

Integração entre a Metodologia POE e a Simulação Computacional com *Tinkercad* no Ensino de Robótica Educacional

Lucas E. Lopes, FECLI/UECE – Campus Mombaça

lucas.evangelista@aluno.uece.br, <https://orcid.org/0009-0007-7343-0561>

Francisco Renato C. Araújo, FECLI/UECE – Campus Mombaça

frenato.araujo@uece.br, <https://orcid.org/0000-0001-6661-8768>

Jonas L. Cavalcante, FECLI/UECE – Campus Mombaça

jns.cavalcante@uece.br, <https://orcid.org/0000-0001-5572-2180>

Resumo: Embora limitações estruturais ainda restrinjam a implementação da Robótica Educacional (RE) em escolas públicas, metodologias investigativas associadas à simulação computacional ampliam as possibilidades pedagógicas. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo investigar a eficácia da metodologia *Prever, Observar e Explicar* (POE), integrada à simulação com o *Tinkercad*, como apoio ao ensino de RE no Ensino Médio. A investigação foi realizada com 24 estudantes de uma escola pública de Mombaça-CE, envolvendo 13 atividades organizadas em três níveis progressivos de complexidade. Os resultados evidenciaram a predominância de respostas convergentes (75,6%), sobretudo nas atividades introdutórias e intermediárias, enquanto tarefas mais complexas envolvendo sensores e estruturas condicionais apresentaram maiores dificuldades. Conclui-se que a integração entre a metodologia POE e a simulação computacional com o *Tinkercad* favorece práticas investigativas e potencializa a compreensão de conceitos de RE em contextos escolares com limitações estruturais.

Palavras-chave: robótica educacional; simulação computacional; metodologia POE; *Tinkercad*.

Integration of the POE Strategy and Tinkercad-Based Computer Simulation in Educational Robotics

Abstract: Although structural limitations still constrain the implementation of Educational Robotics (ER) in public schools, inquiry-based methodologies combined with computer simulation expand pedagogical possibilities. In this context, this study aims to investigate the effectiveness of the Predict-Observe-Explain (POE) strategy integrated with Tinkercad simulation as a support tool for teaching ER in secondary education. The study was conducted with 24 students from a public school in Mombaça, Ceará, Brazil and involved 13 activities organized into three progressively complex levels. The results revealed a predominance of convergent responses (75.6%), particularly in the introductory and intermediate activities, whereas more complex tasks involving sensors and conditional structures presented greater challenges. The findings indicate that the integration of the POE strategy and Tinkercad-based computer simulation promotes inquiry-based practices and enhances students' understanding of ER concepts in school contexts with structural limitations.

Keywords: educational robotics; computer simulation; Predict-Observe-Explain (POE); Tinkercad.

1. Introdução

Em um cenário educacional progressivamente permeado por tecnologias digitais, intensificam-se discussões acerca da necessidade de práticas pedagógicas capazes de promover aprendizagens mais significativas, centradas na resolução de problemas, experimentação e participação ativa dos estudantes. Em consonância com essa compreensão, documentos normativos como a BNCC (Brasil, 2018) e a BNCC Computação (Brasil, 2022) reforçam competências relacionadas ao pensamento computacional e ao uso crítico de tecnologias. Nesse movimento, a Robótica Educacional (RE) destaca-se como uma abordagem capaz de articular conhecimentos de programação, eletrônica e automação, favorecendo aprendizagens contextualizadas por meio da

construção e manipulação de dispositivos tecnológicos (Fernandes *et al.*, 2018; Neto e Bertagnolli, 2021).

Não obstante os avanços observados no campo da RE, sua implementação em escolas públicas ainda enfrenta obstáculos relacionados à limitação de infraestrutura, à ausência de laboratórios especializados e à escassez de kits físicos destinados ao desenvolvimento de atividades práticas (Dalaqua, 2025; Neto e Bertagnolli, 2021). Tais limitações tornam-se ainda mais evidentes em contextos periféricos e interioranos, restringindo experiências pedagógicas mediadas por tecnologias. Frente a esse cenário, ambientes de simulação computacional apresentam-se como alternativas viáveis para ampliar o acesso às práticas de RE, permitindo que circuitos eletrônicos sejam projetados, testados e analisados virtualmente. Nesse sentido, ferramentas como o *Tinkercad* vêm sendo empregadas como suporte ao ensino de robótica e programação, sobretudo por viabilizarem experiências práticas em laboratórios de informática convencionais.

É precisamente nesse ponto que metodologias investigativas assumem papel relevante, ao favorecerem processos de aprendizagem orientados pela formulação de hipóteses, observação sistemática e análise crítica dos fenômenos estudados. Entre essas abordagens, a metodologia POE (*Prever, Observar e Explicar*) organiza o percurso investigativo em três etapas centrais – prever, observar e explicar – estimulando a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento (Santos *et al.*, 2024). Embora sua aplicação seja frequentemente associada ao ensino de Ciências, sua estrutura metodológica apresenta potencial para o desenvolvimento de práticas investigativas também no contexto da RE, sobretudo ao favorecer processos relacionados à abstração, validação de soluções e refinamento lógico.

