



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
UNIVERSIDADE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO NORTE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA
COMPUTAÇÃO**



ISAÚ LUCAS ABREU FERNANDES DE QUEIROZ

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ROBÓTICA
EDUCACIONAL NO DESEMPENHO DE ESTUDANTES DO
ENSINO BÁSICO: UM ESTUDO DE CASO MEDIADO
PELO SOFTWARE SCIENCE**

MOSSORÓ

2026

ISAÚ LUCAS ABREU FERNANDES DE QUEIROZ

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL
NO DESEMPENHO DE ESTUDANTES DO ENSINO BÁSICO:
UM ESTUDO DE CASO MEDIADO PELO SOFTWARE
SCIENCE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação - associação ampla entre a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido, para a obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador: Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo-

Coorientador: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz-

MOSSORÓ

2026

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

d3a de Queiroz, Isaú Lucas.
Avaliação do impacto da robótica educacional no desempenho de estudantes do ensino básico: um estudo de caso mediado pelo software SCIENCE / Isaú Lucas de Queiroz. - 2026.
216 f. : il.

Orientador: Silvio Roberto Fernandes de Araújo.
Coorientador: Paulo Gabriel Gadelha Queiroz.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação, 2026.

1. Robótica Educacional. 2. Ensino Básico. 3. Software SCIENCE. 4. Intervenção Pedagógica. 5. Avaliação Multimétodo. I. Fernandes de Araújo, Silvio Roberto, orient. II. Gadelha Queiroz, Paulo Gabriel, co-orient. III. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

ISAÚ LUCAS ABREU FERNANDES DE QUEIROZ

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA ROBÓTICA EDUCACIONAL
NO DESEMPENHO DE ESTUDANTES DO ENSINO BÁSICO:
UM ESTUDO DE CASO MEDIADO PELO SOFTWARE
SCIENCE**

Dissertação apresentada ao Programa de
Pós-Graduação em Ciência da Computação para
a obtenção do título de Mestre em Ciência da
Computação.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo-
Orientador e Presidente - Universidade Federal Rural
do Semi-Árido - UFERSA

Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz-
Primeiro Membro e Coorientador

Dr. Sebastião Emídio Alves Filho- UERN
Membro Interno - Universidade do Estado do Rio
Grande do Norte

Dr. Aquiles Medeiros Filgueira Burlamaqui- UFRN
Membro Externo - Universidade Federal do Rio
Grande do Norte

“Conheça todas as teorias, domine todas as técnicas, mas ao tocar uma alma humana, seja apenas outra alma humana.”

— atribuído a Carl Jung

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho, primeiramente, à minha amada mãe, Grasiela, que um dia me carregou pelos corredores desta universidade e de cuja persistência hoje colho os frutos. Com ela aprendi o dom de seguir sempre em frente com dedicação e coragem. Ela sempre foi um apoio indispensável em minha vida. Minha eterna admiração à minha amada mãe.

Ao meu pai, Marx Fernandes, por me ensinar que o mundo não é justo, mas que, nem por isso, eu deveria cultivar a injustiça em minhas ações. Agradeço imensamente por suas palavras, pelo carinho, pela paciência e por sempre me mostrar que as pessoas são muito mais do que seus defeitos.

Ao meu irmão, Fernandes Neto, por sempre me fazer exercitar a dádiva da paciência por meio do seu convívio.

Às minhas avós, Iris e Lúcia, por terem cuidado de mim quando nem sempre meus pais puderam e por terem me ensinado o valor da fé, seja nos estudos, em mim mesmo ou em Deus.

À Lulu, por ser uma segunda mãe desde o meu nascimento e que, junto com todos, auxiliou-me na caminhada da minha educação.

Ao meu avô, Junior Abreu, por sempre me incentivar desde criança, por meio de suas histórias após o almoço, a exercitar meu pensamento crítico. Ao meu outro avô, José Fernandes (in memoriam), que não cheguei a conhecer, mas que sempre se fez presente nas memórias das pessoas ao meu redor.

Aos meus tios, que sempre ofereceram seu suporte sem que eu precisasse pedir, em especial a Tata e a Abraão, que sempre me acolheram e nunca reclamaram de me receber em sua casa.

Aos meus amigos, pela parceria, em especial Alber e Igor, por estarem comigo ao longo da graduação e do mestrado. Espero que alcancemos sucesso em nossa carreira e na empresa, e que nossa viagem ao Japão se realize.

Aos meus amigos da UERN e do mestrado, não posso deixar de citar Liza, Carol e Fagner, além de tantos outros que me acompanharam nessa trajetória.

Também não posso deixar de mencionar minha amiga Cecília, que me acompanha desde o ensino fundamental até aqui; minha prima Ana Laura, amiga inseparável desde a infância; Claudía, Elielton, Michelly, Leandro, Analice e tantos outros que não

cabem nestas linhas.

Dedico este trabalho ao meu orientador, professor Silvio, que, mesmo sem me conhecer e sem qualquer obrigação, acolheu-me desde o primeiro dia. Com sua orientação e paciência admirável, sempre me acalmou e mostrou que, mais valioso do que o destino final, é a jornada que trilhamos e as pessoas que ajudamos ao longo do caminho.

Ao meu coorientador, Gabriel, por ter acreditado em mim e me mostrado que eu era capaz de desenvolver este sistema quando nem mesmo eu confiava em meu trabalho final. Acredito que essa é uma das maiores virtudes que um professor pode ter.

À escola FAM e a todos os seus profissionais, em particular ao professor Peixoto, que desde o primeiro dia, e sem qualquer obrigação, foi um excelente parceiro de profissão, auxiliando-me em funções que não lhe cabiam, mas sempre se mantendo acolhedor.

À UFERSA, à UERN e à CAPES, pelo apoio financeiro que contribuiu para minha trajetória acadêmica.

Agradeço também aos professores da UERN e da UFERSA. Muitos acreditaram em mim e, por meio de palavras que talvez nem imaginem, deram-me força em momentos difíceis, ajudando-me não apenas naquele momento, mas ao longo do tempo. Agora, como egresso de suas instituições, afirmo que foi uma honra partilhar essa jornada com vocês.

A toda a minha família que não coube nestes agradecimentos, mas que sempre esteve presente em minha jornada e em minha vida. Eles vieram antes de mim, e só pude estar aqui porque muitos acreditaram na educação, que não apenas é o ponto central do meu trabalho, mas também foi o alicerce de meus pais e de meus avós. Foi por meio dela que pude ir um pouco mais longe do que muitos deles conseguiram em vida. Guardo todos no meu coração com carinho.

EPÍGRAFE

“My work was inspired and was, in fact, only possible because of the work of my predecessors in this field. It will be useful only because of the work of my colleagues and successors.”

Meu trabalho foi inspirado e, de fato, só foi possível por causa do trabalho de meus predecessores nesta área. Ele será útil apenas por causa do trabalho de meus colegas e sucessores. (tradução nossa)

(Donald A. Glaser)

RESUMO

A robótica educacional tem sido apontada como uma abordagem promissora para aproximar conteúdos curriculares de práticas investigativas e de atividades práticas orientadas à experimentação. Apesar disso, sua adoção no ensino básico ainda enfrenta entraves recorrentes, sobretudo quando a implementação depende de alta expertise técnica e de condições que nem sempre existem no cotidiano escolar. Nesta dissertação, apresenta-se e analisa-se uma intervenção pedagógica realizada em ambiente escolar real com apoio do software *SCIENCE*, um sistema web baseado em ontologias que busca apoiar o professor no planejamento e na condução de aulas com robótica alinhadas ao currículo e à BNCC. Paralelamente à aplicação em campo, o *SCIENCE* foi consolidado tecnicamente para reduzir fricções de uso: centralização do acesso aos serviços por meio de uma Router API, reorganização do fluxo de geração e apresentação de planos de aula, além de padronização e modularização de artefatos pedagógicos e componentes técnicos. A avaliação foi conduzida de forma multimétodo, combinando revisão da literatura, testes diagnósticos com estudantes (pré e pós), observação estruturada das aulas via COPUS adaptado e questionários com professores baseados no TAM. O estudo contribui em três frentes: (1) reúne evidências sobre a viabilidade de integrar robótica de forma estruturada ao ensino, (2) documenta as melhorias técnicas realizadas no *SCIENCE* e (3) disponibiliza um delineamento completo de intervenção e avaliação ("kit") que facilita a replicação e comparação em estudos futuros. Os resultados mostram ganhos de aprendizagem no pós-teste, maior engajamento dos alunos durante as atividades com robótica e avaliações docentes positivas quanto à utilidade, facilidade de uso e intenção de adoção do *SCIENCE*.

Palavras-chave: Robótica Educacional; Ensino Básico; Planejamento Docente; Software *SCIENCE*; Intervenção Pedagógica; Avaliação Multimétodo.

ABSTRACT

Educational robotics has been identified as a promising approach to bring curricular content closer to investigative practices and practical activities oriented toward experimentation. Nevertheless, its adoption in basic education still faces recurring obstacles, especially when implementation depends on high technical expertise and on conditions that are not always present in everyday school settings. In this dissertation, a pedagogical intervention carried out in a real school environment is presented and analyzed with the support of the *SCIENCE* software, an ontology-based web system that aims to assist teachers in planning and conducting robotics-based lessons aligned with the curriculum and the BNCC. In parallel with the field application, *SCIENCE* was technically consolidated to reduce usage frictions: centralizing access to services through a Router API, reorganizing the workflow for generating and presenting lesson plans, as well as standardizing and modularizing pedagogical artifacts and technical components. The evaluation was conducted using a multi-method approach, combining a literature review, diagnostic tests with students (pre- and post-test), structured classroom observation via an adapted COPUS, and teacher questionnaires based on the TAM. The study contributes on three fronts: (1) it gathers evidence on the feasibility of integrating robotics in a structured way into teaching, (2) it documents the technical improvements made to *SCIENCE*, and (3) it provides a complete intervention and evaluation design ("kit") to facilitate replication and comparison in future studies. Results show learning gains in the post-test, greater student engagement during robotics activities, and positive teacher evaluations regarding the usefulness, ease of use, and intention to adopt *SCIENCE*.

Keywords: Educational Robotics; Basic Education; Teacher Planning; *SCIENCE* Software; Pedagogical Intervention; Multi-method Evaluation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Kit LEGO Mindstorms EV3 completo.	27
Figura 2 – Representação da comunicação entre o <i>front-end</i> e o <i>back-end</i> por meio de uma API REST.	29
Figura 3 – Representação da comunicação com uma Router API aplicada ao <i>SCI-ENCE</i>	30
Figura 4 – Visão geral da evolução do ecossistema <i>SCIENCE</i> e seus trabalhos anteriores.	33
Figura 5 – Fluxograma das etapas do estudo.	47
Figura 6 – Visão geral do delineamento: controle de variáveis, diferença entre condições e triangulação de evidências.	49
Figura 7 – Laboratório de informática utilizado na intervenção.	50
Figura 8 – Interface do software utilizado para registro das observações (COPUS adaptado).	56
Figura 9 – Arquitetura original do <i>SCIENCE</i> : front-end restrito à Matemática e demais serviços isolados.	64
Figura 10 – Arquitetura consolidada: integração centralizada via API Router. . . .	64
Figura 11 – Exemplo do mecanismo de resolução e encaminhamento na API Router (ilustrando apenas algumas das rotas disponíveis).	68
Figura 12 – Tela inicial (<i>Home</i>) do <i>SCIENCE</i> após o login.	71
Figura 13 – Fluxo típico de uso do <i>SCIENCE</i> para geração e apresentação de planos de aula.	73
Figura 14 – Exemplo de aplicação da rubrica na dimensão M1 (pré-teste), com atribuição de escore a partir dos descritores.	80
Figura 15 – Jornada de aprendizagem do pré ao pós-teste por dimensão (média na escala ordinal 0–3: Fraco= 0, Excelente= 3).	86
Figura 16 – Diferença de médias entre os grupos por fase e dimensão (valor positivo indica vantagem do Experimental).	87
Figura 17 – Distribuição percentual de conceitos por fase (Pré: M1/M2; Pós: M1/M2/M3), separada por grupo.	87

Figura 18 – Engajamento ao longo do tempo (baixo/médio/alto) por grupo, em intervalos de 5 minutos. A faixa sombreada representa o desvio padrão entre as sessões observadas.	95
Figura 19 – Assinatura pedagógica: evidências visuais comparando padrões de aprendizagem ativa (Robótica) e instrução mais passiva (Controle), a partir dos códigos observacionais.	98
Figura 20 – Consenso dos construtos perceptivos no pós-uso (TAM): facilidade de uso, relevância pedagógica, intenção de uso e colaboração com aprovação plena; confiança técnica com aprovação alta, porém não total (N=4).	100
Figura 21 – Barreiras recorrentes citadas para adoção da robótica/SCIENCE (visão do grupo): capacitação, programação, infraestrutura/equipamentos e encaixe no currículo/tempo.	103
Figura 22 – Comparativo das respostas a questões análogas do questionário TAM sobre confiança e segurança técnica dos docentes para lecionar aulas práticas com robótica.	107
Figura 23 – Exemplo de resposta discente no pós-teste (Grupo Experimental) na tarefa de criação de uma atividade prática de cálculo algébrico (M3), contemplando proposta, objetivos, materiais, passos e critérios de avaliação.	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre trabalhos relacionados e os elementos contemplados no SCIENCE. (✓ = presente; X = ausente; — = não se aplica).	41
Tabela 2 – Critério operacional (6–10) para completude/coerência do pré-teste, utilizado no balanceamento inicial.	77
Tabela 3 – Dimensões de avaliação e critérios da rubrica utilizados na correção dos testes.	81
Tabela 4 – Médias por dimensão no pré-teste, por grupo ($n = 7$ por grupo).	82
Tabela 5 – Pré-teste: classificação por dimensão (M1 e M2) segundo a rubrica, por grupo ($n = 7$ em cada grupo), com identificações anonimizadas.	82
Tabela 6 – Médias por dimensão no pós-teste, por grupo ($n = 7$ por grupo).	83
Tabela 7 – Pós-teste: classificação por conceito (rubrica) nas dimensões M1, M2 e M3, por grupo (IDs anonimizados).	84
Tabela 8 – Síntese dos códigos utilizados no COPUS adaptado nesta pesquisa.	89
Tabela 9 – COPUS (professor): frequências absolutas e percentuais por código (GC vs. GE). Percentuais calculados no total de ocorrências por grupo.	92
Tabela 10 – COPUS (alunos): frequências absolutas e percentuais por código (GC vs. GE). Percentuais calculados no total de ocorrências por grupo.	93
Tabela 11 – Distribuição dos níveis de engajamento por grupo (frequência e percentual).	94
Tabela 12 – Perfil docente (anonimizado) a partir do diagnóstico TAM.	98
Tabela 13 – Comparação síntese (pré-uso vs. pós-uso): autoeficácia docente para planejar e lecionar robótica.	100
Tabela 14 – Itens abertos do TAM (pós-uso): respostas objetivas e justificativas (além de Sim/Não).	104

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
1.1	Motivação	20
1.2	Questões de Pesquisa	21
1.3	Objetivos	21
1.4	Hipóteses	22
1.5	Organização do Trabalho	23
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	24
2.1	Educação e Tecnologia	24
2.1.1	<i>Base Nacional Comum Curricular (BNCC)</i>	25
2.2	Robótica Educacional	26
2.2.1	<i>Kits de robótica LEGO Mindstorms EV3</i>	27
2.3	O <i>SCIENCE</i>	27
2.3.1	<i>Visão geral e propósito do SCIENCE</i>	28
2.3.2	<i>Sistemas web e organização arquitetural do SCIENCE</i>	29
2.3.3	<i>Ontologia</i>	31
2.3.4	<i>Evolução do ecossistema e trabalhos anteriores</i>	31
2.4	Avaliação de intervenções educacionais mediadas por tecnologia: desafios e implicações	32
2.5	Trabalhos Relacionados	34
2.6	Considerações Finais	41
3	METODOLOGIA	43
3.1	Caracterização da Pesquisa e Delineamento	43
3.1.1	<i>Delineamento geral do estudo</i>	43
3.2	Atualizações prévias no <i>SCIENCE</i> para viabilização do estudo em campo	44
3.3	Revisão Sistemática da Literatura e implicações para a estratégia de avaliação	45
3.3.1	<i>Estrutura do Delineamento, Controle de Variáveis e Triangulação</i>	48
3.4	Contexto do Estudo e Infraestrutura	49
3.5	Participantes e critérios	51

3.5.1	<i>Público discente e docente</i>	51
3.5.2	<i>Tamanho da Amostra e Critérios de Inclusão/Exclusão</i>	51
3.6	Aspectos éticos e proteção de dados	52
3.6.1	<i>Consentimento e assentimento</i>	53
3.6.2	<i>Anonimização e LGPD</i>	53
3.7	Materiais e recursos utilizados	54
3.8	Instrumentos de coleta de dados	54
3.8.1	<i>Ordem de aplicação dos instrumentos</i>	54
3.8.2	<i>Protocolo COPUS adaptado</i>	55
3.8.3	<i>Pré-teste, pós-teste e rubricas (Bloom e Fink)</i>	57
3.8.4	<i>Questionários docentes baseados no TAM (pré e pós-uso)</i>	58
3.8.5	<i>Diário de bordo e registros de campo</i>	58
3.9	Procedimentos da intervenção	59
3.10	Plano de análise dos dados	60
3.10.1	<i>Análise do desempenho discente (pré e pós-teste)</i>	60
3.10.2	<i>Análise observacional (COPUS adaptado)</i>	60
3.10.3	<i>Análise perceptiva (TAM) e registros qualitativos</i>	61
3.11	Síntese do capítulo	61
4	ATUALIZAÇÕES E CONSOLIDAÇÃO DO SISTEMA SCIENCE	62
4.1	Motivação e objetivo das atualizações	62
4.2	Visão geral das melhorias implementadas	62
4.2.1	<i>Cenário anterior e pontos de fricção identificados</i>	65
4.2.2	<i>Estratégia adotada para centralização e padronização</i>	67
4.2.3	<i>Integração dos serviços e fluxo de requisições</i>	68
4.2.4	<i>Efeitos observados no uso em ambiente escolar</i>	69
4.3	Revisão do fluxo de geração e organização de planos de aula	72
4.4	Síntese do capítulo	74
5	RESULTADOS	76
5.1	Caracterização do estudo e execução da intervenção	76
5.1.1	<i>Contexto, turmas e composição dos grupos (GE e GC)</i>	76
5.1.2	<i>Ajustes de cronograma e ocorrências relevantes em campo</i>	78
5.1.3	<i>Conformidade com o protocolo e instrumentos efetivamente coletados</i>	78

