma Rubrica de Desempenho estruturada de forma a mensurar múltiplos canais de competências. Embora o desenvolvimento do poste inteligente tenha ocorrido em caráter coletivo, a atribuição de notas deu-se de maneira individualizada. A matriz avaliativa foi composta por quatro critérios com pesos equivalentes (Peso 1,0), pontuados nos níveis Insuficiente (0,0 a 0,4), Bom (0,5 a 0,8) e Excelente (0,9 a 1,0):

1. **Domínio da Física:** Avaliou a capacidade de relacionar o protótipo às variáveis do eletromagnetismo e correntes elétricas.
2. **Execução Técnica:** Mensurou a funcionalidade, criatividade e otimização do código do Arduino, valorizando o registro documental de falhas de montagem e depuração como parte do aprendizado científico.
3. **Relatório e Colaboração:** Analisou a organização do relatório técnico hospedado em nuvem e a eficiência do trabalho em equipe.
4. **Comunicação Oral:** Avaliou a fluidez, o uso de termos técnicos e a segurança na articulação dos resultados frente ao público.

O erro foi explicitamente incorporado à dinâmica metodológica como elemento constituinte do fazer científico. Desse modo, as equipes foram orientadas a documentar sistematicamente as falhas de projeto e as estratégias lógico-computacionais adotadas para resolvê-las, convertendo o processo de depuração de *software* e *hardware* em pontuação válida no critério de execução técnica.

4. Resultados e Discussões

Esta seção analisa os dados empíricos e as produções decorrentes da intervenção, estruturados sob as dimensões cognitivas e sociais observadas no laboratório de informática. A seguir, são discutidas as evidências de aprendizagem das estudantes articuladas aos referenciais de desenvolvimento computacional e letramento científico.

4.1. Evidências do desenvolvimento do Pensamento Computacional

A análise do percurso prático vivenciado pelas estudantes evidenciou que a ausência de experiência prévia com programação e eletrônica foi superada por meio da mobilização progressiva dos pilares do PC, conforme preconizado pela SBC [2019]. Devido ao tempo

delimitado da intervenção (12 horas-aula), o uso da Inteligência Artificial Generativa (IAG) *Gemini* atuou como um artefato de mediação tecnológica. Em vez de uma postura passiva de cópia de sintaxe, as discentes utilizaram a IAG para buscar estruturas algorítmicas iniciais e, fundamentalmente, para compreender o significado semântico e lógico de cada linha de código em linguagem C/C++.

O pilar da **decomposição** manifestou-se na capacidade das estudantes de fragmentar a complexidade do "Poste Inteligente" em subproblemas gerenciáveis. Inicialmente, as turmas delimitaram que o sucesso do projeto dependia do isolamento de três macroetapas: a captura e conversão do sinal analógico do sensor LDR; a definição de uma estrutura de decisão lógica condicional; e o acionamento elétrico do módulo relé para chaveamento da lâmpada de 110 Volts. Essa estratégia permitiu que as alunas realizassem testes unitários no laboratório de informática, como ilustra a figura 1.

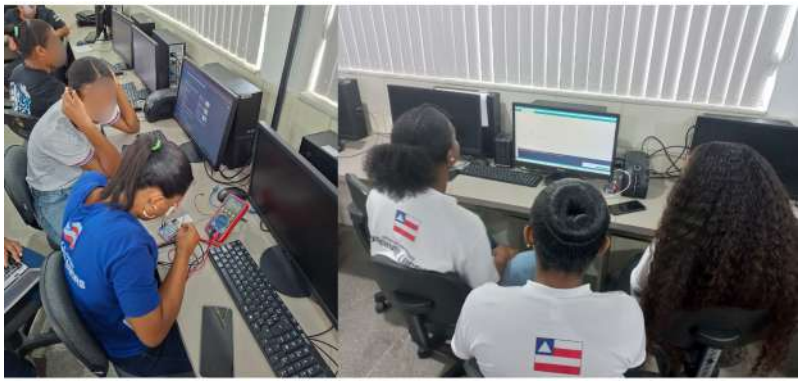


Figura 1. Etapas de codificação e mediação tecnológica

As estudantes validaram a leitura analógica e integraram a lógica condicional para controlar o relé, mas enfrentaram o desafio de calibrar o limiar de luz para evitar a oscilação intermitente da lâmpada. Com o apoio da IAG, depuraram o código e aplicaram margens de segurança, o que evidenciou maturidade cognitiva no ajuste das variáveis lógicas. Todo esse processo investigativo consolidou-se por meio da prototipagem *maker*, figura 2, tangibilizando a teoria, de modo que a montagem física do poste realizou uma excelente transposição didática para a macroestrutura da iluminação pública.