À vista desse panorama, este trabalho constitui um recorte de um Trabalho de Conclusão de Curso desenvolvido no âmbito do curso de graduação em Licenciatura em Computação (Lopes, 2026), cuja pesquisa se deu a partir de ações realizadas no projeto de extensão *Robótica educacional como estímulo a estudantes da educação básica para a ciência e tecnologia*, institucionalizado pela Resolução nº 5160/2024 do CEPE da Universidade Estadual do Ceará (UECE, 2024) e desenvolvido no *Campus* Avançado de Mombaça. As atividades promovidas ao longo do projeto permitiram identificar desafios recorrentes relacionados à inserção da RE em escolas públicas, especialmente no que concerne às limitações estruturais para a realização de práticas experimentais envolvendo kits físicos e espaços adequados ao desenvolvimento das atividades.

Em decorrência dessas evidências, observou-se que determinadas instituições escolares apresentam condições mais favoráveis para o desenvolvimento de propostas pedagógicas mediadas por tecnologias digitais, sobretudo aquelas que dispõem de laboratórios de informática e acesso à internet. Assim, a Escola de Ensino Médio em Tempo Integral (EEMTI) Professor Pedro Jaime, localizada no município de Mombaça-CE, configurou-se como um espaço propício para o desenvolvimento da investigação, considerando sua infraestrutura tecnológica e o histórico de acolhimento a projetos extensionistas vinculados à universidade.

Tendo em vista tais aspectos, justifica-se a necessidade de investigar estratégias pedagógicas capazes de ampliar o acesso à RE em contextos escolares marcados por limitações estruturais, reduzindo a dependência exclusiva de kits físicos e potencializando os recursos tecnológicos já existentes nas instituições de ensino. Sob essa lógica, a integração entre simulação computacional e metodologias investigativas apresenta-se como uma alternativa promissora para favorecer práticas pedagógicas mais acessíveis, experimentais e alinhadas ao desenvolvimento do pensamento computacional. A partir dessas evidências, emerge a seguinte problemática de pesquisa: *Como promover o ensino de RE de forma investigativa e acessível em contextos escolares com limitações estruturais?*

Diante dessa problemática, o presente estudo tem como objetivo principal investigar a eficácia da metodologia POE integrada à simulação computacional, por meio do *Tinkercad*, para apoiar o ensino de RE no Ensino Médio (EM). As principais contribuições deste trabalho são: (i) o desenvolvimento e aplicação de uma proposta de ensino de RE baseada na integração entre a metodologia POE e a simulação computacional com *Tinkercad*; (ii) a avaliação dessa abordagem em atividades progressivas aplicadas a estudantes do EM; (iii) a extensão da metodologia POE para conceitos de programação, eletrônica e controle digital em RE; (iv) a geração de evidências sobre o potencial pedagógico do *Tinkercad* em contextos escolares com restrição de infraestrutura; e (v) a disponibilização de materiais didáticos reutilizáveis para apoiar práticas investigativas de RE na Educação Básica.

2. Fundamentação Teórica

2.1. Robótica Educacional e Pensamento Computacional

A RE tem se consolidado como uma abordagem capaz de articular conhecimentos relacionados à programação, eletrônica e resolução de problemas, favorecendo experiências de aprendizagem fundamentadas na construção e experimentação (Fernandes *et al.*, 2018). Fundamentada em perspectivas construcionistas, especialmente nas contribuições de Papert (1986), a RE compreende que o aprendizado tende a se tornar mais significativo quando os estudantes interagem ativamente com artefatos tecnológicos, testando hipóteses e observando os resultados de suas ações.

Nesse contexto, plataformas de prototipagem como o Arduino ampliaram as possibilidades de inserção da RE em ambientes escolares, sobretudo por oferecerem recursos acessíveis para o desenvolvimento de atividades envolvendo sensores, atuadores e programação (Scherer *et al.*, 2020). Além de favorecer aprendizagens relacionadas à computação física, essas experiências estimulam habilidades associadas ao pensamento computacional, à criatividade e à resolução de problemas, especialmente quando mediadas por práticas investigativas (Alimisis *et al.*, 2017).

2.2. Simulação Computacional no Ensino de Robótica

A utilização de simuladores computacionais tem ampliado as possibilidades de implementação da RE, especialmente em contextos educacionais marcados por limitações de infraestrutura. Tais ferramentas permitem a construção, testagem e modificação de circuitos eletrônicos em ambientes virtuais, reduzindo custos e minimizando riscos associados ao uso inicial de componentes físicos (Holz e Trentin, 2025; Silva *et al.*, 2026). Além disso, favorecem processos de experimentação e validação de hipóteses, permitindo que os estudantes explorem diferentes soluções antes da implementação prática.

Entre as plataformas disponíveis para simulação de circuitos eletrônicos e programação com microcontroladores, destacam-se ferramentas com diferentes características quanto ao acesso, funcionalidades e nível de complexidade. Ambientes como o *Proteus* oferecem simulações mais avançadas, porém apresentam maior complexidade e custos associados ao licenciamento. Por outro lado, ferramentas como *SimulIDE* e *Wokwi* disponibilizam alternativas gratuitas para experimentação e programação, embora algumas exijam maior familiaridade técnica por parte dos usuários. Já o *Fritzing* apresenta maior enfoque na documentação e representação visual de circuitos, possuindo recursos mais limitados de simulação.

Dentre as ferramentas analisadas, optou-se pela utilização do *Tinkercad*, desenvolvido pela Autodesk, em razão de sua acessibilidade, gratuidade e funcionamento integral em navegador, eliminando a necessidade de instalação local. A plataforma permite a simulação de circuitos eletrônicos integrados ao Arduino, oferecendo suporte tanto à programação em blocos quanto em

linguagem textual baseada em C/C++, aspecto relevante para estudantes iniciantes (Autodesk, 2026). Além disso, estudos recentes apontam evidências favoráveis quanto à sua adequação ao contexto educacional, destacando sua interface intuitiva e potencial para favorecer práticas investigativas e experimentais (Lopes *et al.*, 2025; Vibhute, 2022; Sangali *et al.*, 2024).