5.2	Resultados de aprendizagem discente	79
5.2.1	<i>Estrutura dos testes e critérios de correção (rubricas Bloom e Fink) .</i>	79
5.2.2	<i>Desempenho no pré-teste (linha de base por grupo)</i>	81
5.2.3	<i>Desempenho no pós-teste (estado final por grupo)</i>	82
5.2.4	<i>Comparações intra-grupo e entre grupos (pré-pós e GE vs. GC) . . .</i>	83
5.2.4.1	<i>Mudança pré-pós teste por dimensão.</i>	84
5.2.4.2	<i>Diferença entre condições: em que o Experimental se destaca.</i>	85
5.2.4.3	<i>Como as médias se formam: distribuição por conceitos ao longo das fases.</i>	85
5.2.5	<i>Síntese dos achados cognitivos</i>	86
5.3	Resultados observacionais em sala (COPUS adaptado)	88
5.3.1	<i>Procedimento de observação e categorias analisadas</i>	88
5.3.2	<i>Frequências e percentuais das ações do professor (GE vs GC)</i>	91
5.3.3	<i>Frequências e percentuais das ações dos alunos (GE vs GC)</i>	92
5.3.4	<i>Engajamento ao longo do tempo (baixo/médio/alto) e comparação entre grupos</i>	92
5.3.5	<i>Síntese dos achados interacionais</i>	95
5.4	Resultados perceptivos dos docentes (TAM)	97
5.4.1	<i>Perfil docente e momento de aplicação (diagnóstico e pós-uso)</i>	97
5.4.2	<i>Resultados por construto do TAM e comparação pré-uso vs. pós-uso .</i>	99
5.4.3	<i>Comentários e itens abertos (quando aplicável)</i>	99
5.4.4	<i>Síntese dos achados perceptivos</i>	103
5.5	Triangulação dos resultados	107
5.5.1	<i>Convergências entre evidências (aprendizagem, interação e percepção)</i>	107
5.5.2	<i>Divergências e possíveis explicações observacionais</i>	109
5.5.3	<i>Síntese integrada por questão/objetivo de pesquisa</i>	110
5.6	Ameaças e Limitações deste estudo	112
5.6.1	<i>Restrições de amostra e janela de aplicação</i>	112
5.6.2	<i>Validade interna e cuidados adotados (comparabilidade e triangulação)</i>	112
5.7	Síntese do capítulo	113
6	CONCLUSÃO	116
6.1	Retomada das questões de pesquisa e dos objetivos	116

6.2	Principais achados e contribuições	117
6.3	Trabalhos futuros	117
	REFERÊNCIAS	119

APÊNDICES 124

APÊNDICE A – TCLE para o professor	125
APÊNDICE B – TCLE do responsável pelo aluno	132
APÊNDICE C – Termo de assentimento (aluno)	141
APÊNDICE D – Manual completo de anotações (COPUS adaptado) 144	
APÊNDICE E – Proposta de pré/pós-teste e rubricas de correção 153	
APÊNDICE F – Pré/Pós Teste Aplicado	161
APÊNDICE G – Diário de Bordo Anonimizado	168
APÊNDICE H – Exemplo de teste preenchido (Grupo Robótica) . 174	
APÊNDICE I – Exemplo de teste preenchido (Grupo Controle) . . 180	
APÊNDICE J – Questionário TAM (Pré-uso)	187
APÊNDICE K – Questionário TAM (Pós-uso)	190
APÊNDICE L – Print da página completa (Science Matemática) . 193	
APÊNDICE M – Print da página completa (Science Física) 198	
APÊNDICE N – Print da página completa (Science Robótica) . . . 206	

1 INTRODUÇÃO

A robótica educacional (RE) é frequentemente apresentada como uma estratégia interdisciplinar e prática para aproximar conteúdos curriculares de situações concretas, favorecendo aprendizagem por experimentação, construção e resolução de problemas (ANDRIOLA, 2021; MOURA, 2019). Em sala de aula, esse caráter prático tende a criar um ambiente mais ativo, no qual os estudantes participam, testam hipóteses, erram e ajustam soluções, o que pode ampliar engajamento e colaboração (MOURA, 2019; KUNOVIC *et al.*, 2024; BARRADAS *et al.*, 2024). Em termos de evidências, revisões sistemáticas e meta-análises recentes indicam resultados favoráveis da RE para aprendizagem e habilidades associadas (como dimensões cognitivas e pensamento computacional), embora ressaltem variações importantes de contexto, desenho de intervenção e forma de avaliação (WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024).

Ao mesmo tempo, a literatura também mostra que reconhecer o potencial da robótica não garante sua adoção sustentável no cotidiano escolar. No cenário real, a implementação enfrenta obstáculos recorrentes, como acesso limitado a kits e materiais (computadores e arduinos, especialmente em escolas públicas), restrições de infraestrutura, tempo didático reduzido e desafios de formação/capacitação docente (VILAÇA; SANTOS, 2023; SANTOS; OLIVEIRA, 2025). Nesse contexto, a dificuldade institucional muitas vezes é reflexo direto da dificuldade do professor em utilizar a tecnologia: quando o docente não se sente seguro para configurar, operar, solucionar problemas e articular atividades com objetivos pedagógicos claros, a robótica tende a ficar dependente de intervenções pontuais, perder previsibilidade e não se consolidar como prática regular (VILAÇA; SANTOS, 2023; SANTOS; OLIVEIRA, 2025). Mesmo iniciativas de democratização (como propostas de baixo custo) frequentemente dependem de apoio externo (monitores, mediadores ou equipes técnicas) para que as atividades aconteçam, o que limita escala e continuidade quando esse suporte não está disponível (VILAÇA; SANTOS, 2023; NASCIMENTO *et al.*, 2022). Na prática, o problema não é apenas dispor dos equipamentos, mas tornar a robótica *planejável, executável e avaliável* dentro das condições reais da escola, o que envolve reduzir barreiras tecnológicas para o docente e garantir suporte pedagógico para que a turma avance, inclusive considerando que muitos estudantes também chegam com lacunas de base em tecnologia, o que aumenta a carga de mediação em sala e reforça a necessidade de formação docente contínua.

É nesse ponto que emerge uma lacuna central: a robótica educacional ainda carece de um processo didático replicável e sustentável, orientado ao professor, que ofereça suporte direto ao planejamento, à condução da aula e à avaliação do que ocorre em sala (tanto na aprendizagem quanto na dinâmica da turma). Em paralelo, intervenções com tecnologia ainda são avaliadas de forma fragmentada, com desenhos que frequentemente privilegiam apenas um tipo de evidência (por exemplo, somente desempenho, somente percepção ou somente observação), o que enfraquece a consistência dos resultados e dificulta a comparação entre estudos. Assim, permanece aberta a necessidade de delineamentos multimétodo mais integrados e coerentes na robótica educacional, considerando que o contexto e a forma de implementação influenciam fortemente os resultados (WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024).

Diante disso, torna-se necessário estabelecer e validar uma abordagem que operacionalize esse processo para o professor, integrando: (i) uma estrutura de planejamento compatível com o tempo e a infraestrutura reais da escola; (ii) orientações de condução e mediação em sala que viabilizem a execução das atividades; e (iii) um modelo de avaliação multimétodo, combinando medidas de aprendizagem, percepções e evidências observacionais, de modo a produzir resultados mais consistentes e úteis para adoção e continuidade (WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024).

Como resposta a esse desafio, esta dissertação adota o *SCIENCE* (*Sistema de Geração Integrado de Plano de Aula para o Ensino apoiado por Robótica Educacional*), uma ferramenta web que apoia professores no planejamento e na condução de aulas com robótica, com foco na organização do processo pedagógico e no alinhamento curricular, incluindo a BNCC (FERNANDES *et al.*, 2023; Brasil, 2018). Neste trabalho, o *SCIENCE* é utilizado como ferramenta de suporte e como ambiente de aplicação do estudo em contexto escolar real.

A principal contribuição desta dissertação é a sistematização de um delineamento de intervenção e avaliação (um “kit” metodológico), estruturando procedimentos e instrumentos para documentar o processo, produzir evidências mais consistentes e favorecer replicabilidade e comparação em estudos futuros com robótica educacional. Adicionalmente, são realizadas melhorias técnicas no *SCIENCE* com o objetivo de reduzir fricções práticas de uso e apoiar a aplicação do delineamento em campo, em alinhamento com a questão de pesquisa relacionada à adoção do sistema.

1.1 Motivação

A motivação desta pesquisa decorre de um contraste recorrente entre o que se aponta na literatura e o que se observa na realidade escolar: embora a robótica educacional seja frequentemente descrita como promissora para engajar estudantes e favorecer aprendizagens mais significativas, sua adoção no cotidiano escolar tende a esbarrar em limitações concretas, como ausência de diretrizes claras, formação docente insuficiente, restrições de infraestrutura, tempo didático reduzido e dificuldade de encaixe no currículo (VILAÇA; SANTOS, 2023; SANTOS; OLIVEIRA, 2025; Brasil, 2018). Como consequência, a robótica aparece muitas vezes como ação pontual, extracurricular ou dependente de perfis mais técnicos, o que fragiliza continuidade, comparabilidade e institucionalização.

Nesse cenário, o desafio não é apenas reconhecer o valor de trabalhar com robótica, mas transformar essa intenção em um caminho implementável: planejar, conduzir e avaliar atividades de modo que o professor consiga sustentar a prática com autonomia, sem depender permanentemente de suporte especializado. A literatura reconhece o potencial da robótica como ferramenta de aprendizagem em disciplinas que não são, em si, “robótica” (BENITTI, 2012), mas também evidencia que, sem orientação e organização, a adoção no currículo permanece incerta. Assim, torna-se relevante investigar e propor mecanismos que atuem como ponte entre o currículo e a robótica, reduzindo o custo de entrada para o docente, organizando recursos e apoiando decisões pedagógicas ao longo do processo (PASSOS, 2021; FERNANDES *et al.*, 2023).

Além das barreiras práticas, esta pesquisa é motivada pela necessidade de estruturar intervenções pedagógicas com robótica de forma clara e replicável e, a partir disso, produzir evidências mais consistentes sobre seus efeitos e sobre as condições reais de adoção e continuidade em sala de aula. Em outras palavras, busca-se estabelecer um procedimento de aplicação que possa ser reproduzido e comparado em outros cenários, com instrumentos coerentes com o que ocorre na sala de aula.

Portanto, esta dissertação é motivada pela necessidade de aproximar a robótica educacional de um uso praticável no ensino básico e, simultaneamente, consolidar um delineamento de intervenção e avaliação que permita analisar tanto os resultados educacionais quanto as condições reais de adoção e continuidade em sala de aula.

1.2 Questões de Pesquisa

Considerando as limitações recorrentes de adoção da robótica educacional em escolas, esta dissertação é orientada por uma questão central que sintetiza o problema investigado.

Q1. Como a robótica educacional pode ser integrada ao ensino básico de forma estruturada e operacionalizável no cotidiano escolar?

A partir dela, as questões derivadas detalham o problema em três dimensões complementares: (i) efeitos observáveis da intervenção, (ii) viabilidade e aceitação do suporte tecnológico pelo professor no contexto escolar, e (iii) sistematização do delineamento para documentação, replicação e comparação.

Q2. Em uma intervenção pedagógica com robótica educacional mediada pelo *SCIENCE*, quais evidências de impacto educacional podem ser observadas, em comparação a uma condição equivalente sem robótica, considerando: (a) aprendizagem discente, (b) dinâmica/engajamento em sala e (c) percepção/aceitação docente?

Q3. Em que medida a consolidação e as melhorias técnicas no *SCIENCE* contribuem para reduzir fricções de uso e dependências operacionais para favorecer um uso mais coeso do sistema pelo professor no planejamento e na condução das aulas?

Q4. Quais procedimentos, instrumentos e artefatos devem compor um delineamento multimétodo (planejamento, execução e avaliação) que permita documentar a intervenção em contexto real e apoiar replicabilidade, comparação entre estudos e análise integrada em robótica educacional?

1.3 Objetivos

Com base nas questões de pesquisa, esta dissertação tem como objetivo geral:

Investigar, em contexto escolar real, os efeitos e as condições de adoção de uma intervenção pedagógica com robótica educacional mediada pelo *SCIENCE*.

Para alcançar esse objetivo geral, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Identificar, por meio de uma revisão sistemática da literatura, métodos, métricas e boas práticas utilizados na avaliação do impacto de intervenções educacionais mediadas por tecnologia em contextos STEM/exatas, bem como lacunas recorrentes que orientem escolhas de delineamento e instrumentos no presente estudo.
2. Delinear e aplicar uma intervenção pedagógica com robótica educacional mediada pelo *SCIENCE*, adequada às condições reais do contexto escolar.
3. Analisar evidências de impacto educacional associadas à intervenção e caracterizar a aceitação e as fricções práticas de uso do *SCIENCE* no planejamento e na condução das aulas.
4. Avaliar em que medida melhorias técnicas no *SCIENCE* contribuem para reduzir fricções e barreiras práticas de adoção em contexto escolar.
5. Sistematizar e validar kit de intervenção e avaliação.

1.4 Hipóteses

Considerando o delineamento proposto e as dimensões de avaliação adotadas, bem como as evidências relatadas na literatura sobre robótica educacional e trabalhos prévios relacionados ao *SCIENCE*, formulam-se as seguintes hipóteses orientadoras, a serem testadas a partir dos dados coletados:

- H1:** Estudantes expostos à intervenção com robótica educacional mediada pelo *SCIENCE* apresentem maior ganho de desempenho, quando comparados à condição sem robótica.
- H2:** A intervenção com robótica educacional esta associada a uma dinâmica de sala mais ativa e participativa, com maior ocorrência de práticas centradas no estudante, em comparação à condição sem robótica.
- H3:** Mesmo para professores sem conhecimento técnico prévio em robótica, o *SCIENCE* reduz barreiras no planejamento e na execução de aulas com robótica educacional, favorecendo a adoção do recurso em contexto escolar.

1.5 Organização do Trabalho

Esta dissertação foi estruturada de modo a conduzir o leitor do contexto e dos fundamentos, passando pelo delineamento e pela implementação do estudo, até a análise integrada dos resultados e o fechamento do trabalho. O Capítulo 2 apresenta a fundamentação teórica que sustenta a pesquisa, discutindo robótica educacional no ensino básico, desafios de adoção e continuidade, e os referenciais que embasam o delineamento e os instrumentos utilizados. Nesse capítulo, também é apresentada a base conceitual relacionada ao *SCIENCE* e ao seu papel como ferramenta de suporte ao planejamento e à condução de aulas. O Capítulo 3 descreve a metodologia, detalhando o delineamento da intervenção, o contexto de aplicação, os participantes e aspectos éticos, bem como os procedimentos adotados em cada fase (planejamento, execução e finalização/avaliação). O capítulo também explicita os instrumentos de coleta (pré/pós-teste, protocolo observacional e questionários) e o plano de análise, de forma a tornar o estudo bem documentado e replicável. O Capítulo 4 apresenta as contribuições técnicas realizadas no *SCIENCE* durante esta dissertação, com foco na consolidação do sistema para uso em contexto real; são discutidas integrações, padronizações e ajustes que tornam o fluxo de uso mais coeso, conectando essas melhorias às necessidades práticas observadas no cenário de aplicação. O Capítulo 5 expõe e discute os resultados do estudo: as evidências são apresentadas de forma organizada por dimensão (aprendizagem, dinâmica de sala e percepção docente) e, em seguida, analisadas de maneira integrada, buscando convergências e explicando possíveis divergências, de modo a responder às questões de pesquisa. Por fim, o Capítulo 6 encerra a dissertação com as conclusões, retomando a questão central e os objetivos, destacando as contribuições, discutindo limitações e indicando trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresenta os conceitos fundamentais que sustentaram a realização desta pesquisa, abrangendo Educação e Tecnologia, Robótica Educacional, o software SCIENCE, sistemas web e ontologias. A fundamentação aqui reunida foi utilizada para orientar as decisões de planejamento e condução da intervenção pedagógica descrita nesta dissertação, bem como para embasar a análise dos resultados.

2.1 Educação e Tecnologia

A presença da tecnologia na educação não é recente; entretanto, a forma como seu uso vem sendo discutido e organizado em um discurso pedagógico estruturado ainda é relativamente novo. Heinsfeld e Pischetola (HEINSFELD; PISCHETOLA, 2019) apontam que, embora as tecnologias digitais ocupem posição central no cotidiano escolar e no debate educacional, elas aparecem sob diferentes nomenclaturas e compreensões, o que dificulta uma leitura única desse cenário:

No cotidiano escolar, nas políticas públicas em educação e nas pesquisas científico-acadêmicas, fala-se em tecnologias educacionais, tecnologias da informação e da comunicação, tecnologias digitais, tecnologias sociais, novas tecnologias, entre outras variadas nomenclaturas. Observa-se, todavia, uma lacuna na discussão a respeito do que se entende, de fato, por tecnologia, sendo essa uma interpretação de significações múltiplas, variando de acordo com cada discurso.