Figura 2. Construção do circuito e testagem do protótipo

Essa integração entre o desenvolvimento do *hardware* e o refinamento do *software* consolidou o LC, pois permitiu às discentes compreenderem a automação como

uma solução de engenharia voltada à eficiência energética. Assim, a CF atuou como o elo entre o PC e a aplicação logística, transformando o erro técnico em uma oportunidade de aprendizagem significativa e crítica sobre o sistema automatizado de postes.

4.2. A Computação Física como agente de promoção do Letramento Científico

A análise das produções escritas e da defesa oral das estudantes permitiu identificar a emersão de indicadores estruturantes do LC, mapeados sob o referencial de Sasseron e Carvalho [2011] e Brasil [2018]. Nesse cenário, a CF atuou como elemento mediador do LC: em vez de submeter as alunas a uma memorização abstrata de leis elétricas, a manipulação do hardware livre converteu circuitos e componentes em objetos de investigação científica controláveis.

As primeiras evidências desse processo surgiram na transposição para o relatório, onde as estudantes demonstraram compreensão científica ao relacionar a incidência de luz ao comportamento do sensor LDR por meio da Computação Física. Conforme a Figura 3, explicaram que o aumento da luminosidade reduz a resistência elétrica do componente. Como resultado, a intensidade da corrente no circuito aumenta, alterando o estado lógico lido pelo microcontrolador.

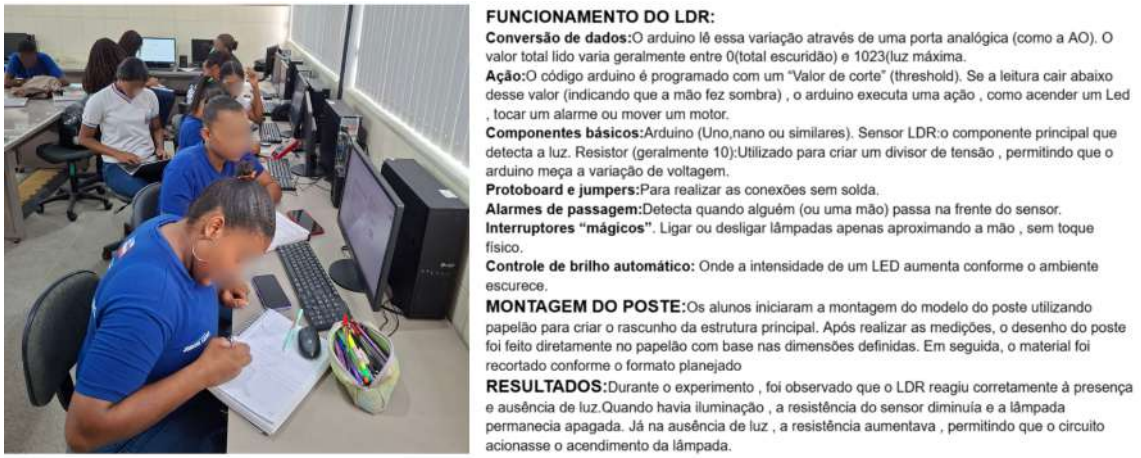


Figura 3. Produção textual e sistematização do conhecimento

Essa apropriação conceitual, mediada pelo artefato tecnológico, ganhou contornos práticos de argumentação e divulgação científica durante a culminância do projeto na *Expo Maker*. Ao apresentarem o protótipo funcional para a comunidade escolar, figura 4, as discentes validaram o indicador de aplicação do conhecimento ao demonstrar o domínio sobre o comportamento das variáveis do sistema.