2.3. Método Prever, Observar e Explicar (POE)

O método POE, originalmente sistematizado por White e Gunstone (1992) e posteriormente discutido por Tao e Gunstone (1999), consiste em uma estratégia pedagógica fundamentada na aprendizagem investigativa, na qual o estudante é conduzido a confrontar suas concepções iniciais com evidências observadas durante o processo de experimentação. Sua estrutura organiza-se em três etapas centrais: *prever*, *observar* e *explicar*, favorecendo a construção do conhecimento a partir da formulação de hipóteses, da análise de resultados e da reflexão sobre os fenômenos investigados.

Na etapa de *prever*, os estudantes elaboram hipóteses sobre o comportamento de um fenômeno ou sistema, mobilizando conhecimentos prévios para antecipar possíveis resultados. Em seguida, na etapa de *observar*, realizam experimentos ou simulações, analisando o comportamento efetivamente apresentado. Por fim, a etapa de *explicar* possibilita a comparação entre previsão e observação, favorecendo a reconstrução conceitual a partir das evidências identificadas (Santos *et al.*, 2024).

Em consonância com práticas pedagógicas fundamentadas na experimentação, o método POE apresenta potencial para aplicação no contexto da RE, sobretudo ao favorecer processos relacionados à investigação, validação de hipóteses e resolução de problemas. Quando associado a ambientes de simulação computacional, como o *Tinkercad*, possibilita que os estudantes formulem previsões sobre o comportamento de circuitos, executem simulações, observem resultados e construam explicações fundamentadas, favorecendo uma aprendizagem mais ativa e reflexiva (Silva *et al.*, 2026; Santos *et al.*, 2024).

Nesse contexto, a integração entre RE, simulação computacional e metodologia POE sustenta a proposta pedagógica desta investigação, ao permitir que os estudantes desenvolvam atividades fundamentadas na experimentação, no erro como parte do processo de aprendizagem e na construção progressiva do conhecimento.

3. Procedimentos Metodológicos

3.1. Tipo, Natureza e Abordagem da Pesquisa

Esta pesquisa caracteriza-se como aplicada, ao propor contribuições ao ensino de RE por meio da integração entre simulação computacional e metodologia POE em contexto educacional real (Gil, 2026). Quanto aos objetivos, classifica-se como exploratória e descritiva, por investigar a aplicação do *Tinkercad* associado à metodologia POE no EM e descrever as respostas produzidas pelos estudantes (Gil, 2026). Em relação à abordagem, trata-se de uma pesquisa quantitativa, fundamentada na análise de frequências absolutas, percentuais e representações gráficas (Sassi, 2020). Quanto ao delineamento, configura-se como uma intervenção pedagógica mediada pelo *Tinkercad* e pela metodologia POE.

3.2. Contexto e Participantes da Pesquisa

A pesquisa foi realizada na EEMTI Professor Pedro Jaime, escola pública estadual localizada no município de Mombaça-CE, vinculada à Secretaria da Educação do Estado do Ceará. As atividades ocorreram no Laboratório Educacional de Informática da instituição, ambiente equipado com computadores conectados à internet, possibilitando o desenvolvimento de práticas de simulação computacional e programação no ambiente *Tinkercad*. Para tanto, participaram do

estudo 24 estudantes regularmente matriculados em uma turma da segunda série do EM, com faixa etária entre 15 e 17 anos. Para fins de organização didática, os participantes foram distribuídos em quatro grupos compostos por seis integrantes, favorecendo a colaboração durante a execução das atividades práticas.

3.3. Aplicação das Atividades no *Tinkercad*

A aplicação das atividades ocorreu no segundo semestre letivo de 2025, ao longo de cinco semanas consecutivas, totalizando 10 aulas distribuídas em encontros semanais de duas horas-aula. Ao todo, foram desenvolvidas 13 atividades práticas mediadas pelo simulador computacional *Tinkercad*, organizadas em três módulos progressivos de complexidade, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Organização modular das atividades aplicadas na intervenção.

Módulo	Nível	Atividades	Total de Atividades
Módulo 1	Básico	1 ^a – 5 ^a	5
Módulo 2	Intermediário	6 ^a – 10 ^a	5
Módulo 3	Avançado	11 ^a – 13 ^a	3

O Módulo 1 contemplou circuitos introdutórios envolvendo LEDs, resistores, botões e leitura digital. O Módulo 2 abordou sensores, leitura de sinais analógicos e controle proporcional. Já o Módulo 3 concentrou-se em aplicações integradas de automação e robótica com maior nível de complexidade.

A versão completa da sequência didática proposta encontra-se disponível em repositório público¹. Todas as atividades foram estruturadas com base na metodologia POE, contemplando contextualização do conteúdo, objetivo pedagógico, esquema do circuito, descrição do experimento e código-fonte em linguagem Arduino. Cada atividade foi organizada em três situações experimentais (A, B e C), compostas por questões alinhadas às etapas do método POE, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Estrutura padronizada das questões em cada atividade.