Nesse contexto, mesmo com documentos normativos como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), que buscam orientar e organizar o uso pedagógico das tecnologias, ainda há diferentes interpretações sobre como esses recursos devem ser incorporados ao processo de ensino e aprendizagem.

No cotidiano escolar, essas tecnologias aparecem em múltiplos formatos, como computadores, projetores, ambientes virtuais e dispositivos móveis. Neste trabalho, elas são compreendidas não apenas como meios técnicos, mas como recursos pedagógicos mediadores do processo de ensino e aprendizagem, mobilizados para favorecer a construção do conhecimento, a interação entre os sujeitos e o desenvolvimento de competências. Oliveira et al. (2019) sustentam essa compreensão ao destacar o papel das tecnologias na mediação das práticas educativas.

A relação entre ensino e tecnologia pode ser analisada à luz do paradigma STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics — Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), uma abordagem educacional que integra diferentes campos do saber e favorece práticas pedagógicas interdisciplinares, ativas e contextualizadas.

O paradigma STEM refere-se à articulação de quatro domínios centrais — ciência, tecnologia, engenharia e matemática — compreendidos não apenas como áreas isoladas do conhecimento, mas como campos interdependentes que dialogam na resolução de problemas, na investigação e na construção de soluções aplicadas. Essa perspectiva busca superar fragmentações curriculares tradicionais, promovendo a integração entre teoria e prática e estimulando o desenvolvimento de competências analíticas, criativas e colaborativas.

De acordo com White (2014) (WHITE, 2014), são possíveis definições para cada domínio:

- **Ciência:** estudo sistemático da natureza e do comportamento de materiais e do universo físico, fundamentado em observação, experimentação e formulação de leis explicativas.
- **Tecnologia:** campo relacionado à criação, aplicação e uso de meios técnicos, envolvendo sua interação com a sociedade, o ambiente e os processos produtivos.
- **Engenharia:** aplicação prática de conhecimentos científicos na concepção e desenvolvimento de artefatos, sistemas e soluções.
- **Matemática:** conjunto de saberes inter-relacionados voltados ao estudo de números, quantidades, formas, estruturas e relações, com linguagem e notação próprias.

Sob essa perspectiva, o paradigma STEM sustenta a utilização pedagógica das tecnologias como instrumentos de mediação da aprendizagem, especialmente em propostas que articulam conceitos matemáticos, raciocínio lógico e resolução de problemas em contextos aplicados.

2.1.1 Base Nacional Comum Curricular (BNCC)

A Base Nacional Comum Curricular - BNCC (Brasil, 2018) é um documento normativo que define aprendizagens essenciais para a Educação Básica, orientando sistemas e redes de ensino quanto aos direitos de aprendizagem e desenvolvimento.

Além de orientar conteúdos, a BNCC influencia a forma como competências e

habilidades são trabalhadas em sala de aula, impactando a organização curricular e práticas pedagógicas. Para este trabalho, a BNCC foi utilizada como referência para alinhar a intervenção com objetivos formativos e para justificar a inclusão de práticas relacionadas à tecnologia e à computação no contexto escolar.

Em complemento, a aprovação do Parecer CNE/CEB nº 2/2022 e sua homologação por meio da Resolução CNE/CEB nº 1/2022 (Brasil, 2018) reforçou a inserção da Computação como componente a ser integrado à Educação Básica, com ênfase em três eixos: Cultura Digital, Pensamento Computacional e Mundo Digital. Essa diretriz amplia a necessidade de propostas pedagógicas que promovam uso crítico e prático da tecnologia, envolvendo adequações curriculares, formação docente e disponibilização de materiais didáticos, em consonância com as demandas da educação na era digital.

2.2 Robótica Educacional

A Robótica Educacional, ao articular práticas alinhadas ao paradigma STEM em diferentes níveis de ensino, refere-se à utilização de conceitos, recursos e metodologias da robótica como estratégia pedagógica para favorecer processos de ensino e aprendizagem. Em contextos escolares, configura-se como um ambiente formal de aprendizagem que integra construção, programação e resolução de problemas, possibilitando a mobilização de conhecimentos conceituais e procedimentais de forma contextualizada (CAMPOS, 2017; ZANETTI *et al.*, 2012).

Essa abordagem envolve desde o uso de materiais simples e recicláveis até kits estruturados de montagem, compostos por peças modulares, motores, sensores e unidades programáveis, que permitem a criação de artefatos capazes de executar comandos previamente definidos. Mais do que a manipulação de dispositivos, a robótica educacional propicia situações de aprendizagem baseadas na experimentação, na investigação e na construção ativa do conhecimento.

Estudos apontam que a Robótica Educacional contribui para o desenvolvimento do raciocínio lógico, do pensamento computacional, da resolução de problemas e do trabalho colaborativo, além de favorecer o engajamento e a motivação dos estudantes (BENITTI, 2012). Ao integrar tecnologia e currículo, essa abordagem tende a aproximar conceitos abstratos de aplicações concretas, especialmente nas áreas de matemática e ciências.

Entretanto, sua implementação no contexto escolar apresenta desafios, como a ne-

cessidade de formação docente específica, adequação curricular, infraestrutura apropriada e planejamento pedagógico consistente. Sem esses elementos, há o risco de que a robótica seja utilizada apenas como recurso instrumental, desvinculada de objetivos educacionais mais amplos.

2.2.1 Kits de robótica LEGO Mindstorms EV3

Os kits LEGO Mindstorms EV3 consistem em um conjunto de peças modulares, motores, sensores e um bloco inteligente programável, possibilitando a construção e a programação de robôs capazes de executar diferentes tarefas. O sistema inclui um ambiente de programação, disponível para computadores e tablets, que permite a criação e a execução de programas para controle dos robôs. Por essas características, o Mindstorms EV3 é amplamente utilizado em ambientes educacionais, competições de robótica e projetos de pesquisa, oferecendo uma abordagem prática e interativa para atividades relacionadas a STEM (LEGO Education, 2016). A Figura 1 apresenta um kit LEGO Mindstorms EV3 completo.

Figura 1 – Kit LEGO Mindstorms EV3 completo.



Fonte: LEGO Education (2016).

2.3 O SCIENCE

Nesta seção é apresentado o sistema *SCIENCE*, bem como conceitos diretamente relacionados à sua organização e ao seu funcionamento, com ênfase em seu propósito como

ferramenta de suporte ao professor, a organização geral do sistema como aplicação web e a base ontológica que sustenta a geração e recomendação de planos de aula. Também é apresentada uma síntese da evolução do ecossistema do *SCIENCE* em trabalhos anteriores, situando o estado do sistema antes das contribuições desenvolvidas nesta dissertação.

2.3.1 Visão geral e propósito do *SCIENCE*

O *SCIENCE* (*Sistema de Geração Integrado de Plano de Aula para o Ensino apoiado por Robótica Educacional*) é um software web baseado em ontologias, desenvolvido para auxiliar professores no planejamento e na implementação de atividades com robótica educacional em sala de aula (PASSOS, 2021). O sistema foi concebido para conectar conceitos de robótica a conteúdos de disciplinas básicas, com foco em turmas do Ensino Fundamental (anos finais) e do Ensino Médio, particularmente nas áreas de exatas. Inicialmente, o *SCIENCE* foi desenvolvido para apoiar o planejamento de aulas de Matemática e, após evoluções, passou a incorporar também conteúdos relacionados ao ensino de Física (NETO *et al.*, 2021). Seu propósito é apoiar a elaboração de aulas que estabeleçam uma ponte entre a robótica e essas disciplinas, mantendo alinhamento com a BNCC (PASSOS, 2021; Brasil, 2018).

De acordo com Passos et al. (PASSOS, 2021), um objetivo central do *SCIENCE* é contribuir para reduzir desafios enfrentados por professores ao adotar robótica educacional, em especial a ausência de diretrizes claras para planejar e conduzir atividades com robôs no contexto escolar. Para isso, o sistema busca organizar recursos didáticos e apoiar decisões pedagógicas no planejamento, oferecendo ao professor uma estrutura para relacionar conteúdos, objetivos e atividades com robótica.

O desenvolvimento inicial do *SCIENCE* considerou entrevistas com professores do Ensino Fundamental (anos finais), combinando opiniões dadas dessas entrevistas com orientações presentes na BNCC e com manuais de montagem e uso do kit LEGO Mindstorms EV3. Esses elementos subsidiaram a construção de uma ontologia educacional que sustenta a organização do conhecimento no sistema e orienta a geração e recomendação de planos de aula (PASSOS, 2021).

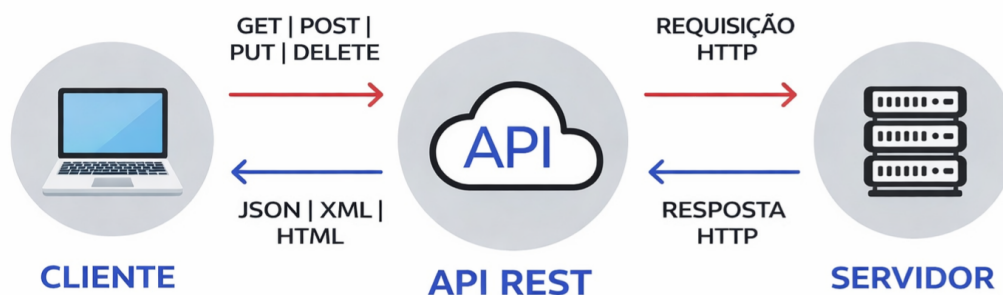
2.3.2 Sistemas web e organização arquitetural do SCIENCE

Um sistema web pode ser compreendido como um software hospedado em servidor e acessado via internet, adotando, em geral, o modelo cliente-servidor: o cliente (navegador/aplicação) realiza requisições e o servidor processa e devolve respostas, o que favorece acesso simultâneo, disponibilidade e escalabilidade (OLIVEIRA, 2024).

Em sistemas web, existem diferentes estratégias para comunicação entre *front-end* e *back-end*, como APIs REST, GraphQL e WebSockets. Em linhas gerais, REST segue o modelo tradicional do HTTP com rotas (*endpoints*) para operações específicas; GraphQL concentra consultas mais flexíveis em um único ponto; e WebSockets mantêm uma conexão persistente para comunicação em tempo real (OLIVEIRA, 2024; FETTE; MELNIKOV, 2011).

A Figura 2 ilustra o modelo de comunicação baseado em REST, caracterizado pelo acesso direto entre a interface e o serviço.

Figura 2 – Representação da comunicação entre o *front-end* e o *back-end* por meio de uma API REST.



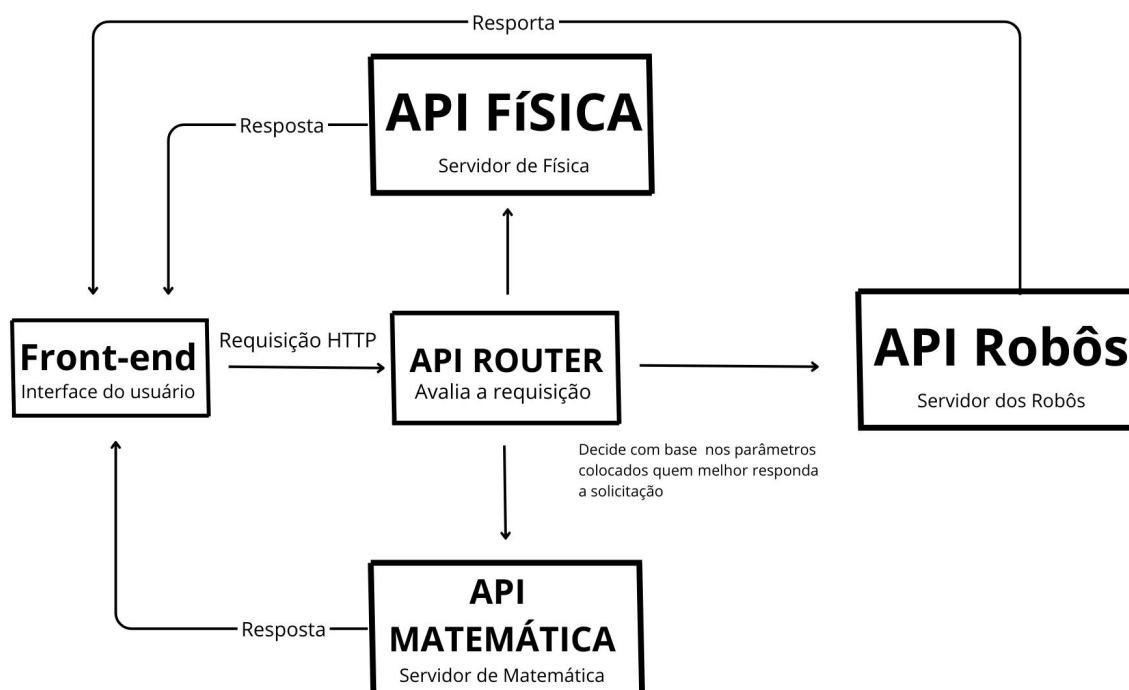
Fonte: Traduzido e adaptado de CodeString (2020).

No *SCIENCE*, a organização arquitetural pode ser descrita, em nível alto, por dois elementos principais: o *front-end* (camada de interface) e o conjunto de serviços do *back-end* responsáveis pelas funcionalidades do sistema. Como o *SCIENCE* foi ampliado por diferentes trabalhos, extensões e módulos foram desenvolvidos em momentos distintos, cada qual propondo artefatos próprios (ontologias, modelos e APIs), o que motivou a necessidade de uma camada de integração para consolidar e organizar o acesso aos serviços (FERNANDES *et al.*, 2023; NETO *et al.*, 2021; NOBRE *et al.*, 2021).

Nesse contexto, o *SCIENCE* adota uma *Router API*, isto é, uma camada inter-

mediária que atua como ponto central de entrada das requisições feitas pela interface. Conceitualmente, a Router API recebe as solicitações do *front-end*, interpreta informações como rota, parâmetros e tipo de operação e, em seguida, encaminha a requisição ao serviço correspondente. A Figura 3 apresenta essa organização, em que a interface passa a se comunicar com um único ponto e o roteamento é realizado internamente. Dessa forma, a interface deixa de realizar chamadas diretas a múltiplos serviços e passa a se comunicar com um único *endpoint*, enquanto a Router API se responsabiliza por direcionar cada chamada ao módulo apropriado (Microsoft, 2026).

Figura 3 – Representação da comunicação com uma Router API aplicada ao *SCIENCE*.



Fonte: Autoria própria (2025).

Em termos funcionais, essa estratégia favorece (i) a centralização do acesso aos serviços do *back-end*, (ii) a redução do acoplamento da interface a múltiplos *endpoints* e (iii) a padronização do fluxo de comunicação entre módulos, contribuindo para manutenção e evolução do sistema. Nesta seção, a Router API é apresentada como elemento arquitetural de organização do *SCIENCE*. Os detalhes de implementação, bem como as atualizações e consolidações realizadas nesta dissertação para reduzir fricções de uso e integrar serviços, são discutidos especificamente no Capítulo 4.

2.3.3 *Ontologia*

O conceito de ontologia é amplamente discutido em diferentes áreas do conhecimento, especialmente na filosofia e na computação. Na filosofia, ontologia é um ramo da metafísica que investiga a natureza da realidade e as categorias fundamentais do ser (MORAIS; AMBRÓSIO, 2007). Na Ciência da Computação, por sua vez, ontologias são utilizadas como mecanismos de representação formal do conhecimento, permitindo descrever de forma precisa e compartilhável um domínio, de modo estruturado e reutilizável (MORAIS; AMBRÓSIO, 2007).

Segundo Moreira e Santos Neto, no contexto da organização e estruturação do conhecimento, ontologias assumem papel relevante por favorecerem a explicitação de conceitos e relações, apoiando a organização, integração e recuperação de informações (NETO; MOREIRA, 2014). As ontologias também podem ser classificadas segundo diferentes critérios, como nível de formalização, finalidade e escopo. Moraes e Ambrósio descrevem categorias como ontologias gerais, de domínio, de tarefa e de aplicação, cada uma orientada a objetivos específicos (MORAIS; AMBRÓSIO, 2007). De modo geral, essas estruturas favorecem padronização de termos, interoperabilidade entre sistemas e recuperação mais precisa de conteúdos.

Neste trabalho, é utilizada a ontologia Onto-ENSINARE, proposta por Fernandes et al. (FERNANDES *et al.*, 2023) e desenvolvida com base na metodologia *Ontology Development 101*, visando atender demandas específicas relacionadas ao *SCIENCE* (PASSOS, 2021). A Onto-ENSINARE é voltada ao ensino de matemática com apoio da robótica educacional e estrutura conceitos como componentes de robôs, atividades didáticas e conteúdos curriculares. Sua modelagem em OWL permite a realização de inferências e apoia a geração automatizada de planos de aula, contribuindo para a integração da robótica em contextos do Ensino Fundamental (anos finais) e do Ensino Médio.

2.3.4 *Evolução do ecossistema e trabalhos anteriores*

Após sua criação, o *SCIENCE* foi ampliado por diferentes pesquisas que adicionaram recursos e componentes ao ecossistema do sistema. Em 2021, Tatsukawa Neto et al. (NETO *et al.*, 2021) desenvolveram uma ontologia voltada ao planejamento de aulas de Física com uso de robótica educacional. O trabalho teve como objetivo expandir o

SCIENCE para apoiar docentes dessa área, estruturando conceitos, conteúdos e objetivos de aprendizagem alinhados à BNCC. Como parte do desenvolvimento, foi disponibilizada uma API REST para recuperar planos de aula com base na ontologia proposta.