Elas justificaram a inserção do módulo relé como um interruptor eletrônico necessário para isolar com segurança a baixa tensão da lógica digital e a alta tensão da lâmpada residencial convencional. Ao demonstrarem o poste inteligente acendendo a lâmpada ao ativar a sombra passando as mãos por cima do sensor, as alunas defenderam criticamente como a CF se aplica diretamente à Logística Urbana, oferecendo soluções sustentáveis de baixo custo para otimizar o consumo energético em escala local.



Figura 4. Divulgação Científica na Expo Maker

4.3. Análise quali-quantitativa do desempenho escolar

Para validar a eficácia da Cf sob o tripé do PC, LC e Cultura *Maker*, os dados de desempenho de uma amostra de 10 estudantes (A a J) foram tabulados e submetidos a um cruzamento quali-quantitativo, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Desempenho das estudantes

ESTUDANTE	Domínio da Física	Execução Técnica	Relatório e Colaboração	Comunicação Oral	TOTAL
A	0,5	1,0	1,0	0,5	3,0
B	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
C	0,5	0,7	1,0	0,8	3,0
D	0,7	1,0	1,0	0,6	3,3
E	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
F	0,8	1,0	1,0	1,0	3,8
G	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
H	1,0	1,0	1,0	1,0	4,0
I	0,8	0,8	1,0	1,0	3,6
J	0,5	0,6	1,0	0	2,1

A análise quantitativa revela uma alta taxa de sucesso na assimilação prática do projeto. Dos 10 discentes avaliados, 40% atingiram a pontuação máxima (4,0) e a média geral da turma fixou-se em 3,48 pontos. O critério Relatório e Colaboração obteve aproveitamento máximo unânime (1,0), o que ratifica a eficiência da Aprendizagem Baseada em Projetos em engajar os alunos no trabalho cooperativo e na coautoria de registros textuais.

No parâmetro da Execução Técnica, 70% das estudantes alcançaram o nível Excelente. Esse índice está diretamente associado à dinâmica de depuração (*debugging*) estimulada em sala: ao se depararem com problemas de oscilação física (*bouncing*) e calibração de limiares no sensor LDR, as equipes usaram a programação adaptativa para isolar os erros. Esse comportamento corrobora as teorias de Bender [2014] sobre como a resolução de problemas autênticos de engenharia fixa habilidades do PC de forma muito mais significativa que listas de exercícios puramente abstratas.

Por outro lado, o cruzamento com os critérios de Domínio da Física e Comunicação Oral evidenciou os maiores desafios na transposição didática. As estudantes A, C e J pontuaram no limite mínimo do nível Bom (0,5) em Física, demonstrando que, embora tenham construído e programado o poste com sucesso (Execução Técnica: 1,0; 0,7; 0,6, respectivamente), ainda persistiam lacunas conceituais na hora de explicar formalmente como as variáveis elétricas eram alteradas pelo material semicondutor do LDR.

O caso da estudante J (Total: 2,1) é oportuno: obteve sucesso na colaboração e desenvolveu um protótipo funcional, mas a ausência de participação na defesa oral (Nota 0,0) afetou significativamente sua avaliação global. Esse cenário reforça a importância da avaliação multidimensional por rubricas adaptadas de Bender (2014). Se a avaliação considerasse apenas o funcionamento do produto final, as dificuldades individuais de comunicação técnica e apropriação das terminologias passariam despercebidas, mascarando demandas essenciais para o LC.

5. Considerações Finais

A intervenção pedagógica descrita neste relato evidenciou a viabilidade e o potencial formativo da Computação Física como elemento articulador entre a formação geral básica e a técnica no Ensino Médio Integrado. Ao centralizar o percurso metodológico no desenvolvimento prático de um protótipo orientado pelas abordagens STEAM e ABP, respondeu-se satisfatoriamente ao objetivo proposto. O artefato tangível atuou como um elemento de mediação cognitiva eficiente, permitindo que estudantes sem experiência prévia em computação superassem a fragmentação curricular ao mobilizar conceitos fundamentais de circuitos elétricos e ao consolidar competências estruturantes do Pensamento Computacional e do Letramento Científico.