Pergunta	Etapas POE	Tipo de Resposta
Pergunta 1	Prever	Objetiva (Sim/Não)
Pergunta 2	Observar e Explicar	Discursiva (Aberta)

Ao final da intervenção, foram registradas 312 respostas produzidas pelos quatro grupos participantes, considerando as etapas de previsão, observação e explicação presentes nas atividades desenvolvidas. A Figura 1 apresenta uma síntese da estrutura metodológica adotada na intervenção.

3.4. Coleta de Dados

A coleta de dados foi realizada por meio de formulários eletrônicos elaborados na plataforma *Google Forms*, aplicados ao término de cada módulo da intervenção, totalizando três formulários correspondentes à organização modular das atividades. Todos os instrumentos seguiram uma estrutura padronizada, iniciando com a apresentação da pesquisa e esclarecimentos referentes à participação voluntária, anonimato dos participantes e sigilo das informações

¹A sequência didática completa encontra-se disponível em: <https://github.com/lucasevlopes/poe-tinkercad>. A disponibilização do material visa favorecer a reprodutibilidade da proposta e sua utilização por outros pesquisadores e professores interessados no ensino de eletrônica, programação e robótica educacional.

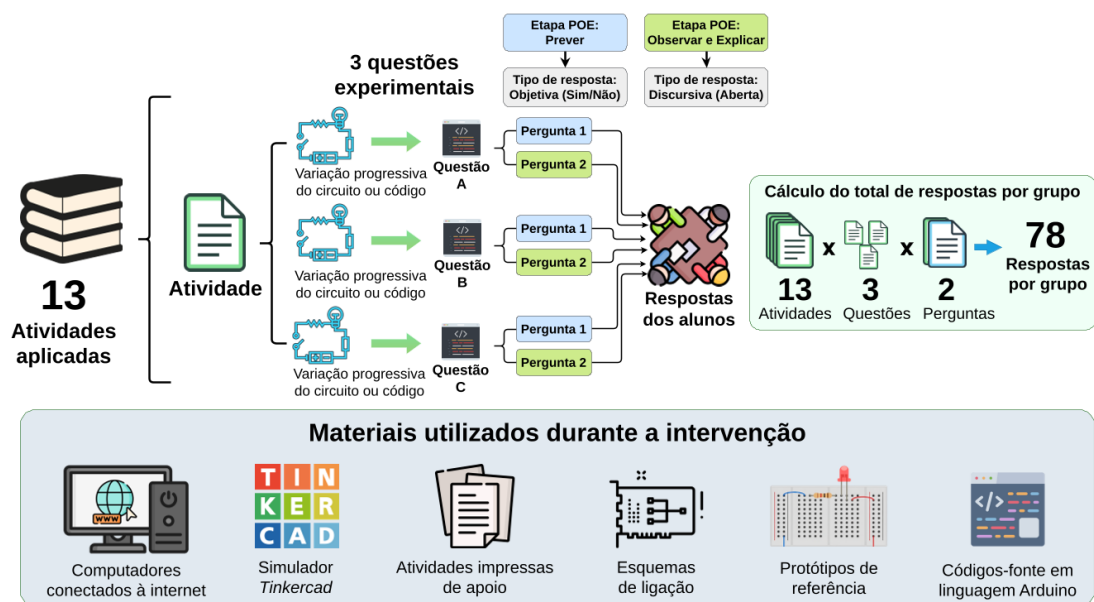


Figura 1 - Estrutura das atividades e metodologia da intervenção.

coletadas. As seções subsequentes foram organizadas conforme as atividades desenvolvidas em cada módulo, contemplando integralmente as Questões A, B e C propostas durante a intervenção.

As questões reproduziram a estrutura das atividades aplicadas no ambiente *Tinkercad*, assegurando correspondência entre a execução prática e o registro formal das respostas produzidas pelos estudantes. Dessa forma, cada questão experimental contemplou a etapa *Prever*, com resposta objetiva do tipo Sim/Não, e as etapas *Observar* e *Explicar*, com respostas discursivas abertas. Essa padronização favoreceu a organização posterior dos dados em categorias analíticas.

Ao todo, foram registradas 312 respostas produzidas pelos quatro grupos participantes ao longo da intervenção. Ressalta-se que os dados foram utilizados exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, assegurando-se o anonimato, confidencialidade e análise agrupada das respostas, sem identificação individual dos participantes ou coleta de informações pessoais sensíveis.

3.5. Análise dos Dados

Após a coleta, as 312 respostas produzidas pelos grupos participantes foram organizadas e submetidas à análise quantitativa descritiva. As respostas correspondentes às etapas *Prever*, *Observar* e *Explicar*, presentes nas Questões A, B e C de cada atividade, foram analisadas conforme sua adequação ao comportamento esperado em cada situação experimental proposta.

Para o tratamento quantitativo, as respostas foram categorizadas em duas classes analíticas: Resposta Condizente (RC), quando condizentes com os resultados esperados, e Resposta Divergente (RD), quando divergentes. As respostas discursivas produzidas nas etapas *Observar* e *Explicar* também foram categorizadas considerando a coerência das justificativas apresentadas em relação aos fenômenos observados. Após a categorização das respostas, foram calculadas frequências absolutas e percentuais, possibilitando a análise do desempenho dos participantes ao longo da intervenção. Os percentuais de respostas condizentes e divergentes foram calculados conforme as Equações 1 e 2.

$$\%RC = \frac{RC}{RC + RD} \times 100 \quad (1)$$

$$\%RD = \frac{RD}{RC + RD} \times 100 \quad (2)$$

Em que RC representa o total de respostas classificadas como condizentes; RD representa o total de respostas classificadas como divergentes; e $RC + RD$ representa o total de respostas analisadas.