No mesmo ano, Nobre et al. (NOBRE *et al.*, 2021) propuseram modelos robóticos utilizando o kit LEGO Mindstorms EV3, com o objetivo de ampliar o repertório de atividades possíveis no *SCIENCE*. Esses modelos foram organizados em uma ontologia denominada Onto-Robots, construída a partir do reaproveitamento e extensão da ontologia original do sistema (Onto-ENSINARE). Adicionalmente, foi criada uma API REST para integrar essa ontologia ao *SCIENCE*. Assim, o trabalho ampliou as possibilidades de uso do sistema, oferecendo mais opções de robôs e atividades associadas a diferentes conteúdos.

No mesmo período, Oliveira et al. (OLIVEIRA *et al.*, 2021) propuseram e implementaram um algoritmo de recomendação aplicado ao *SCIENCE*, com o objetivo de reforçar o suporte automatizado ao planejamento e à seleção de recursos e planos de aula no sistema.

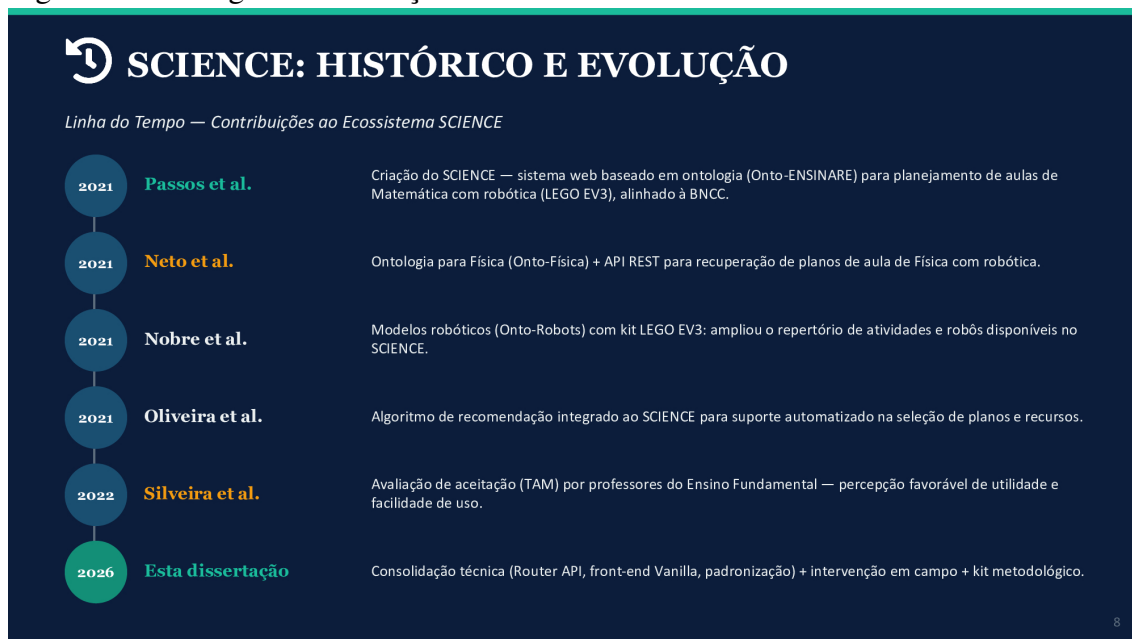
Em termos de avaliação com docentes, Silveira et al. (SILVEIRA *et al.*, 2022) analisaram a aceitação do *SCIENCE* por professores do Ensino Fundamental (anos finais) atuantes em Ciências Exatas e Naturais. De modo geral, os resultados indicaram percepção favorável de utilidade e facilidade de uso, inclusive entre docentes com pouca familiaridade prévia com robótica educacional. O estudo também apontou recomendações de melhorias, como ampliação de funcionalidades e conteúdos disponíveis.

Em síntese, os trabalhos anteriores consolidam o *SCIENCE* como uma ferramenta orientada ao docente para apoiar planejamento e aplicação de aulas com robótica educacional, estruturada sobre base ontológica e ampliada por extensões que adicionaram conteúdos, modelos robóticos e mecanismos de recomendação. A Figura 4 sintetiza essa evolução. Nos capítulos seguintes, esta dissertação aprofunda a aplicação do sistema em contexto escolar e descreve as contribuições técnicas realizadas para consolidar seu uso, com detalhamento concentrado no Capítulo 4.

2.4 Avaliação de intervenções educacionais mediadas por tecnologia: desafios e implicações

A avaliação de intervenções educacionais mediadas por tecnologia apresenta desafios recorrentes. Estudos diferem quanto aos objetivos pedagógicos, às condições de

Figura 4 – Visão geral da evolução do ecossistema *SCIENCE* e seus trabalhos anteriores.



Fonte: Autoria própria (2025).

implementação, ao tempo de exposição e ao perfil dos participantes, o que contribui para variações de efeito e para diferenças na forma de mensuração adotada (BENITTI, 2012; WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024). Essas variações afetam o tipo de evidência coletada e tornam mais difícil comparar resultados e reproduzir procedimentos entre diferentes trabalhos (BENITTI, 2012; WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024). Além disso, a noção de impacto pode ser definida e medida de maneiras distintas, incluindo resultados de aprendizagem, indicadores de participação e engajamento e percepções de professores e estudantes sobre a experiência com a tecnologia (DAVIS, 1989).

Com o objetivo de delimitar esse cenário e apoiar as escolhas desta dissertação, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura como etapa de fundamentação. A revisão buscou mapear como estudos avaliam intervenções educacionais mediadas por tecnologia e quais estratégias de mensuração são mais recorrentes. Os principais achados dessa revisão são discutidos de forma sintética no capítulo seguinte (Capítulo 3), com foco nas implicações para o delineamento do estudo e para a estratégia de avaliação adotada.

De modo geral, a literatura sugere a utilidade de separar dois tipos de evidência. Um primeiro tipo está relacionado a condições de uso e adoção da tecnologia, como barreiras práticas, requisitos de infraestrutura e percepção de esforço para utilização (DAVIS, 1989; KARAHANNA *et al.*, 1999). Um segundo tipo está relacionado a aprendizagem, como

domínio conceitual, desempenho em tarefas e qualidade de soluções produzidas pelos estudantes (BENITTI, 2012; WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024). Essa separação contribui para evitar interpretações em que a experiência de uso ou a satisfação com a tecnologia sejam tomadas, por si só, como evidência de aprendizagem (DAVIS, 1989).

Outro ponto recorrente é que avaliações baseadas em uma única fonte de dados podem produzir resultados menos interpretáveis, especialmente quando se pretende compreender tanto efeitos educacionais quanto condições de implementação. Em função disso, estudos frequentemente recorrem a estratégias de avaliação que combinam diferentes fontes de evidência, integrando medidas de desempenho com registros do processo de implementação e percepções dos participantes (DAVIS, 1989). Essa combinação tende a permitir uma leitura mais completa do fenômeno avaliado, desde que as medidas estejam alinhadas aos objetivos educacionais investigados (BENITTI, 2012; WANG *et al.*, 2023).

Considerando esses aspectos, esta dissertação organiza sua avaliação em dimensões complementares, contemplando evidências de aprendizagem e evidências relacionadas ao processo de implementação e às condições de uso da tecnologia pelo professor. A operacionalização dessas dimensões, incluindo a síntese da revisão realizada e a apresentação dos referenciais e instrumentos selecionados, é desenvolvida no capítulo seguinte e detalhada no capítulo metodológico.

2.5 Trabalhos Relacionados

Nesta seção, são discutidos trabalhos que apresentam aproximações com esta dissertação, sobretudo por investigarem a Robótica Educacional como estratégia de apoio ao ensino de Matemática e/ou Física, bem como por proporem artefatos, sequências didáticas ou modelos de intervenção aplicáveis ao contexto escolar. De modo geral, as pesquisas identificadas apontam resultados promissores, mas também evidenciam limitações recorrentes relacionadas (i) à falta de orientação técnica detalhada para montagem e programação, (ii) à baixa replicabilidade em diferentes escolas e (iii) à ausência de mecanismos sistemáticos de apoio ao professor no planejamento e condução das aulas.

Furletti (FURLETTI, 2010) desenvolveu uma sequência didática aplicada ao Ensino Médio, na qual os estudantes construíram e programaram uma roda-gigante robótica controlada pelo software Slogo, com o objetivo de explorar funções do primeiro e segundo graus. A pesquisa adotou observação sistemática e entrevistas como instrumentos de coleta

de dados, incluindo um estudo piloto seguido de reformulação e reaplicação da proposta. Os resultados indicaram maior motivação dos alunos e aproximação mais contextualizada dos conceitos matemáticos. Contudo, a proposta concentrou-se em um artefato específico e em um ambiente tecnológico particular, sem apresentar diretrizes amplas para replicação em diferentes contextos escolares.

Martins (MARTINS, 2012), por sua vez, realizou um estudo de caso em uma escola pública municipal, envolvendo cinco turmas dos anos finais do Ensino Fundamental. A autora integrou o uso de kits LEGO Mindstorms às aulas regulares de Matemática, articulando a proposta às teorias de Papert e Vergnaud. Os resultados apontaram maior envolvimento dos estudantes, aceitação do erro como estratégia de aprendizagem e desenvolvimento do trabalho colaborativo. Entretanto, embora a implementação tenha ocorrido em contexto real, a sistematização do planejamento e do suporte técnico-pedagógico permanece fortemente vinculada à experiência da própria professora-pesquisadora, o que pode limitar a replicabilidade autônoma por outros docentes.

Santos et al. (SANTOS *et al.*, 2013) apresentam um conjunto de atividades didáticas com robótica aplicadas a diferentes disciplinas da Educação Básica, incluindo Física, Matemática e Informática. O trabalho descreve propostas envolvendo o kit LEGO Mindstorms NXT 2.0 e o software Modelix System, que permite programação e simulação sem exigir conhecimento formal de linguagens de programação. A aplicação prática relatada envolveu oito crianças (com e sem deficiência), com observação das interações e reações durante as atividades. Os resultados indicam maior engajamento e interesse por parte dos alunos, especialmente daqueles sem deficiência. Entretanto, o estudo assume caráter descritivo, não apresentando análise comparativa sistemática, instrumentos formais de avaliação da aprendizagem ou diretrizes detalhadas para replicação autônoma por docentes em diferentes contextos escolares.

Já Almeida Neto (ALMEIDA NETO, 2014) desenvolve uma proposta aplicada em contexto real de escola pública municipal, envolvendo turmas do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, utilizando kits LEGO com bloco programável RCX e o software Funsoftware para montagem e programação de robôs. A experiência foi implementada entre 2010 e 2013, integrando parte das aulas de Matemática às atividades de robótica, nas quais os alunos resolviam situações-problema por meio de montagens específicas (como buggy, carro de corrida e plotter) e suas respectivas programações. O autor estabelece um

paralelo explícito entre essas atividades e os descritores da Matriz de Referência da Prova Brasil (SAEB), argumentando que a robótica educativa favorece o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas. Contudo, embora apresente detalhamento das montagens e da vinculação às matrizes avaliativas, a proposta mantém forte dependência do material estruturado do Projeto LEGO, com roteiros previamente definidos, o que pode limitar maior autonomia docente na adaptação e no encadeamento metodológico das atividades.

Entre os trabalhos que descrevem atividades práticas com roteiros estruturados, Rodrigues (RODRIGUES, 2015) desenvolve uma sequência didática aplicada do 6º ao 9º ano do Ensino Fundamental, utilizando a metodologia LEGO® Zoom Education. O autor organiza as atividades segundo as etapas “contextualizar, construir, analisar e continuar”, articulando a montagem e programação dos robôs à resolução de situações-problema envolvendo números racionais. Embora a proposta apresente aplicação real em ambiente escolar e análise qualitativa dos resultados, o foco recai predominantemente sobre a execução das tarefas e a motivação dos alunos, havendo menor sistematização sobre como o professor deve conduzir pedagogicamente a etapa de programação, momento em que emergem dificuldades conceituais e operacionais que podem comprometer o ritmo da aula.

Araújo (ARAÚJO, 2016), por sua vez, apresenta um material ainda mais estruturado, contemplando plano de aula completo, folhas de atividades, manuais de montagem, guias do professor e respostas dos programas. A proposta enfatiza a integração entre robótica educacional e conteúdos matemáticos como função do 1º grau, geometria e probabilidade, oferecendo um conjunto robusto de recursos didáticos. Contudo, o estudo caracteriza-se como pesquisa qualitativa e bibliográfica, sem validação empírica sistemática em contexto escolar regular, o que limita evidências sobre sua aplicabilidade em diferentes realidades de sala de aula e sobre os impactos concretos na aprendizagem dos estudantes.

Outros estudos utilizam plataformas e kits comerciais, especialmente o LEGO Mindstorms EV3, aproximando-se do contexto adotado nesta dissertação. Dos Santos (SANTOS; MENDONÇA, 2016) desenvolve um planejamento fundamentado no Alinhamento Construtivo para trabalhar as relações métricas do triângulo retângulo com apoio da Robótica Educacional. A proposta foi aplicada a uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental, em formato de estudo de caso, envolvendo montagem e programação de

modelos robóticos como recurso para resolução de problemas geométricos. Os resultados indicaram que a robótica se mostrou mais efetiva no desenvolvimento da habilidade de identificação de elementos geométricos do que na elaboração algébrica das equações, evidenciando ganhos diferenciados entre as competências trabalhadas. Embora o estudo apresente diretrizes e material de apoio ao professor, pressupõe familiaridade prévia com kits e lógica de programação, o que pode limitar sua replicabilidade em contextos com menor infraestrutura.

Puziski (PUZISKI, 2017) propõe a construção e programação de uma calculadora com o kit LEGO Mindstorms EV3, fundamentando-se no construcionismo de Papert. A atividade foi realizada com 76 estudantes do 8º ano do Ensino Fundamental, distribuídos em três turmas de uma escola privada. A metodologia envolveu observação participante, aplicação de questionários e discussão em grupo. Os resultados apontaram reflexões significativas dos alunos acerca do uso consciente da calculadora em contextos educacionais e sucesso parcial na compreensão do funcionamento do algoritmo implementado. Contudo, os estudantes já possuíam experiência prévia com robótica no currículo escolar, o que reduz a generalização da proposta para realidades distintas.

Armão (ARMÃO, 2018) apresentam uma sequência composta por quatro planos de aula fundamentados na metodologia LEGO® (Contextualizar, Construir, Analisar e Continuar), com o objetivo de trabalhar o número irracional π no 7º ano do Ensino Fundamental. A proposta foi aplicada em contexto real de sala de aula, utilizando o kit LEGO Mindstorms EV3 para que os estudantes obtivessem experimentalmente uma aproximação de π por meio de medições realizadas com o robô construído. O estudo descreve as etapas de implementação, incluindo montagem, organização da pista de testes e registro das medições, além de discutir os resultados obtidos. Embora apresente alinhamento à BNCC e detalhamento metodológico consistente, a proposta depende de infraestrutura específica e domínio mínimo de montagem orientada, o que pode dificultar sua adoção em escolas com recursos limitados.

Silva (SILVA, 2019) também desenvolvem atividades com o kit LEGO Mindstorms EV3 aplicadas em contexto escolar real, abordando conteúdos matemáticos por meio de montagem e programação de robôs. A proposta inclui aplicação prática e análise dos resultados obtidos com os estudantes, evidenciando potencial para aumento do engajamento e compreensão conceitual. Entretanto, assim como nos demais estudos que utilizam kits

comerciais, observa-se dependência de infraestrutura tecnológica adequada e pressuposição de conhecimentos prévios sobre montagem e programação, fatores que podem restringir a replicabilidade em diferentes contextos educacionais.

No campo da Física, Moura (MOURA, 2019) desenvolve a dissertação intitulada *Robô-Car: uma abordagem da robótica educacional aplicada ao ensino de Física*, na qual propõe a construção de um protótipo de baixo custo baseado na plataforma Arduino para o ensino de Cinemática, especificamente Movimento Retilíneo Uniforme, no Ensino Médio. O trabalho apresenta um manual técnico de montagem do robô, detalha os componentes eletrônicos utilizados (motores, chassi, placa Arduino, entre outros) e organiza a aplicação por meio de uma sequência didática estruturada, envolvendo avaliação diagnóstica, atividade prática com coleta de dados e posterior análise gráfica e conceitual. A proposta evidencia ganhos motivacionais e participação ativa dos estudantes, além de relacionar a prática experimental à formalização teórica dos conceitos físicos. Entretanto, a implementação exige conhecimentos prévios de eletrônica básica, montagem de circuitos e programação em Arduino, o que pode representar uma barreira para docentes sem formação técnica específica ou sem suporte laboratorial adequado. Nesse sentido, embora o estudo contribua significativamente para o ensino de Cinemática com robótica, sua aplicabilidade pode ficar condicionada ao domínio técnico do professor e à infraestrutura disponível, aspecto que esta dissertação busca mitigar ao propor um sistema de apoio que organize e oriente o planejamento e a condução pedagógica da prática, reduzindo a dependência de expertise técnica avançada.

No campo das mídias enativas e da computação afetiva aplicada ao ensino de Matemática, Coelho (COELHO, 2022) propõe uma ontologia denominada EEMO (Enactive Educational Media Ontology) para anotação semântica de conteúdos educacionais, considerando aspectos emocionais na seleção e composição de mídias. A autora estrutura sua proposta a partir de um processo formal de engenharia de ontologias, envolvendo definição conceitual, modelagem em UML, implementação em OWL e validação com docentes e estudantes do ensino superior. O estudo concentra-se no ensino de Matemática para cursos de Computação, ilustrando cenários de uso com mídias fragmentadas e classificadas segundo emoções esperadas e estados afetivos. Embora a pesquisa avance ao integrar Web Semântica, dados vinculados e aspectos emocionais na organização de conteúdos, seu foco recai predominantemente na modelagem e anotação de mídias digitais em ambiente

computacional. Diferentemente da presente dissertação, que articula planejamento didático, montagem física e condução pedagógica com robótica educacional, o trabalho de Coelho não contempla a mediação prática em sala de aula envolvendo atividades concretas com hardware, nem explicita um encadeamento metodológico detalhado para orientar o professor na transição entre conteúdo curricular, atividade prática e programação, especialmente em contextos escolares com infraestrutura limitada.