As evidências empíricas coletadas no laboratório de informática e na culminância durante a *Expo Maker* foram validadas por um processo avaliativo multidimensional baseado em rubricas de desempenho. Esse modelo permitiu um diagnóstico quali-quantitativo, revelando que a transposição didática mediada pela plataforma Arduino e pela Inteligência Artificial Generativa potencializou habilidades de decomposição e depuração diante de problemas físicos e algorítmicos reais. Mais do que mensurar o funcionamento do produto final, a avaliação por rubricas capturou tanto o sucesso do engajamento colaborativo unânime quanto os desafios individuais na apropriação da terminologia científica e na defesa oral, garantindo o caráter formativo da prática.

Ademais, o recorte intencional de gênero configurou-se como uma ação afirmativa de elevado impacto social. A condução da oficina exclusivamente com discentes do gênero feminino do curso de Logística contribuiu diretamente para a desmistificação da área tecnológica, estimulando a autoeficácia e o protagonismo dessas jovens ao se apropriarem de ferramentas complexas de *hardware*, *software* e automação voltadas ao desenvolvimento urbano sustentável.

Como limitação da experiência, aponta-se a restrição material decorrente da disponibilidade de apenas um kit básico de Arduino para o quantitativo de alunas, o que exigiu um esforço de colaboração e gerenciamento do tempo em sala de aula. Para trabalhos futuros, propõe-se a expansão desta proposta metodológica por meio de projetos interdisciplinares com temáticas intencionais ligadas aos cursos técnicos ofertados pela instituição, além do refinamento dos instrumentos de avaliação para acompanhar o desenvolvimento conceitual contínuo em Física Teórica de forma integrada à programação.

6. Declaração de Uso de Inteligência Artificial Generativa

Em conformidade com as diretrizes éticas da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), o trabalho utilizou a Inteligência Artificial Generativa *Gemini* em duas frentes. Na dimensão pedagógica, a ferramenta serviu como suporte digital para estudantes, que a uti-

lizaram ativamente para consultar sintaxes em C/C++ do Arduino, decodificar lógicas de programação e auxiliar na depuração de algoritmos e calibração de sensores.

Na redação acadêmica, os autores empregaram a IAG de forma colaborativa para refinamento estilístico, organização estrutural e adequação do manuscrito ao template da SBC. O uso limitou-se ao polimento gramatical, garantindo que toda a fundamentação teórica, análise de dados e responsabilidade intelectual do estudo fossem de autoria exclusiva dos pesquisadores humanos.

Referências

Bender, W. N. (2014). *Aprendizagem Baseada em Projetos: educação diferenciada para o século XXI*. Penso Editora.

Blikstein, P. (2013). Digital fabrication and 'making' in education: The democratization of invention. In Walter-Herrmann, J. and Büching, C., editors, *FabLabs: Of Machines, Makers and Inventors*, pages 203–222. Transcript Publishers, Bielefeld.

Brasil (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília. Acesso em: 30 jun. 2026.

Costa-Junior, A. and Anglada-Rivera, J. (2026). Teste de pensamento computacional com computação física: Uma proposta de instrumento avaliativo para o processo de ensino e aprendizagem de acadêmicos de licenciatura. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 34:1–37. Acesso em: 28 jun. 2026.

Costa-Junior, A. and Rivera, J. A. (2024). 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. Acesso em: 30 jun. 2026.

Ostermann, F. and Moreira, M. A. (2001). Uma revisão de pesquisas sobre a inserção de física moderna e contemporânea no ensino médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 6(3):397–425.

O'Sullivan, D. and Igoe, T. (2004). *Physical Computing: Sensing and Controlling the Physical World with Computers*. Course Technology PTR, Boston.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, New York.

Pugliese, G. (2020). STEM education–um panorama e sua relação com a educação brasileira. *Currículo sem Fronteiras*, 20(1):209–232.

Ramos, M. N. (2017). Ensino médio integrado: Lutas históricas e resistências em tempos de regressão. *Educação Profissional e Tecnológica em Revista*, 1(1):27–49. Acesso em: 28 jun. 2026.

Sasseron, L. H. and de Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1):59–77.

SBC (2019). Diretrizes para ensino de computação na educação básica. Technical report, Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre.

UNESCO (2017). *Decifrar o código: educação de meninas e mulheres em ciências, tecnologia, engenharia e matemática (STEM)*. UNESCO, Paris.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.