4. Resultados e Discussão

4.1. Distribuição Geral das Respostas Analisadas

Conforme apresentado na Figura 2, as 13 atividades aplicadas durante a intervenção foram respondidas por quatro grupos participantes. Cada atividade contemplou três situações experimentais (A, B e C), organizadas segundo as etapas da metodologia POE, envolvendo momentos de previsão, observação e explicação. Considerando a estrutura das atividades, cada grupo produziu seis respostas por atividade, totalizando 24 respostas analisadas em cada aplicação e um corpus final composto por 312 respostas ao término da intervenção.



Figura 2 - Organização das respostas analisadas durante a intervenção.

4.2. Resultados por Atividade

Conforme apresentado na Tabela 3, os resultados por atividade evidenciam o comportamento progressivo no desempenho dos estudantes ao longo da sequência didática. Observa-se a predominância de respostas condizentes nas atividades iniciais, seguida por redução gradual dos percentuais de RC à medida que as atividades demandavam maior complexidade conceitual e operacional.

Tabela 3 - Distribuição de RC e RD por atividade.

Ativ.	RC	RD	% RC	% RD
01	20	4	83,3%	16,7%
02	21	3	87,5%	12,5%
03	22	2	91,7%	8,3%
04	19	5	79,2%	20,8%
05	20	4	83,3%	16,7%
06	18	6	75,0%	25,0%
07	19	5	79,2%	20,8%
08	17	7	70,8%	29,2%
09	18	6	75,0%	25,0%
10	17	7	70,8%	29,2%
11	16	8	66,7%	33,3%
12	15	9	62,5%	37,5%
13	14	10	58,3%	41,7%
Total	236	76	75,6%	24,4%

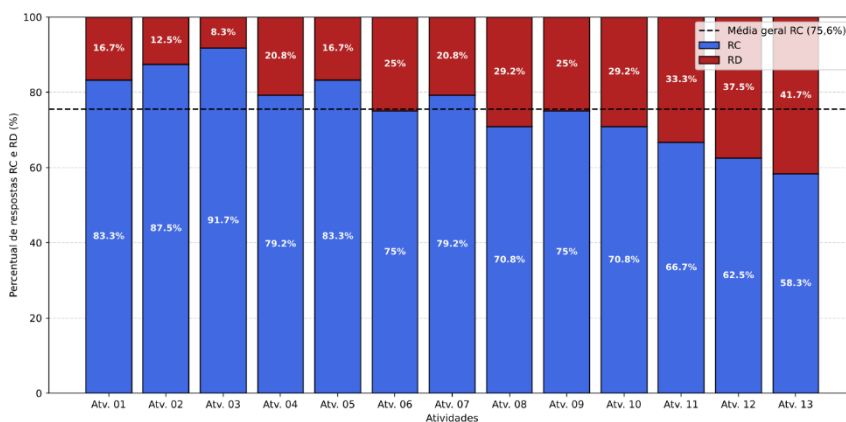


Figura 3 - Distribuição percentual de RC e RD por atividade.

Verifica-se que as Atividades 01, 02, 03 e 05 concentraram os maiores percentuais de RC, acima de 80%, sugerindo maior assimilação dos conteúdos introdutórios relacionados à lógica digital, acionamento de componentes e compreensão do comportamento básico dos circuitos. Em contrapartida, as Atividades 11, 12 e 13 apresentaram os menores percentuais de RC, abaixo de 70%, indicando aumento da complexidade nas situações experimentais propostas.

Tal comportamento pode ser compreendido a partir da natureza das atividades desenvolvidas. Enquanto as etapas iniciais envolveram componentes de resposta visual imediata,

como LEDs e botões, as atividades posteriores demandaram maior abstração, sobretudo em situações envolvendo sensores, leitura analógica, PWM, servomotores e integração entre diferentes componentes do circuito. A Figura 3 reforça essa tendência, evidenciando redução gradual dos percentuais de respostas condizentes ao longo da sequência didática. Esse comportamento sugere que o aumento progressivo da dificuldade influenciou diretamente o desempenho dos estudantes.

De modo geral, os resultados consolidados totalizaram 236 respostas condizentes e 76 divergentes, correspondendo a 75,6% de RC e 24,4% de RD. Em síntese, os dados indicam predominância de respostas convergentes, mesmo diante do aumento gradual da complexidade das atividades propostas.

4.3. Resultados por Módulo

Os resultados consolidados por módulo evidenciam o comportamento progressivo de redução das respostas condizentes à medida que os conteúdos avançaram em complexidade, conforme apresentado na Tabela 4. O Módulo 1, composto por cinco atividades introdutórias, apresentou os maiores percentuais de respostas adequadas, totalizando 85% de RC e 15% de RD. Em seguida, o Módulo 2 registrou 74,2% de respostas condizentes e 25,8% de divergentes, indicando redução moderada do desempenho à medida que as atividades passaram a exigir maior articulação entre componentes e comandos. Já o Módulo 3 concentrou os menores percentuais de RC (62,5%) e a maior incidência de RD (37,5%), evidenciando o aumento da complexidade conceitual e operacional das tarefas propostas. No conjunto dos módulos, foram registradas 236 respostas condizentes (75,6%) e 76 divergentes (24,4%).

Tabela 4 - Distribuição de RC e RD por módulo.