Mafra e Santos (MAFRA; SANTOS, 2022) desenvolvem uma intervenção com estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental em escola de tempo integral, estruturando uma sequência didática que articula robótica educacional e conteúdos de geometria plana, como circunferência, perímetro, ângulos e cálculo de área. A proposta envolve planejamento prévio das atividades, construção e adaptação de dispositivos robóticos, programação associada e aplicação experimental em sala de aula, com acompanhamento direto dos pesquisadores. Os resultados indicam aumento de motivação, maior interação entre os alunos e ressignificação do espaço escolar como ambiente de experimentação. Entretanto, a experiência ocorre em contexto específico, com suporte técnico e participação ativa da equipe de pesquisa, o que pode dificultar sua reprodução por docentes sem apoio especializado, além de não apresentar um modelo sistemático de orientação contínua que auxilie o professor no planejamento autônomo e na reaplicação estruturada das atividades em diferentes realidades escolares.

Vilaça e Santos (VILAÇA; SANTOS, 2023) abordam a robótica educacional de baixo custo no Ensino Médio, utilizando plataformas como Arduino e materiais acessíveis para desenvolver propostas interdisciplinares e estimular o pensamento computacional. A pesquisa enfatiza a integração de saberes e a inclusão tecnológica, destacando o potencial da robótica como instrumento de articulação entre Matemática, Física e Computação. Apesar de ampliar o debate sobre acessibilidade financeira e democratização do uso da tecnologia, a proposta exige conhecimentos técnicos prévios e organização de infraestrutura mínima, não oferecendo um guia pedagógico estruturado que oriente o professor quanto à adaptação curricular, à condução didática detalhada e à implementação independente em contextos com limitações formativas.

Rômulo, Faria e Brandão (ROMULO *et al.*, 2024) investigam o uso da robótica educacional articulada às Investigações Matemáticas no ensino de Geometria Plana nos anos finais do Ensino Fundamental, priorizando tarefas investigativas e protagonismo

discente. A intervenção destaca o caráter lúdico e dinâmico das atividades, bem como a participação ativa dos estudantes na formulação de hipóteses, testes e validações. Contudo, o estudo é desenvolvido em período delimitado e com acompanhamento próximo da equipe pesquisadora, o que reduz evidências sobre a sustentabilidade da proposta a longo prazo e sobre sua execução por professores sem suporte externo sistemático, especialmente em contextos escolares com restrições técnicas ou formativas.

Por fim, resultados em escala mais ampla também reforçam o potencial educacional da robótica. Meta-análises recentes indicam efeitos positivos sobre desempenho e habilidades associadas, mas ressaltam que os ganhos dependem de planejamento rigoroso e de condições de implementação que raramente são triviais de construir no cotidiano escolar (WANG *et al.*, 2023; HONG, 2024).

Diante desse panorama, observa-se que a literatura apresenta contribuições relevantes, mas com lacunas persistentes no apoio ao professor e na replicabilidade em diferentes contextos. É nesse ponto que se insere o diferencial desta dissertação: a proposição e sistematização de um delineamento multimétodo de intervenção e avaliação (um “kit”), orientado ao professor, que organiza o planejamento, a execução em sala e a coleta/análise de evidências em condições reais. Esse delineamento é aplicado e analisado em um estudo de caso mediado pelo *SCIENCE*, utilizado como ferramenta de suporte ao planejamento e à condução das aulas. As melhorias técnicas realizadas no *SCIENCE* são tratadas como contribuições de suporte para reduzir fricções de uso e viabilizar a aplicação coesa do delineamento em campo.

A Tabela 1 sintetiza a comparação entre os trabalhos discutidos e os elementos centrais desta pesquisa, destacando a integração entre apoio automatizado ao planejamento, alinhamento curricular e validação em cenário real.

Tabela 1 – Comparação entre trabalhos relacionados e os elementos contemplados no *SCIENCE*. (✓ = presente; X = ausente; — = não se aplica).

Trabalho	Disciplina	Manual/ Roteiro	Montagem	Prog.	Aplicação em sala	Autom.	Base Ontol.	Suporte ao Professor
Furletti (2010) (FURLETTI, 2010)	Matemática	X	✓	X	✓	X	X	X
Martins (2012) (MARTINS, 2012)	Matemática	X	✓	✓	✓	X	X	X
Santos (2013) (SANTOS <i>et al.</i> , 2013)	Multidisc.	X	X	✓	X	X	X	X
Almeida Neto (2014) (ALMEIDA NETO, 2014)	Matemática	X	✓	✓	X	X	X	X
Rodrigues (2015) (RODRIGUES, 2015)	Matemática	✓	✓	X	✓	X	X	X
Araújo (2016) (ARAÚJO, 2016)	Matemática	✓	✓	✓	X	X	X	✓
Dos Santos (2016) (SANTOS; MENDONÇA, 2016)	Matemática	X	✓	X	✓	X	X	X
Puziski (2017) (PUZISKI, 2017)	Matemática	X	X	✓	✓	X	X	X
Armão (2018) (ARMÃO, 2018)	Matemática	X	✓	✓	✓	X	X	X
Silva <i>et al.</i> (2019) (SILVA, 2019)	Matemática	X	X	✓	✓	X	X	X
Moura (2019) (MOURA, 2019)	Física	✓	✓	✓	✓	X	X	X
Coelho (2022) (COELHO, 2022)	Matemática	✓	X	X	X	X	✓	✓
Mafra e Santos (2022) (MAFRA; SANTOS, 2022)	Matemática	X	✓	✓	✓	X	X	X
Vilaça e Santos (2023) (VILAÇA; SANTOS, 2023)	Multidisc.	X	✓	X	✓	X	X	X
Rômulo <i>et al.</i> (2024) (ROMULO <i>et al.</i> , 2024)	Matemática	X	X	X	✓	X	X	X
Wang (2023) (WANG <i>et al.</i> , 2023)	Multidisc.	—	—	—	—	—	—	—
Hong (2024) (HONG, 2024)	Multidisc.	—	—	—	—	—	—	—
SCIENCE (proposta)	Multidisc.	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fonte: Elaboração própria (2025).

2.6 Considerações Finais

Este capítulo reuniu conceitos essenciais para a compreensão desta dissertação, abordando Educação e Tecnologia, Robótica Educacional e sua inserção em contextos escolares, além de referências normativas como a BNCC para contextualizar o uso pedagógico de tecnologias e computação na Educação Básica. Também foram descritas características do kit LEGO Mindstorms EV3, utilizado como recurso de apoio às atividades práticas do estudo.

No que se refere ao software *SCIENCE*, foram apresentados seus objetivos e seu papel como ferramenta de suporte ao professor, bem como elementos de sua organização como sistema web e a base ontológica empregada para estruturar o conhecimento manipulado pelo sistema. Ainda nesse contexto, foram discutidos trabalhos anteriores relacionados ao *SCIENCE* e a outras propostas de robótica educacional aplicadas ao ensino básico, destacando contribuições, limitações e aspectos que influenciam a adoção e a continuidade dessas intervenções em diferentes realidades escolares.

O capítulo também discutiu desafios recorrentes na avaliação de intervenções educacionais mediadas por tecnologia, incluindo a variedade de definições de impacto, a heterogeneidade de estratégias de mensuração e as implicações dessas escolhas para comparabilidade e replicação entre estudos. Com base nesse enquadramento, delimitou-se a necessidade de uma estratégia avaliativa organizada em dimensões complementares, contemplando evidências de aprendizagem e evidências relacionadas ao processo de

implementação e às condições de uso pelo professor.

No capítulo seguinte, descreve-se a metodologia desta pesquisa, detalhando o delineamento adotado, o contexto escolar de aplicação, o perfil dos participantes e os instrumentos de coleta e análise de dados. Em seguida, o Capítulo 4 detalha as atualizações técnicas e a consolidação do sistema SCIENCE realizadas para viabilizar o estudo em campo. Por fim, os resultados e as discussões fundamentadas nos procedimentos metodológicos e nas melhorias tecnológicas são apresentados nos capítulos posteriores.

3 METODOLOGIA

Este capítulo descreve o delineamento, o contexto, os participantes dos experimentos, os recursos tecnológicos e os instrumentos de coleta. O percurso metodológico seguiu o protocolo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UERN (CEP/UERN), registrado na Plataforma Brasil sob o CAAE: 87479725.3.0000.5294 (Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2025).

Além do referencial teórico, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de identificar pesquisas que discutem estratégias e instrumentos utilizados na avaliação de intervenções educacionais mediadas por tecnologia no ensino de áreas de exatas. No momento da escrita desta dissertação, a RSL encontra-se em fase de submissão, razão pela qual seu relatório completo não é anexado ao texto. Ainda assim, os principais achados são apresentados e discutidos neste capítulo, pois subsidiaram a definição dos procedimentos de coleta e análise adotados neste trabalho e apoiaram a identificação de pontos de atenção metodológicos relevantes para a condução da intervenção.

3.1 Caracterização da Pesquisa e Delineamento

O percurso metodológico desta dissertação seguiu três etapas encadeadas. Primeiro, foi realizada uma atualização do software existente *SCIENCE* (*Sistema de Geração Integrado de Plano de Aula para o Ensino apoiado por Robótica Educacional*) para viabilizar sua aplicação em campo com menor fricção e maior coesão operacional. Em seguida, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL), utilizada para delimitar práticas recorrentes e pontos de atenção na avaliação de intervenções educacionais mediadas por tecnologia em áreas de exatas. Por fim, com base nesse cenário e nos objetivos do estudo, foi delineada e executada uma intervenção em ambiente escolar real, com instrumentos e procedimentos descritos ao longo deste capítulo. Ao final desta seção, apresenta-se um fluxograma sintetizando todas as etapas realizadas.

3.1.1 Delineamento geral do estudo

A intervenção em ambiente escolar real comparou duas condições de ensino: Sendo aulas de Robótica Educacional apoiadas pelo *SCIENCE* e utilizando kits de robótica, caracterizando o *Grupo Experimental* (GE), e aulas com o mesmo conteúdo curricular

ministradas sem kits de robótica, caracterizando o *Grupo Controle* (GC). O objetivo do experimento com os estudantes foi investigar evidências de impacto educacional associadas à condição com robótica mediada pelo *SCIENCE*, em comparação à condição equivalente sem robótica. Em paralelo, a coleta com professores teve como objetivo caracterizar condições de adoção do *SCIENCE* no contexto escolar, considerando percepções de uso, barreiras práticas e elementos de viabilidade no planejamento e na condução das aulas.

Para assegurar rastreabilidade metodológica durante a execução, todas as aulas, ajustes de cronograma e ocorrências de campo foram registrados em um diário de bordo, contendo data, atividade realizada, participantes presentes e observações relevantes. Esse registro foi utilizado para contextualizar resultados e documentar intercorrências típicas da rotina escolar (por exemplo, faltas, mudanças de horário e cancelamentos) (ver Anexo G).

3.2 Atualizações prévias no *SCIENCE* para viabilização do estudo em campo

Embora o *SCIENCE* seja um software existente e já descrito na literatura, sua aplicação em contexto escolar real exigiu uma etapa prévia de consolidação para reduzir barreiras de uso e permitir uma condução mais coesa da intervenção. Essa etapa foi realizada antes da execução do experimento e teve caráter instrumental para o delineamento metodológico, pois buscou garantir que o sistema estivesse estável e operável nas condições de campo.

Em termos de escopo, as atualizações envolveram: a reestruturação do *front-end* completamente, com o objetivo de reorganizar e modernizar uma interface anterior defasada e de difícil manutenção; e a adoção de uma *Router API* como camada de integração, centralizando chamadas e unificando *back-ends* que anteriormente se encontravam dispersos e desconectados. Essas mudanças visaram reduzir dependências operacionais e facilitar a execução contínua das atividades previstas no estudo.

Os detalhes técnicos dessas atualizações, incluindo decisões de implementação, arquitetura, integrações e ajustes finais para uso em campo, são apresentados no capítulo seguinte, dedicado às contribuições técnicas do trabalho.

3.3 Revisão Sistemática da Literatura e implicações para a estratégia de avaliação

Após a preparação do ambiente tecnológico, foi conduzida uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) com o objetivo de identificar como estudos têm avaliado intervenções educacionais mediadas por tecnologia em áreas de exatas, quais métodos e métricas são recorrentes e quais limitações metodológicas aparecem de forma persistente. A RSL foi conduzida com o objetivo de responder à seguinte questão principal: quais métodos e métricas têm sido utilizados para avaliar o impacto de intervenções educacionais baseadas em tecnologia nas ciências exatas, e de que forma esses estudos operacionalizam o impacto em relação às exigências cognitivas, formais e técnicas dessas disciplinas? Para guiar a análise, foram definidas quatro questões secundárias: (SQ1) quais os métodos mais comuns e como são adaptados às especificidades das ciências exatas; (SQ2) quais as principais forças e limitações desses métodos frente a resultados STEM; (SQ3) como as métricas equilibram percepções subjetivas e evidências objetivas; e (SQ4) quais abordagens oferecem evidência mais robusta de aprendizagem profunda em STEM. Os principais achados são retomados a seguir, por terem orientado diretamente a escolha das dimensões de avaliação e a organização dos instrumentos utilizados nesta dissertação.

Em síntese, a literatura revisada destaca como prática relevante o uso de delineamentos multimétodo (*mixed-methods*), entendidos como a combinação de pelo menos uma medida objetiva de aprendizagem ou desempenho (por exemplo, testes diagnósticos e medidas de performance) com pelo menos uma fonte complementar voltada ao processo e ao contexto (por exemplo, observações, entrevistas, questionários ou registros de interação). Essa combinação é particularmente valiosa em intervenções nas áreas de exatas porque reduz o risco de interpretar evidências perceptivas (como engajamento ou satisfação) como substitutas de aprendizagem técnica, ao mesmo tempo em que permite explicar como os estudantes chegam às soluções e quais dificuldades emergem durante a atividade.

A RSL também aponta lacunas recorrentes na forma como o impacto é operacionalizado. Muitos estudos utilizam instrumentos locais e heterogêneos, com pouca padronização de protocolos e relatos, o que dificulta replicação e síntese entre trabalhos. Além disso, há recorrência de avaliações baseadas predominantemente em percepção (por exemplo, engajamento e satisfação), as quais são informativas para adoção e experiência, mas oferecem suporte frágil para alegações sobre proficiência técnica ou processos de correção de erros quando usadas isoladamente. Esses pontos reforçaram a necessidade

de estruturar a avaliação deste estudo em dimensões complementares e com medidas coerentes com os objetivos educacionais da intervenção.

Entre os achados da RSL, identificou-se que avaliações restritas a indicadores genéricos, como engajamento e satisfação, são insuficientes para sustentar alegações de aprendizagem em contextos STEM, e que estudos com maior rigor combinavam medidas objetivas com rubricas alinhadas a construtos cognitivos bem definidos. A partir dessa constatação, identificou-se que a combinação de duas taxonomias complementares seria adequada para o presente estudo. A Taxonomia de Bloom (BLOOM, 1956), revisada por Anderson e Krathwohl (ANDERSON; KRATHWOHL, 2001), organiza objetivos cognitivos em seis níveis — lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar — e permite classificar o grau de complexidade exigido por cada tarefa avaliativa. A Taxonomia da Aprendizagem Significativa de Fink (FINK, 2003b) amplia essa perspectiva ao incorporar dimensões não hierárquicas, como conhecimento fundamental, integração, dimensão humana e aprender a aprender, capturando ganhos que ultrapassam o domínio cognitivo tradicional. A articulação dessas duas taxonomias permite avaliar tanto a progressão cognitiva quanto dimensões de aprendizagem significativa, respondendo diretamente à recomendação da RSL de não operacionalizar o impacto apenas por meio de proxies perceptivos, mas por evidências alinhadas às exigências técnicas e formais da disciplina.

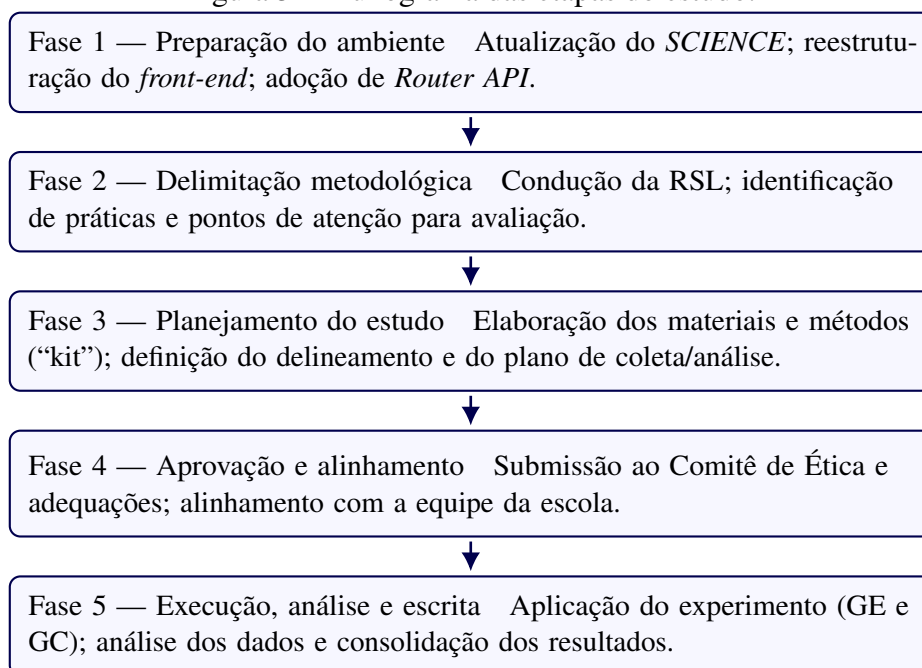
A RSL também evidenciou que uma parcela expressiva dos estudos analisados não incorporava evidências observacionais sobre a dinâmica de sala, limitando-se a dados de percepção ou de desempenho sem registrar o que efetivamente ocorria durante as aulas. Para preencher essa lacuna, adotou-se o *Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM* — COPUS (SMITH *et al.*, 2013), um protocolo observacional baseado em códigos que registra, em intervalos regulares, as ações de professores e estudantes ao longo da aula. O COPUS foi originalmente desenvolvido para o ensino superior em STEM e permite sistematizar o uso do tempo e o tipo de interação predominante, gerando dados comparáveis entre sessões e condições. No presente estudo, o protocolo foi adaptado para o contexto do ensino básico e das atividades com robótica educacional; os ajustes realizados são detalhados na Subseção 3.8.2. A escolha do COPUS se justifica por oferecer uma fonte de evidência complementar às medidas cognitivas, capturando a dinâmica interacional que indicadores de desempenho ou percepção, isoladamente, não conseguem revelar.