Módulo	Ativ.	RC	RD	% RC	% RD
1 – Básico	5	102	18	85,0%	15,0%
2 – Intermediário	5	89	31	74,2%	25,8%
3 – Avançado	3	45	27	62,5%	37,5%
Total	13	236	76	75,6%	24,4%

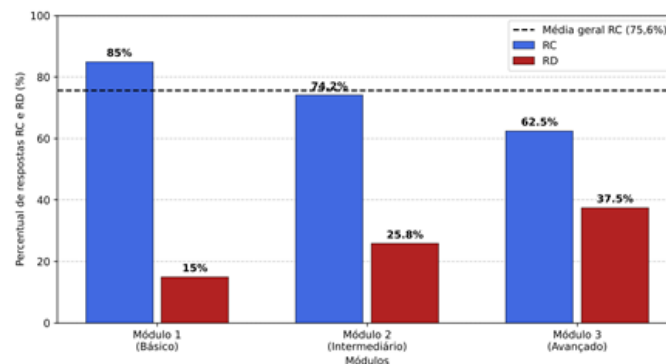


Figura 4 - Percentual de respostas RC e RD por módulo.

A Figura 4 reforça esse comportamento, evidenciando redução progressiva dos percentuais de respostas condizentes nos módulos subsequentes. Observa-se que o Módulo 1 concentrou os maiores percentuais de respostas condizentes, sugerindo melhor assimilação dos conteúdos introdutórios. Em comparação ao módulo inicial, o Módulo 2 apresentou redução moderada dos percentuais de RC, enquanto o Módulo 3 registrou maior concentração de respostas divergentes. Esse comportamento pode estar associado ao aumento da exigência cognitiva das atividades, sobretudo nas situações envolvendo sensores, múltiplas condicionais e controle simultâneo de componentes. Dessa forma, verifica-se tendência gradual de aumento da complexidade conceitual e operacional ao longo da sequência didática.

4.4. Resultados por Grupo

A Tabela 5 apresenta o desempenho consolidado dos grupos participantes durante a intervenção. Os dados evidenciam um comportamento relativamente homogêneo entre as equipes,

com pequenas variações nos percentuais de respostas condizentes, os quais se concentraram na faixa entre 73% e 78%.

Tabela 5 - Distribuição de RC e RD por grupo.

Grupo	RC	RD	% RC	% RD
Grupo 1	60	18	76,9%	23,1%
Grupo 2	58	20	74,4%	25,6%
Grupo 3	61	17	78,2%	21,8%
Grupo 4	57	21	73,1%	26,9%
Total	236	76	75,6%	24,4%

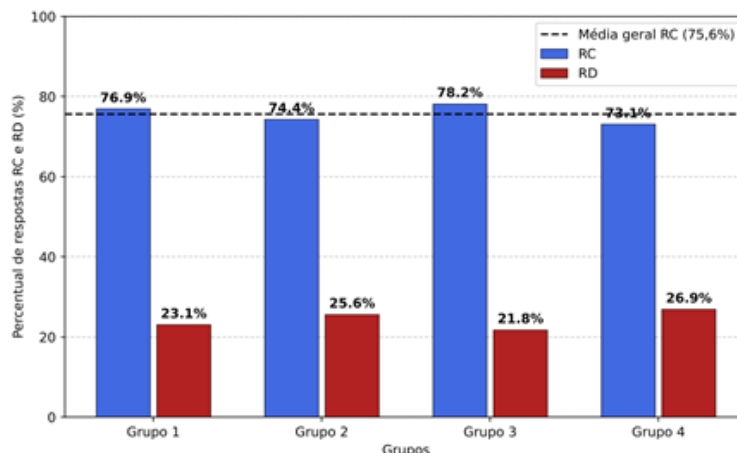


Figura 5 - Percentual de RC e RD por grupo.

Verifica-se que os percentuais de RC permaneceram próximos entre os grupos, sugerindo uma distribuição relativamente equilibrada dos resultados ao longo da intervenção. Embora o Grupo 3 tenha apresentado o maior percentual de respostas condizentes e o Grupo 4 o menor, a variação máxima entre as equipes foi de apenas 5,1%. Tal comportamento sugere que os resultados estão mais associados à estrutura progressiva das atividades e à metodologia adotada do que à composição específica de cada equipe. A organização colaborativa dos grupos pode igualmente ter contribuído para um maior equilíbrio no desempenho dos participantes. A Figura 5 reforça a proximidade entre os percentuais de respostas convergentes, indicando comportamento semelhante entre os grupos participantes.

4.5. Discussão dos Resultados

Considerando os resultados apresentados, observa-se que a integração entre a simulação computacional com o *Tinkercad* e a metodologia POE favoreceu o desenvolvimento das atividades de RE, especialmente nas etapas introdutórias da sequência didática. O percentual geral de 75,6% de respostas condizentes sugere que os estudantes conseguiram, em grande parte, formular previsões, observar resultados e elaborar explicações coerentes com os fenômenos analisados.

Diferentemente das atividades finais, as atividades introdutórias apresentaram maiores percentuais de RC, comportamento que pode ser compreendido pela natureza mais concreta e visual dos conteúdos trabalhados, envolvendo o acionamento de LEDs, botões e estados lógicos. Nessas situações, a resposta imediata do circuito favoreceu a comparação entre a previsão e o resultado observado.

Em contraste, as atividades intermediárias e avançadas demandaram maior abstração, especialmente em situações envolvendo sensores, leitura analógica, PWM, servomotores e estruturas condicionais. Esse resultado pode estar associado ao aumento da complexidade cognitiva exigida dos estudantes, aspecto evidenciado pela ampliação gradual das respostas divergentes nos módulos finais. Esse achado dialoga com Alves (2025), Costa *et al.* (2023), Rodrigues *et al.* (2023) e Lopes *et al.* (2025), ao reforçar o potencial do *Tinkercad* como ferramenta capaz de favorecer a visualização, a experimentação e a compreensão de conceitos introdutórios relacionados à eletrônica e programação.

Em consonância com Santos *et al.* (2024), observa-se ainda que a metodologia POE mostrou-se adequada para estruturar atividades investigativas, permitindo que os estudantes mobilizassem conhecimentos prévios, confrontassem previsões com evidências observadas e reformulassem interpretações a partir da simulação. Os resultados também dialogam com Queiroz (2024) e Lourenço (2023), ao evidenciar que a organização colaborativa das atividades favoreceu a discussão entre os estudantes, a formulação conjunta de hipóteses e a resolução compartilhada de problemas durante a intervenção.

Considerando o conjunto de resultados, os achados reforçam que a combinação entre simulação computacional e metodologia POE pode contribuir para o ensino de RE, sobretudo quando as atividades são organizadas de forma progressiva, partindo de conceitos introdutórios para situações que demandam maior abstração e integração de componentes.

5. Conclusão e Trabalhos Futuros

Considerando os resultados obtidos, esta pesquisa investigou a integração entre simulação computacional e metodologia POE no ensino de RE, utilizando o *Tinkercad* como ferramenta de apoio às atividades desenvolvidas com estudantes do EM. A análise das respostas produzidas ao longo da intervenção evidenciou a predominância de respostas condizentes, indicando que os estudantes conseguiram, em grande parte, formular previsões, observar os resultados das simulações e elaborar explicações coerentes acerca dos fenômenos investigados.

Observa-se que as atividades introdutórias apresentaram maior assimilação dos conteúdos relacionados à lógica digital e ao acionamento básico de componentes eletrônicos, enquanto as atividades mais complexas registraram aumento das respostas divergentes, especialmente em situações envolvendo sensores, estruturas condicionais e controle digital integrado. Tal comportamento sugere que o avanço progressivo da complexidade influenciou diretamente o desempenho dos estudantes, demandando maior abstração conceitual e interpretação lógica.

Em consonância com os achados apresentados, verifica-se que o uso do *Tinkercad* favoreceu a visualização dos circuitos, a experimentação segura e a realização de práticas de robótica em contexto escolar, especialmente diante de limitações relacionadas à infraestrutura física e à disponibilidade de kits. Da mesma forma, a metodologia POE mostrou-se adequada para estruturar atividades investigativas, favorecendo a formulação de hipóteses, a observação sistemática e a construção de explicações fundamentadas a partir dos resultados obtidos.

Considerando os objetivos propostos, a pesquisa possibilitou o desenvolvimento e a aplicação de atividades de RE mediadas pela simulação computacional, bem como a análise das previsões, observações e explicações elaboradas pelos estudantes ao longo do processo investigativo. Os achados indicam evidências favoráveis quanto à contribuição da metodologia POE para a compreensão de conceitos fundamentais de robótica, ao mesmo tempo em que evidenciam potencialidades do uso do *Tinkercad* relacionadas à acessibilidade, visualização dos circuitos e experimentação prática em ambientes com recursos limitados.

Entre as principais contribuições do estudo, destacam-se a proposição e aplicação de uma sequência didática progressiva para o ensino de RE, articulando simulação computacional, programação com Arduino e metodologia investigativa. Além disso, a pesquisa contribui ao analisar as respostas produzidas pelos estudantes nas etapas de previsão, observação e explicação, permitindo compreender aspectos relacionados ao processo de aprendizagem durante a intervenção.

Não obstante os resultados favoráveis, algumas limitações devem ser consideradas. O estudo foi realizado com apenas uma turma do EM pertencente a uma escola pública estadual, restringindo a generalização dos resultados para outros contextos educacionais. Somam-se a isso o

tempo reduzido destinado às atividades mais avançadas e as dificuldades prévias de parte dos estudantes relacionadas ao uso de tecnologias digitais e à interpretação de códigos em linguagem Arduino.

Como desdobramento desta investigação, sugere-se a ampliação da proposta para diferentes níveis de ensino e contextos escolares, bem como a realização de estudos comparativos entre atividades desenvolvidas exclusivamente em ambiente virtual e práticas integradas com prototipagem física utilizando kits Arduino. Recomenda-se, ainda, a exploração de novas abordagens metodológicas associadas ao *Tinkercad*, assim como pesquisas voltadas à formação docente para o uso de simuladores computacionais, como aponta Neto e Bertagnolli (2021), e metodologias investigativas no ensino de computação e robótica na educação básica.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio da Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Estadual do Ceará (PROEX/UECE), por meio do Projeto Institucional de Resolução nº 5160/2024, e da EEMTI Professor Pedro Jaime pela parceria e cessão do espaço para a realização deste projeto.