Por fim, a RSL apontou que questionários de percepção, embora insuficientes como

evidência isolada de aprendizagem, são indispensáveis para documentar condições de adoção, barreiras práticas e viabilidade de uso. Para essa dimensão, adotou-se o *Technology Acceptance Model*, TAM(DAVIS, 1989), modelo amplamente consolidado para investigar a aceitação de tecnologias. O TAM se apoia em dois construtos centrais: utilidade percebida (o grau em que o usuário acredita que a tecnologia melhora seu desempenho) e facilidade de uso percebida (o grau em que o uso é considerado livre de esforço). A opção pelo TAM decorre de sua aderência ao que a RSL recomenda: separar explicitamente evidência de adoção de evidência de aprendizagem, utilizando cada tipo de dado para o que ele efetivamente pode sustentar. Os questionários foram aplicados aos professores em dois momentos (pré e pós-uso do SCIENCE), e os detalhes de sua construção e aplicação são apresentados na Subseção 3.8.4.

Dessa forma, a intervenção foi delineada para combinar três dimensões de evidência: aprendizagem discente (Bloom/Fink), dinâmica de sala (COPUS adaptado) e condições de adoção (TAM). A Figura 5 sintetiza as cinco fases que compõem o estudo, desde a preparação do ambiente tecnológico até a execução e análise dos dados. As seções seguintes detalham cada uma dessas fases, descrevendo o contexto de aplicação, os participantes, os materiais, os instrumentos e os procedimentos adotados.

Figura 5 – Fluxograma das etapas do estudo.



Fonte: Autoria própria (2026).

3.3.1 Estrutura do Delineamento, Controle de Variáveis e Triangulação

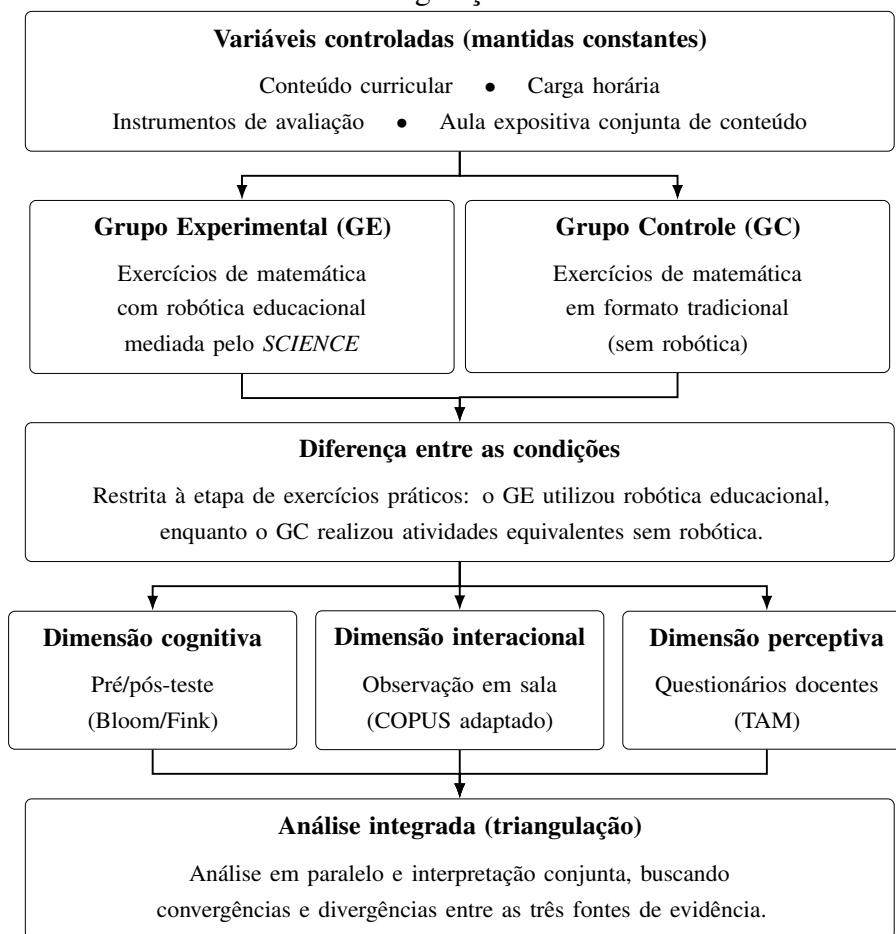
Para reduzir vieses entre os grupos, foram mantidos constantes: (i) o conteúdo curricular abordado, (ii) a carga horária e (iii) os instrumentos de avaliação. A diferença entre GE e GC foi restrita às atividades práticas com robótica, preservando os mesmos momentos conceituais para todos. A interpretação dos resultados foi triangulada com três fontes: testes diagnósticos (Bloom/Fink), observação em sala (COPUS adaptado, registros a cada cinco minutos) e percepção docente (TAM).

A organização temporal permitiu acompanhar a aprendizagem em dois marcos. O pré-teste foi aplicado inicialmente para estabelecer a linha de base e verificar a equivalência inicial entre o Grupo Experimental (GE) e o Grupo Controle (GC), garantindo que ambos partissem de um nível de conhecimento comparável. Ao final do ciclo, o pós-teste foi aplicado para mensurar o ganho acadêmico associado à intervenção. Intercorrências de campo relevantes foram registradas no diário de bordo e consideradas na interpretação dos resultados G.

A triangulação foi operacionalizada pela integração de três fontes de evidência: (i) desempenho discente (pré e pós-teste), (ii) dinâmica de sala (COPUS adaptado) e (iii) percepção docente (TAM). Os resultados dessas fontes foram analisados em paralelo e interpretados conjuntamente, buscando convergências e divergências entre as medidas. A seleção dos instrumentos foi subsidiada pela Revisão Sistemática da Literatura, e considerou três dimensões principais: cognitiva, interacional e perceptiva. A Figura 6 apresenta uma visão geral do delineamento, ilustrando o controle de variáveis, a diferença entre as condições experimentais e a articulação entre as três dimensões de evidência.

A integração ocorre ao cruzar os dados quantitativos e qualitativos e, da interseção dessas evidências, é possível confrontar os indicadores cognitivos com os padrões de interação observados e com os dados perceptivos. Desse modo, a leitura cruzada dos testes diagnósticos, dos registros do COPUS e dos questionários baseados no TAM permite discutir em que medida a intervenção se sustenta em múltiplas fontes de evidência ao avaliar a viabilidade da Robótica Educacional em escolas públicas.

Figura 6 – Visão geral do delineamento: controle de variáveis, diferença entre condições e triangulação de evidências.



Fonte: Autoria própria (2026).

3.4 Contexto do Estudo e Infraestrutura

A intervenção foi realizada na Escola Estadual Francisco Antônio de Medeiros (FAM), em Mossoró/RN de Setembro de dois mil e vinte e cinco (2025) a dezembro do mesmo ano. A instituição concedeu a anuência necessária para a realização de todas as etapas práticas, incluindo a aplicação de instrumentos e o uso do sistema *SCIENCE* como suporte às atividades curriculares.

O estudo contou com o apoio institucional e técnico da UFRSA e da UERN. Essas universidades viabilizaram a organização dos procedimentos operacionais, o suporte à análise de dados e as orientações necessárias aos docentes participantes.

Em termos de infraestrutura, a escola disponibilizou salas de aula e laboratórios de informática, permitindo a integração entre recursos digitais e materiais físicos. Essa estrutura favoreceu a alternância entre os momentos de exposição teórica e as etapas

de prática, montagem e programação. A Figura 7 ilustra o ambiente utilizado para as atividades no laboratório.

Figura 7 – Laboratório de informática utilizado na intervenção.



Fonte: Autoria própria (2025).

Como a intervenção utilizou Robótica Educacional, o planejamento articulou o acesso ao *SCIENCE* (via computador) à manipulação de kits LEGO Mindstorms EV3. Para a execução das atividades, foram disponibilizados quatro (4) kits LEGO Mindstorms EV3, e a turma organizou-se em quatro grupos distribuindo-se entre os kits de forma espontânea, conforme preferência dos estudante.

No que se refere aos dispositivos de acesso ao sistema e aos materiais de apoio, foi utilizado um (1) computador (notebook do professor) para acessar o *SCIENCE*, acompanhar o plano de aula e, quando necessário, espelhar/consultar o manual de montagem do robô durante a condução das atividades. Adicionalmente, alguns estudantes utilizaram seus próprios celulares para consultar o manual de montagem quando necessário, especialmente em momentos de dúvida ou para agilizar a montagem dentro do tempo previsto.

3.5 Participantes e critérios

3.5.1 *Público discente e docente*

Os participantes discentes foram estudantes do 1º ano do Ensino Médio, com faixa etária compatível à etapa escolar, matriculados em uma escola pública de tempo integral em Mossoró/RN. Nesse modelo institucional, os alunos cumprem jornada estendida, alternando entre disciplinas da base comum e atividades diversificadas da organização pedagógica local.

A intervenção foi integrada à rotina escolar por meio de uma disciplina eletiva. Para garantir que todos os estudantes partissem de uma base comum, os momentos conceituais e as aulas expositivas ocorreram de forma conjunta. A distinção entre os grupos deu-se exclusivamente nas etapas de atividades práticas, seguindo o desenho metodológico já detalhado na Subseção 3.3.1.

Em relação ao corpo docente, a pesquisa envolveu professores da própria instituição no planejamento e na execução das aulas. Estes profissionais auxiliaram no alinhamento das atividades à proposta da disciplina eletiva e na organização do cronograma. O estudo acompanhou tanto o desempenho discente quanto a percepção dos professores ao gerenciarem o uso do sistema SCIENCE e da robótica em comparação às práticas tradicionais.

3.5.2 *Tamanho da Amostra e Critérios de Inclusão/Exclusão*

Embora o planejamento inicial previsse a participação de até 40 pessoas, a amostra final foi definida após a aplicação dos critérios de elegibilidade e de completude (disponíveis logo abaixo). Assim, a amostra discente consolidada para análise consistiu em **14 estudantes**, divididos em dois grupos de 7 integrantes (GE e GC).

O público docente foi composto por **4 professores**: um responsável pela regência direta das aulas com o sistema SCIENCE e três colaboradores das áreas de Matemática e Informática, que contribuíram com avaliações técnicas e *feedbacks*. Docentes que não concluíram todas as etapas previstas ou que deixaram de responder aos instrumentos integralmente foram desconsiderados da contagem final.

Para a composição da amostra, os critérios de inclusão foram:

- Estudantes: matrícula regular na turma; presença nos encontros de aplicação; realização de todos os instrumentos de coleta; e entrega da documentação ética — Termo

de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) — assinada.

- **Professores:** vínculo ativo com a escola; adesão formal à pesquisa; e participação nas etapas de planejamento ou avaliação do sistema.

A divisão dos grupos buscou assegurar a equivalência inicial entre os participantes. Utilizou-se o desempenho no pré-teste diagnóstico como referência operacional para a alocação, por meio de sorteio seguido de ajustes pontuais baseados no grau de completude e coerência das respostas, de modo a evitar que um grupo concentrasse participantes com desempenho muito superior ao outro. Os critérios operacionais dessa classificação e os detalhes do procedimento são apresentados no Capítulo 5. Para manter a impessoalidade do processo, o pré-teste foi utilizado apenas como indicador de balanceamento, sem correção detalhada de desempenho, considerando-se a taxa de preenchimento para reduzir possíveis vieses. A equivalência inicial entre os grupos foi então verificada por meio do teste U de Mann–Whitney (MANN; WHITNEY, 1947), cujos resultados também são reportados no Capítulo 5. Esse procedimento visou reduzir vieses na comparação posterior dos resultados.

Quanto aos critérios de exclusão, foram desconsiderados os casos de: (a) ausência em momentos essenciais, como a aplicação do pré ou pós-teste; (b) dados incompletos ou inconsistentes que inviabilizassem a triangulação; e (c) pendências na documentação do TCLE e/ou do TALE. As ocorrências relacionadas a faltas, dados incompletos e ajustes operacionais foram registradas no diário de bordo (Subseção 3.8.5).

Inicialmente, estava prevista a participação de 24 estudantes. Após a aplicação dos critérios de exclusão, a amostra final foi ajustada para 14 estudantes, correspondentes aos participantes com documentação completa (TCLE e TALE assinados), conforme as exigências do Comitê de Ética.

3.6 Aspectos éticos e proteção de dados

O estudo foi conduzido sob salvaguardas de confidencialidade e anonimização, em total conformidade com as diretrizes estabelecidas pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (CEP/UERN) (Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2025). Todos os procedimentos foram respaldados pela assinatura prévia de termos de consentimento e de assentimento pelos participantes e seus

responsáveis.

3.6.1 *Consentimento e assentimento*

A participação na pesquisa foi voluntária e gratuita. Antes do início das atividades, estudantes e professores foram esclarecidos sobre os objetivos, riscos e benefícios do estudo, bem como sobre a garantia de desistência a qualquer momento, sem qualquer ônus acadêmico ou profissional.

A formalização da participação docente deu-se por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). No caso dos estudantes, por serem em sua maioria menores de idade, o consentimento foi obtido via TCLE assinado pelos responsáveis legais, acompanhado do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) assinado pelo próprio aluno. Nos casos em que houve registro audiovisual das atividades, a captação de imagens foi realizada apenas mediante autorização específica em termo próprio, limitando seu uso exclusivamente a fins acadêmicos e científicos (Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2025). Os modelos desses documentos encontram-se disponíveis nos anexos deste trabalho.

3.6.2 *Anonimização e LGPD*

A proteção da privacidade foi um requisito central no tratamento das informações. Garantiu-se o anonimato dos participantes por meio da descaracterização de nomes e da não publicação de imagens que permitissem a identificação individual. Os dados brutos permaneceram sob sigilo e acesso restrito aos pesquisadores responsáveis, conforme previsto no protocolo aprovado (Universidade do Estado do Rio Grande do Norte, 2025).

Alinhada à Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD – Lei nº 13.709/2018), a análise dos resultados foi planejada de forma agrupada, impedindo a exposição de informações pessoais. Durante a coleta, assegurou-se aos participantes o direito de não responder a itens específicos ou interromper sua colaboração sem necessidade de justificativa. Os instrumentos originais e os termos apresentados aos sujeitos da pesquisa estão anexados a esta dissertação para fins de verificação e transparência metodológica (ver Apêndices A, B e C).

3.7 Materiais e recursos utilizados

A intervenção mobilizou recursos digitais e materiais físicos adequados ao contexto da Robótica Educacional. A base tecnológica residiu no sistema *SCIENCE*, utilizado como ferramenta de suporte ao planejamento e à regência das aulas para o Grupo Experimental (GE). O sistema foi acessado por meio de computadores no laboratório de informática da escola, servindo tanto para os momentos de orientação teórica quanto para a execução de tarefas práticas. Detalhes técnicos sobre as funcionalidades e atualizações do *SCIENCE*, bem como sua aplicação cronológica, são aprofundados no Capítulo 4.

Para as atividades de construção e automação, empregaram-se kits LEGO Minds-torms EV3, compostos por sensores, motores e peças modulares. O uso desses kits permitiu a transição entre a lógica de programação no software e a execução física dos modelos robóticos. Paralelamente, foram utilizados recursos didáticos convencionais, como apresentações em slides, materiais de apoio impressos e o uso do quadro, garantindo que as condições de ensino fossem comparáveis entre o GE e o GC.

A documentação operacional da pesquisa, incluindo termos éticos, roteiros e modelos de instrumentos, foi organizada para assegurar a reprodutibilidade e a transparência do estudo, estando integralmente disponível nos apêndices e anexos correspondentes.

3.8 Instrumentos de coleta de dados

O desenho metodológico previu uma coleta de dados multidimensional, integrando evidências cognitivas, interacionais e perceptivas. Essa abordagem foi complementada por registros de campo que permitiram contextualizar os achados quantitativos e documentar intercorrências típicas do ambiente escolar. Todos os instrumentos aplicados seguem o protocolo aprovado para a pesquisa e estão anexados ao final desta dissertação.

3.8.1 Ordem de aplicação dos instrumentos

A aplicação dos instrumentos seguiu uma sequência padronizada, visando caracterizar a percepção docente antes do contato com o sistema, estabelecer a linha de base do conhecimento discente, registrar a dinâmica das aulas durante a intervenção e mensurar mudanças ao final do processo. A ordem foi a seguinte:

1. **Questionário com professores (TAM – pré-uso):** aplicado antes do uso do *SCI-*

ENCE, para captar percepções iniciais sobre utilidade, facilidade e intenção de uso.