Referências

- Alimisis, D.; Moro, M.; Menegatti, E. (Ed.). **Educational Robotics in the Makers Era**. Cham: Springer, 2017. v. 560. 258 p. (Advances in Intelligent Systems and Computing).
- Alves, F. A. C. **Influência do uso de simulação computacional no ensino de robótica educacional**. 49 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) – Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/80008>.
- Autodesk. **Tinkercad**. 2026. Disponível em: <https://www.tinkercad.com>. Acesso em: 30 maio 2026.
- Brasil. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 30 maio 2026.
- Brasil. **Base Nacional Comum Curricular: Computação – complemento à BNCC**. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escolas-conectadas/BNCCComputaoCompletoDiagramado.pdf>. Acesso em: 28 maio 2026.
- Costa, M. A. d. S.; Carvalho, J. S. d.; Silva, M. E. L.; Santana, N. V. B. d.; Lopes, R. M. A. d. Q.; Silva, I. M. d. Introdução à robótica com programação em arduino para o ensino fundamental. In: **Anais do Congresso Nacional de Educação**. Campina Grande: Realize Editora, 2023.
- Dalaqua, A. C. M. **Trajetórias didático-pedagógicas de uma professora de uma escola pública de ensino médio ao orientar o trabalho de três meninas no desenvolvimento de um projeto de robótica**. 266 p. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2025. Disponível em: <https://hdl.handle.net/11449/313040>.
- Fernandes, M.; Santos, C.; Souza, E.; Fonseca, M. Robótica educacional uma ferramenta para ensino de lógica de programação no ensino fundamental. In: **Anais do XXIV Workshop de Informática na Escola**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2018. p. 315-322.
- Gil, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2026. 264 p.
- Holz, J.; Trentin, M. A. S. Considerações sobre um desafio de robótica fazendo uso de um simulador. **EaD & Tecnologias Digitais na Educação**, v. 13, n. 20, 2025.
- Lopes, L. E. **Integração entre simulação computacional e metodologia poe no ensino de robótica educacional**. 113 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Computação) –

- Universidade Estadual do Ceará, Mombaça, 2026. Disponível em: <http://siduece.uece.br/siduece/trabalhoAcademicoPublico.jsf?id=125268>.
- Lopes, L. E.; O, C. D. R.; Araújo, F. R. C.; Cavalcante, J. L. Avaliando a usabilidade do tinkercad para o ensino de robótica na educação básica. **RENOTE**, v. 23, n. 1, p. 643-654, ago. 2025.
- Lourenço, H. T. A. **Robótica Educacional: Uma Análise sobre sua Contribuição na Conceituação de Ângulos**. 59 p. Monografia (Graduação em Licenciatura em Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo, Vitória, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/3791>.
- Neto, J. J. de F.; Bertagnolli, S. de C. Robótica educacional e formação de professores: Uma revisão sistemática da literatura. **RENOTE**, v. 19, n. 1, p. 423-432, jul. 2021.
- Papert, S. **Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas**. London: Harvester Press, 1986.
- Queiroz, A. P. R. P. **Um relato de experiência sobre o ensino de robótica e cultura maker em um laboratório de tecnologia**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Controle e Automação) – Instituto Federal do Espírito Santo, Alegre, 2024.
- Rodrigues, E. G.; Rodrigues, B. M.; Silva, M. F. d.; Silva, R. S. d.; Filho, J. d. M. L. Robótica educacional no incentivo de alunos do primeiro ano do ensino médio para área de computação: Um relato de experiência. In: **Anais do XXIX Workshop de Informática na Escola**. Porto Alegre: SBC, 2023. p. 321-331.
- Sangali, R.; Catabriga, L.; Boeres, M. C. Robótica educativa para desenvolvimento de habilidades do pensamento computacional por meio de eletiva complementar. In: **Anais do XXX Workshop de Informática na Escola**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 437-448.
- Santos, M.; Moura, J.; Quarto, C. A integração de atividades computacionais e experimentais baseadas na metodologia poe: Um recurso didático para auxiliar o ensino de eletrônica analógica. In: **Anais do XXXV Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2024. p. 30-42.
- Sassi, G. P. Introdução à estatística descritiva para pesquisas em informática na educação. In: Jaques, P. A.; Siqueira, S.; Bittencourt, I.; Pimentel, M. (Ed.). **Metodologia de Pesquisa Científica em Informática na Educação: Abordagem Quantitativa**. Porto Alegre: SBC, 2020. p. 195-224.
- Scherer, D.; Silva, N. B. da; Oliveira, D. M. de. Robótica educacional de baixo custo: Arduino como ferramenta pedagógica. In: **Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E)**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2020. p. 405-414.
- Silva, S. V.; Reis, B.; Junior, M. L. P.; Conceição, D. Ensino de robótica básica no ensino médio profissionalizante: um relato de experiência do pibid. In: **Anais do VI Simpósio Brasileiro de Educação em Computação**. Porto Alegre, RS, Brasil: SBC, 2026. p. 455-467.
- Tao, P.-K.; Gunstone, R. F. The process of conceptual change in science: A case study of the development of heat and temperature concepts. **Research in Science Education**, Springer, v. 29, n. 1, p. 1-28, 1999.
- Universidade Estadual do Ceará. **Resolução nº 5160/2024 – CEPE, de 13 de dezembro de 2024**: Aprova a institucionalização do projeto de extensão que indica. Fortaleza, 2024. Disponível em: <https://www.uece.br/wp-content/uploads/2025/03/RES-5160-CEPE.pdf>. Acesso em: 5 abr. 2026.
- Vibhute, M. Tinkercad: A blended teaching and learning tool. **International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology**, p. 77-82, jun 2022.
- White, R.; Gunstone, R. **Probing Understanding**. London: Falmer Press, 1992. 208 p.