2. **Pré-teste com estudantes:** aplicado antes do início das aulas da intervenção, para estabelecer a linha de base do conhecimento.
3. **Observação em sala (COPUS adaptado):** realizada durante as aulas, registrando ações docentes/discentes e indicadores de engajamento em janelas fixas.
4. **Pós-teste com estudantes:** aplicado ao final do ciclo, para mensurar o ganho de aprendizagem associado à intervenção.
5. **Questionário com professores (TAM – pós-uso):** aplicado após o uso do *SCIENCE*, para captar mudanças de percepção e dificuldades práticas observadas durante a aplicação.

3.8.2 *Protocolo COPUS adaptado*

A dinâmica em sala de aula e padrões de engajamento foram registrados por meio de uma versão adaptada do *Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM* (COPUS). O COPUS é um protocolo observacional baseado em códigos, utilizado para registrar, ao longo do tempo, o que professores e estudantes fazem em sala, permitindo posterior sistematização e análise do uso do tempo e do tipo de interação predominante (SMITH *et al.*, 2013).

No contexto desta pesquisa, o protocolo foi ajustado para comportar as especificidades das atividades com robótica educacional, incluindo a adoção de janelas fixas de cinco minutos para registro e a incorporação de uma escala qualitativa de engajamento. Nessa escala, o engajamento foi classificado em: baixo, quando menos de 20% da sala estava focada no assunto/exercício; médio, entre 20% e 80%; e alto, quando acima de 80%. Esses ajustes foram necessários para atender ao propósito do estudo e foram incorporados ao protocolo aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, assim como os códigos complementares definidos para capturar características específicas das aulas com robótica. Um manual com as adaptações e orientações de uso elaboradas para este estudo encontra-se no Anexo D.

Para operacionalizar as anotações do COPUS adaptado, foi desenvolvido um software customizado para registro e organização dos dados em campo. O programa foi registrado junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e funcionou como

ferramenta assistiva durante as observações, reduzindo o custo operacional do registro manual e padronizando a coleta. O software permite configurar a duração dos intervalos e o conjunto de códigos a serem utilizados, exportando os registros finais para arquivos no formato CSV, o que facilita o tratamento estatístico posterior. A Figura 8 ilustra a interface do programa utilizado ao longo da intervenção.

Figura 8 – Interface do software utilizado para registro das observações (COPUS adaptado).

Observação COPUS (SCIENCE)

Intervalo: 5 min **Iniciar** **Gerenciar Códigos** **Encerrar**

Registrar Agora

Aguardando início...

Intervalo 1 Timestamp:

Ações do Professor

- ☐ Lec Exposição Tradicional
- ☐ CQ Questionamento
- ☐ SCI Uso do Software SCIENCE
- ☐ ROB Orientação com Robôs
- ☐ ALIN Alinhamento Curricular
- ☐ ADM Administrativo
- ☐ RTW Real-Time Writing
- ☐ FUp Follow-Up
- ☐ PQ Perguntas (sem clique)
- ☐ MG Movimentação
- ☐ IoI Interação Individual
- ☐ D/V Demonstração/Experimento
- ☐ W Espera
- ☐ O Outro

Ações dos Alunos

- ☐ Esc Escuta
- ☐ EXP Experimentação
- ☐ COL Colaboração
- ☐ PROG Programação
- ☐ ASK Questionamento
- ☐ OBS Observação/Reflexão
- ☐ L Listening
- ☐ Ind Pensamento Individual
- ☐ CG Discussão (Clicker)
- ☐ WG Grupo (Worksheet)
- ☐ OG Outro Grupo
- ☐ AnQ Respostas ao Prof.
- ☐ SQ Pergunta
- ☐ WC Discussão em Classe
- ☐ Prd Previsão de Experimento
- ☐ SP Apresentação
- ☐ TQ Teste/Quiz
- ☐ W Espera
- ☐ O Outro

Engajamento

☐ Baixo (<20%) ☐ Médio (20-80%) ☐ Alto (>80%)

Observações Complementares

Digite aqui quaisquer informações adicionais...

Registros Salvos

Intervalo	Timestamp	Ações Professor	Ações Alunos	Engajamento	Observações	Ação
Exportar CSV						

Fonte: Autoria própria (2025).

3.8.3 *Pré-teste, pós-teste e rubricas (Bloom e Fink)*

A evolução da aprendizagem foi avaliada por meio de testes diagnósticos aplicados antes (pré-teste) e após a intervenção (pós-teste). Os instrumentos foram compostos por questões dissertativas, desenhadas para medir a compreensão dos conceitos trabalhados e a capacidade de aplicação em situações relacionadas às atividades desenvolvidas. As aplicações ocorreram no tempo regular de aula e foram precedidas por uma orientação breve, com o objetivo de reduzir erros de interpretação por parte dos estudantes.

A construção e a correção dos testes foram estruturadas com base nas taxonomias de Bloom (BLOOM, 1956; ANDERSON; KRATHWOHL, 2001) e de Fink (FINK, 2003b; FINK, 2003a), cuja justificativa de adoção foi apresentada na Seção 3.3. Em sua forma original, a Taxonomia de Bloom organiza seis níveis cognitivos de modo hierárquico (lembrar, compreender, aplicar, analisar, avaliar e criar), enquanto a Taxonomia de Fink propõe dimensões interdependentes e não hierárquicas (conhecimento fundamental, integração, dimensão humana e aprender a aprender). Para viabilizar a aplicação conjunta dessas taxonomias no contexto deste estudo, os seis níveis de Bloom foram agrupados em três blocos — (i) Lembrar e Compreender, (ii) Aplicar e Analisar, e (iii) Avaliar e Criar — e articulados com as dimensões de Fink correspondentes. Essa reorganização permitiu não restringir a avaliação a uma nota única, mas compreender a progressão do estudante em diferentes dimensões, considerando o quanto ele foi capaz de mobilizar conceitos, justificar decisões e integrar o que foi aprendido ao contexto das atividades.

Para reduzir vieses na atribuição de escores e tornar o processo de correção mais consistente, cada bloco foi associado a uma rubrica com descritores qualitativos e uma escala de 0 a 10, distribuída em quatro faixas interpretativas: Excelente (10), Bom (7–9), Satisfatório (4–6) e Fraco (0–3). Esses níveis foram utilizados como referência para classificar respostas e apoiar a comparação entre grupos, preservando o caráter qualitativo do julgamento a partir de descritores explícitos. Os critérios completos da rubrica são apresentados no Capítulo 5, e os instrumentos aplicados encontram-se nos Apêndices E e F. A discussão dos resultados obtidos é apresentada no mesmo capítulo.

3.8.4 *Questionários docentes baseados no TAM (pré e pós-uso)*

A dimensão perceptiva foi investigada por meio de questionários aplicados aos professores antes e após o uso do *SCIENCE*, fundamentados no *Technology Acceptance Model* (TAM). O TAM foi proposto por Davis (DAVIS, 1989) como uma adaptação da *Theory of Reasoned Action* (TRA), com o objetivo de explicar fatores associados à aceitação e ao uso de tecnologias específicas. Conforme discutido por Pires e Costa Filho (PIRES; FILHO, 2004), o modelo fornece uma base para mapear como fatores externos influenciam crenças, atitudes e intenção de uso.

O modelo se apoia principalmente em dois construtos centrais: utilidade percebida e facilidade de uso percebida. A utilidade percebida refere-se ao grau em que uma pessoa acredita que determinada tecnologia pode melhorar seu desempenho ao realizar uma atividade. Já a facilidade de uso percebida corresponde ao grau em que o indivíduo acredita que a tecnologia pode ser utilizada com pouco esforço (DAVIS, 1989). Esses construtos influenciam a intenção de uso e, consequentemente, o uso efetivo da tecnologia (DAVIS, 1989). Além disso, estudos correlatos incluem variáveis complementares, como compatibilidade, associada ao quanto a tecnologia se ajusta a práticas, necessidades e contexto do usuário (MOORE; BENBASAT, 1991).

Nesta dissertação, o questionário pré-uso buscou registrar percepções iniciais sobre a proposta e o potencial de uso do sistema, antes da experiência em sala. Já o questionário pós-uso buscou caracterizar mudanças de percepção após a aplicação do *SCIENCE*, incluindo aspectos de utilidade, esforço, fricções práticas e intenção de uso em contexto escolar. Os instrumentos aplicados e suas diretrizes de aplicação estão disponíveis nos anexos correspondentes (ver J e K), e os resultados são apresentados e discutidos no Capítulo 5.

3.8.5 *Diário de bordo e registros de campo*

O diário de bordo foi utilizado como instrumento de apoio. Ele foi usado principalmente para anotações pontuais, decorrentes tanto de imprevistos quanto de observações que mereciam ser registradas. Ele está disponível nos apêndices deste documento (G) e, como exemplo, uma das anotações que ele carrega é:

Coleta de dados — 06 de novembro de 2025/ No dia de hoje realizamos

a primeira aula! Ela foi gravada e enviada para o Drive. Também fizemos a primeira coleta de dados utilizando o protocolo STEM-COPUS. Assim, a expectativa é que, na próxima semana, iniciemos o experimento com os dois grupos separados.

Um ponto observado é que o diário de bordo também registra a existência de gravações das aulas, realizadas em alguns encontros como apoio operacional. Contudo, devido à ausência de documentação completa de autorização de imagem por parte de todos os participantes (havendo registros em que aparecem estudantes sem o termo correspondente), nenhum material audiovisual foi utilizado como evidência suplementar ou incorporado à sumarização/análise final.

Além disso, mesmo nos casos em que havia autorização formal, optou-se por desconsiderar integralmente esses registros, a fim de evitar quaisquer riscos éticos decorrentes da presença e da interação de menores de idade nas gravações. Dessa forma, o estudo baseou-se exclusivamente nos instrumentos previstos (testes, COPUS, questionários e diário de bordo em formato textual), mantendo-se a anotação das gravações apenas como registro de ocorrência.

3.9 Procedimentos da intervenção

A intervenção foi integrada à carga horária regular da disciplina eletiva de Matemática. Essa eletiva mostrou-se adequada ao propósito do projeto, pois nela são revisados conteúdos do Ensino Fundamental II, os principais contemplados pelo módulo de Matemática do *SCIENCE*, sem demandar horários extraordinários dos alunos ou professores. O cronograma estendeu-se por 12 semanas, totalizando oito encontros presenciais. As atividades foram divididas em três fases principais:

1. **Fase Inicial (Encontro 1):** apresentação do estudo e diagnóstico inicial. Aplicou-se o pré-teste aos estudantes e o questionário de expectativas aos docentes.
2. **Ciclo de Intervenção (Encontros 2 a 7):** execução das seis aulas temáticas. O conteúdo foi conduzido conforme o delineamento experimental (GE e GC), com acompanhamento sistemático da dinâmica de sala via protocolo COPUS.
3. **Fase de Finalização (Encontro 8):** encerramento do ciclo, com aplicação do pós-teste discente e do questionário de percepção final (TAM) com os professores.

Inicialmente, o experimento estava programado para contemplar três assuntos:

- 8º Ano – Álgebra: valor numérico;
- 8º Ano – Números: dízima periódica e fração geratriz;
- 9º Ano – Semelhança de triângulos.

Ao longo do percurso, o cronograma sofreu alguns imprevistos, como cancelamento de aulas, greve de ônibus e provas como a do SAEB (Sistema de Avaliação da Educação Básica). Foi preciso ajustá-lo e, ao final, trabalhar apenas um assunto. Priorizou-se o aprendizado, em vez de manter o cronograma original. Assim, ficou definida uma aula teórica (dois horários) e, para cada grupo, duas aulas práticas (dois horários para cada turma). Momentos de alinhamento pedagógico com os professores colaboradores ocorreram em horários previamente acordados, preservando a rotina da instituição.

3.10 Plano de análise dos dados

A análise foi estruturada para integrar os resultados quantitativos às evidências observacionais, garantindo a triangulação entre as diferentes fontes de dados previstas no delineamento multimétodo.

3.10.1 Análise do desempenho discente (pré e pós-teste)

As respostas aos testes diagnósticos foram avaliadas com base em rubricas previamente definidas. O tratamento desses dados envolveu:

- **Estatística descritiva:** cálculo de tendências centrais (médias e medianas) e medidas de dispersão para caracterizar o perfil de desempenho de cada grupo.
- **Análise comparativa:** realização de comparações intra e entre grupos para verificar a evolução do aprendizado. Dada a natureza da amostra (N=14), priorizou-se o uso de testes não paramétricos compatíveis para mensurar a significância estatística do ganho acadêmico.

3.10.2 Análise observacional (COPUS adaptado)

Os dados coletados pelo software de registro do COPUS foram consolidados para permitir:

- A mensuração das frequências e dos percentuais das ações de professores e alunos

em cada sessão.

- A identificação de padrões de engajamento (baixo, médio e alto) ao longo do tempo.
- A comparação descritiva dos perfis interacionais observados no Grupo Experimental e no Grupo Controle.

3.10.3 *Análise perceptiva (TAM) e registros qualitativos*

Os dados dos questionários TAM foram analisados por construto, utilizando estatística descritiva para sintetizar a utilidade e a facilidade de uso percebidas pelos docentes. Complementarmente, os registros do diário de bordo passaram por codificação categorial, auxiliando na interpretação de fatores externos (logísticos e operacionais) que pudessem influenciar os resultados quantitativos.

3.11 Síntese do capítulo

Este capítulo detalhou o percurso metodológico que sustenta a pesquisa, desde a aprovação ética até o plano de análise final. A estrutura apresentada garante que a comparação entre os grupos (GE e GC) tenha ocorrido sob condições controladas em ambiente escolar real, utilizando uma abordagem multimétodo para capturar a complexidade da intervenção.

Através da triangulação de evidências cognitivas, interacionais e perceptivas, buscou-se uma análise profunda sobre a eficácia da Robótica Educacional mediada pelo sistema SCIENCE. No capítulo seguinte, as funcionalidades e a estrutura do sistema SCIENCE são detalhadas, apresentando o suporte tecnológico que fundamentou as atividades práticas desta investigação.

4 ATUALIZAÇÕES E CONSOLIDAÇÃO DO SISTEMA SCIENCE

Este capítulo descreve as atualizações implementadas e a consolidação técnica realizada no sistema SCIENCE ao longo desta pesquisa. Diferentemente do Capítulo 2, que apresentou fundamentos conceituais, arquitetura geral e evolução histórica do sistema, aqui o foco recai sobre o que foi aprimorado no software, o que motivou essas mudanças e como elas viabilizaram a aplicação do SCIENCE em um contexto escolar real.

4.1 Motivação e objetivo das atualizações

A atualização do sistema foi motivada por dois fatores principais. O primeiro refere-se à defasagem do *front-end* anterior, desenvolvido em React (versão 16.13.1). Essa versão, embora estável na época de sua implementação original (PASSOS, 2021), passou a apresentar dificuldades crescentes de manutenção e evolução devido à obsolescência de suas dependências e à evolução do ecossistema de bibliotecas de terceiros. Essa limitação impactava diretamente a usabilidade e, conseqüentemente, prejudicava a integração com os demais módulos do sistema.

O segundo fator refere-se à necessidade de integração e centralização das funcionalidades em um único ambiente. Conforme sintetizado no Capítulo 2, essa decisão teve como propósito unificar módulos previamente independentes e consolidar o acesso às diferentes APIs empregadas pelo sistema, reduzindo inconsistências e facilitando o gerenciamento das rotas de serviço.

Diante disso, definiram-se dois objetivos. O primeiro consistiu na modernização do *front-end* e na adequação das rotas de autenticação (login), acompanhada de ajustes pontuais no *back-end* para melhorar a experiência do usuário no acesso e na navegação no sistema. O segundo objetivo foi consolidar a comunicação entre os módulos por meio de uma *API Router*, centralizando o encaminhamento de requisições e promovendo maior coesão arquitetural.

4.2 Visão geral das melhorias implementadas

No *front-end*, as melhorias foram orientadas pela necessidade de aumentar a manutenibilidade e a longevidade do sistema. Considerando que o SCIENCE é frequentemente utilizado em ciclos de médio prazo (por exemplo, em trabalhos de conclusão de curso e

dissertações), optou-se por reduzir a dependência de bibliotecas e de versões específicas, buscando uma base tecnológica mais estável e de fácil manutenção.

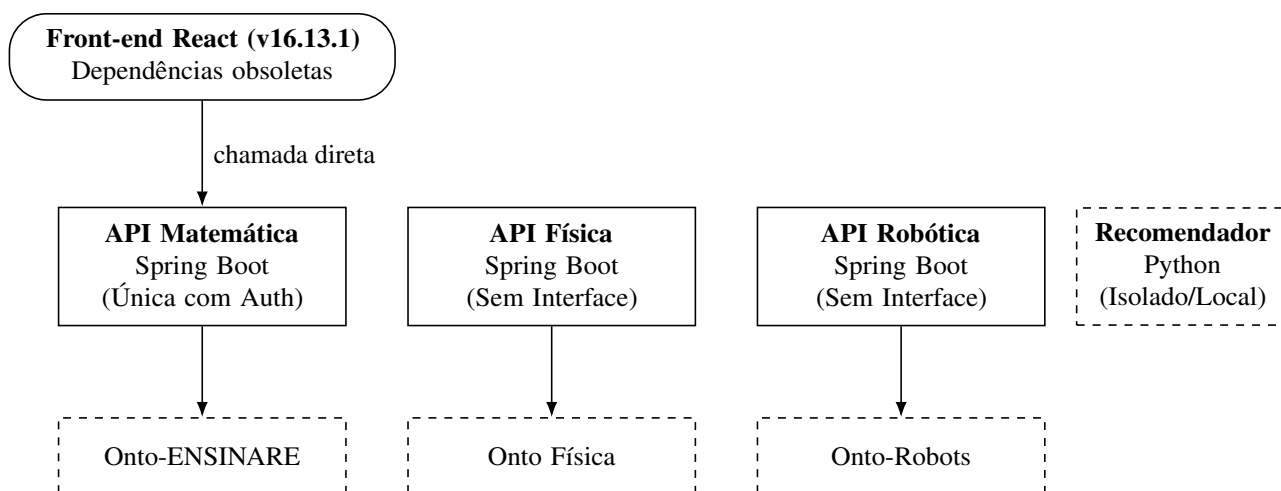
Nesse contexto, a nova versão deixou de utilizar o framework React e passou a ser implementada com tecnologias web padrão, como HTML, CSS e SCSS. Toda a lógica de comportamento, incluindo chamadas às APIs, processamento dos dados recebidos e montagem dinâmica das páginas, foi centralizada em JavaScript (*Vanilla*). Essa decisão foi tomada após a análise das características funcionais do SCIENCE, que não demandam os recursos cuja adoção normalmente justifica o uso de um *framework* como o React. O sistema não apresenta interfaces com estados reativos complexos, nem exige renderização contínua baseada em múltiplas fontes de dados simultâneas. Seu fluxo principal consiste em telas de navegação guiada (autenticação, seleção de disciplina, série e conteúdo) e na exibição de planos de aula gerados a partir de chamadas pontuais aos serviços internos. Nesse perfil de aplicação, a complexidade adicional introduzida por um *framework*, como árvore de componentes, ciclo de vida reativo, gerenciamento de estado global e cadeias de dependências transitivas, excede as necessidades reais do sistema. Assim, a opção por tecnologias web padrão visou alinhar a base tecnológica às reais demandas do SCIENCE, facilitar a evolução do código, reduzir os custos de atualização e minimizar problemas de compatibilidade decorrentes de mudanças frequentes em *frameworks*, garantindo maior controle sobre o ciclo de vida da aplicação.

Do ponto de vista arquitetural, as decisões também consideraram a integração com o back-end desenvolvido em Java e os requisitos específicos do sistema, incluindo componentes baseados em ontologia. Dessa forma, a reestruturação do front-end foi conduzida para garantir compatibilidade com os serviços existentes e suportar adequadamente as particularidades do domínio atendido pelo SCIENCE.

Para ilustrar essa evolução arquitetural, a Figura 9 evidencia o cenário original do sistema, no qual o *front-end* se comunicava exclusivamente com a API de Matemática, enquanto os serviços de Física, Robótica e o Recomendador operavam de forma isolada. A solução para essa fragmentação é apresentada na Figura 10, com a introdução da API Router. Implementada em JavaScript, essa nova camada centralizou as requisições do novo *front-end* em um único ponto, atuando como um *gateway* para os antigos *back-ends*. É válido ressaltar que o único *back-end* ajustado foi o de Matemática, diretamente ligado ao CRUD do sistema. Algumas modificações foram feitas nele justamente por esse motivo

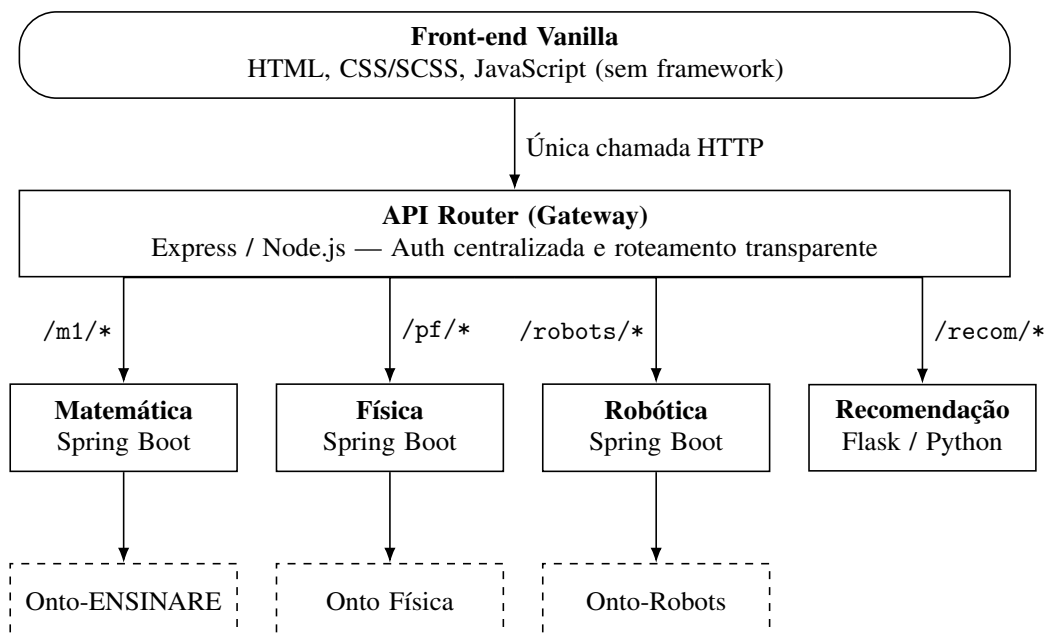
e para adequar o fluxo de autenticação. No entanto, não houve alterações nas ontologias (Robótica, Matemática e Física): elas foram integradas à nova arquitetura e utilizadas tal como foram concebidas, sem sofrerem ajustes ou modificações.

Figura 9 – Arquitetura original do SCIENCE: front-end restrito à Matemática e demais serviços isolados.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Figura 10 – Arquitetura consolidada: integração centralizada via API Router.



Fonte: Elaboração própria (2026).

4.2.1 Cenário anterior e pontos de fricção identificados

A versão original do SCIENCE era composta por três serviços *back-end* independentes (Matemática, Física e Robótica), cada um baseado em *Spring Boot* e com suas próprias ontologias e APIs REST. A interface gráfica foi construída em uma versão legada do *React*. Essa arquitetura impunha várias restrições ao uso em sala de aula e à evolução do sistema, sintetizadas a seguir.

- **Acesso disperso às APIs.** Cada serviço expunha suas rotas de forma isolada. Matemática e Física ofereciam caminhos como `/query`, `/serie`, `/assuntos`, `/conteudos` e `/programacao`; Robótica tinha, além de rotas semelhantes, caminhos próprios como `/robo`, `/listarobos`, `/assuntos` e `/programacaolist`. A aplicação *front-end* precisava conhecer o endereço de cada módulo e construir manualmente as URLs para consultar planos de aula, robôs ou sequências de programação. Na ausência de um ponto único de entrada, o código cliente ficava responsável por lidar com diferentes padrões de rotas, formatos de resposta e configurações de CORS, ao contrário do que se propõe com um *API Gateway*, que atua como proxy reverso e provê uma única porta de entrada para redirecionar as requisições e agrupar as respostas.
- **Inconsistência de nomenclatura e de estruturas de dados.** Embora os módulos de Matemática e Física utilizassem ontologias similares, os controladores de cada serviço operavam com nomenclaturas e estruturas de retorno heterogêneas. A rota `/programacaolist` em Robótica retornava uma lista de objetos *Programação*, enquanto, em Física, as rotas `/comandos` e `/conteudosAssunto` entregavam formatos distintos. Adicionalmente, o módulo de Robótica implementava a rota `/aula` para busca em memória, divergindo da estratégia de `/buscaAvancada` de Física. Essas variações obrigavam o *front-end* a implementar fluxos de tratamento específicos para cada serviço, resultando em extensa duplicação de lógica e maior complexidade na evolução do sistema, uma vez que qualquer alteração em um contrato de API exigia modificações manuais e redundantes na interface.
- **Autenticação limitada e espalhada.** O módulo de Matemática era o único a contemplar cadastro e login, por meio das rotas `/cadastro` e `/login`. O controlador iterava pela lista de professores para validar usuário e senha, armazenando credenciais em texto claro e sem emissão de tokens. Não havia sessões nem mecanismos

de autenticação nos módulos de Física ou Robótica. Assim, não havia controle centralizado de usuários; qualquer nova extensão teria de reimplementar a lógica de autenticação.

- **Dependência de uma versão legada do *React*.** A interface gráfica foi criada com uma versão antiga do *React* (Create React App). Os componentes da pasta `science-front-main` dependiam de pacotes desatualizados e não implementavam roteamento dinâmico centralizado. Manter aplicações em frameworks obsoletos gera atrasos no desenvolvimento, aumenta os custos de manutenção e dificulta a integração; tecnologias antigas podem não integrar bem com novas bibliotecas e deixam de receber correções de segurança, expondo o sistema a vulnerabilidades. Isso dificultava adicionar novos módulos ao SCIENCE ou atualizar bibliotecas sem reescrever partes significativas do código.
- **Impacto no uso em laboratório.** Em um cenário de aplicação em sala de aula, essas limitações tenderiam a se traduzir em fricções práticas: a necessidade de configurar manualmente a URL base de cada serviço; possíveis instabilidades quando algum serviço não respondesse (por exemplo, páginas em branco ou falhas de carregamento); e a ausência de um ponto único de autenticação, gerando dúvidas sobre em qual módulo realizar o login. Como os sistemas anteriores não chegaram a ser utilizados em sala de aula, esse foi um problema levantado como potencial, isto é, algo que poderia ocorrer caso a versão antiga fosse aplicada nesse contexto sem a adoção dessas medidas.

Esses pontos de fricção evidenciaram a necessidade de consolidar os serviços e modernizar a interface. Nas subseções seguintes, descreve-se como a adoção de uma API Router (gateway) e a padronização das rotas mitigaram esses problemas, bem como os ajustes realizados no fluxo de geração de planos de aula, na padronização dos artefatos pedagógicos e na usabilidade voltada ao contexto escolar.

Além disso, alguns componentes auxiliares do ecossistema do SCIENCE, como o sistema de recomendação, estavam fora do fluxo principal de serviços. Na versão antiga, o recomendador ficava concentrado no módulo `content_based.py` e era executado de forma isolada, sem uma camada de serviço para ser consumido de forma padronizada pelos demais módulos. Na prática, isso significava que ele não tinha um ponto de entrada para requisições (HTTP), o que dificultava sua integração com um encaminhamento centralizado

de chamadas, como o proposto pela API Router.

4.2.2 *Estratégia adotada para centralização e padronização*

A estratégia adotada para centralização baseou-se na criação de uma *API Router* como camada intermediária entre o *front-end* e os serviços existentes, seguindo o padrão de projeto *API Gateway* (Microsoft, 2026). Na prática, essa estrutura simplifica a arquitetura: em vez de o *front-end* realizar requisições a múltiplos *back-ends* independentes (cada um com URLs e rotas distintas), a comunicação é centralizada na *Router*. Esta, por sua vez, atua como mediadora, encaminhando as requisições aos serviços correspondentes (Matemática, Física, Robótica ou Recomendação) de forma transparente para o cliente (FIELDING *et al.*, 2022).

Para evitar que URLs ficassem “presas” no código e para facilitar tanto o uso local quanto a implantação, os endereços-base de cada serviço foram definidos por variáveis de ambiente padronizadas, como `M1_BASE_URL`, `PF_BASE_URL`, `ROBOTS_BASE_URL` e `REC_BASE_URL`. (NODE.JS, 2026) Assim, caso um serviço mude de endereço (por exemplo, ao trocar de máquina, de porta ou de plataforma de hospedagem), basta ajustar o ambiente, sem necessidade de alterar o código do sistema.

Além disso, as rotas foram organizadas por domínio, usando prefixos para deixar explícito qual conjunto de serviços está sendo acessado (por exemplo, `/m1/*`, `/pf/*` e `/robots/*`), além de uma rota dedicada para o recomendador (`/recomendacoes`). A Router foi implementada em JavaScript com Express e utiliza o Axios para atuar como um proxy. No caso de requisições HTTP, a comunicação segue a semântica do protocolo; para requisições GET, os parâmetros são repassados via `req.query`, e nas operações que envolvem envio de dados (por exemplo, edição de perfil), o corpo é enviado em JSON. Quando ocorre algum erro, o tratamento também fica centralizado na Router, retornando ao front-end um *status code* consistente (quando disponível) e uma mensagem padronizada, reduzindo a necessidade de cada tela implementar sua própria lógica de exceção (EXPRESS, 2026; AXIOS, 2026; FIELDING *et al.*, 2022; BRAY, 2017; MICROSOFT LEARN, 2026).

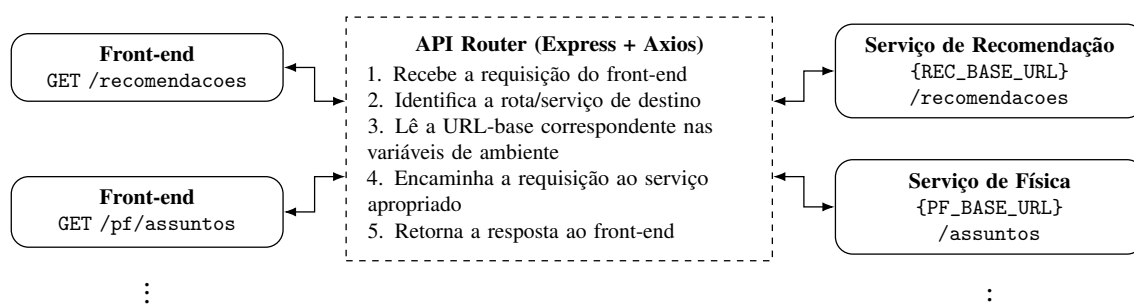
Como parte dessa padronização, a Router também concentrou rotas relacionadas à experiência do usuário, como autenticação e operações de perfil. Nesse processo, o *back-end* de Matemática foi o único que exigiu ajustes mais diretos, por estar ligado ao

CRUD do sistema (cadastro, login, edição e exclusão de conta). Já as ontologias (Robótica, Matemática e Física) foram mantidas como estavam, sem alterações. Entre os ajustes no CRUD, destacam-se a revisão das rotas de perfil e o cuidado com operações de exclusão, para evitar registros órfãos e manter a consistência dos dados durante o uso do sistema.

Dentro dessa estratégia de centralização, o sistema de recomendação também precisou ser ajustado para se adequar ao novo padrão de integração (FLASK DOCUMENTATION, 2026). Para isso, foi criado um ponto de entrada dedicado (`app.py`) e o módulo principal do recomendador (`content_based.py`) foi refatorado para ser chamado por esse serviço. Com isso, o recomendador deixou de depender de execução direta/local e passou a poder ser acessado por requisições HTTP (FIELDING *et al.*, 2022) permitindo que suas chamadas fossem encaminhadas pela API Router da mesma forma que os demais serviços.

Para ilustrar essa organização, a Figura 11 apresenta o mecanismo de resolução e encaminhamento implementado na API Router. O diagrama detalha o ciclo de operação em que a requisição do *front-end* é recebida, a rota de destino é identificada e, a partir da leitura das variáveis de ambiente, os dados são repassados ao *back-end* apropriado, concluindo o processo com a devolução da resposta ao cliente.

Figura 11 – Exemplo do mecanismo de resolução e encaminhamento na API Router (ilustrando apenas algumas das rotas disponíveis).



Fonte: Elaboração própria (2026).

4.2.3 Integração dos serviços e fluxo de requisições

Após a criação da API Router, o fluxo de comunicação foi reorganizado para que o *front-end* deixasse de acessar diretamente cada serviço isolado e passasse a concentrar suas chamadas em um único endpoint. Dessa forma, o roteamento interno ficou sob responsabilidade da Router, que encaminha a requisição para o domínio correspondente (por exemplo, Matemática em `/m1/*`, Física em `/pf/*`, Robótica em `/robots/*` e recomendações em

/recomendacoes), mantendo o acesso uniforme do ponto de vista do cliente.

De maneira operacional, o fluxo pode ser descrito pelos seguintes passos:

1. O *front-end* realiza a chamada à API Router, informando a rota e os parâmetros necessários (por exemplo, assunto, série ou filtros de busca).
2. A Router identifica o domínio a partir do prefixo da rota e seleciona o serviço alvo (Matemática, Física, Robótica ou Recomendação).
3. O endereço do serviço é recuperado a partir das variáveis de ambiente configuradas: (M1_BASE_URL, PF_BASE_URL, ROBOTS_BASE_URL e REC_BASE_URL).
4. Em requisições do tipo GET, a Router repassa os parâmetros recebidos via `req.query` para o serviço interno.
5. Em operações que enviam dados (por exemplo, edição de perfil), a Router encaminha o corpo da requisição em formato JSON ao serviço correspondente.
6. A resposta do serviço interno é entregue ao *front-end* de forma transparente, preservando o conteúdo retornado.
7. Em caso de falha, a Router captura o erro e devolve ao cliente um *status code* (quando disponível) e uma mensagem padronizada, reduzindo inconsistências no tratamento entre telas.

A Figura 11 ilustra esse encaminhamento com exemplos de rotas, evidenciando tanto a parametrização por variáveis de ambiente quanto o repasse de parâmetros e a centralização da comunicação entre interface e serviços.

4.2.4 Efeitos observados no uso em ambiente escolar

Antes de apresentar os efeitos observados no uso em ambiente escolar, é importante destacar que, para fins de teste e aplicação, o SCIENCE precisava estar online. Considerando a complexidade do ecossistema (múltiplos módulos e serviços), foi necessário adotar algumas medidas operacionais para viabilizar a hospedagem sem gerar custos à pesquisa. Assim, optou-se pela plataforma Render (Render, 2025), que oferece hospedagem gratuita. Entretanto, nesse tipo de plano, caso o serviço fique alguns minutos sem acesso, ele pode demorar um pouco para “acordar” quando é requisitado novamente. Esse atraso está relacionado à instância de hospedagem e não ao funcionamento interno do SCIENCE em si.

Como os módulos do sistema eram independentes, o processo de implantação

precisou ser feito por partes, com cada serviço sendo publicado separadamente. Nesse ponto, a existência da API Router foi essencial: foi possível hospedar as instâncias de Física, Robótica, Matemática, Recomendação e do *front-end* de forma individual e, ainda assim, manter o sistema operando como um único conjunto, já que a Router centralizava o encaminhamento das requisições.

Na prática, como o login estava atrelado ao serviço de Matemática, ao realizar a autenticação, o usuário “acordava” automaticamente a instância desse módulo. Os demais serviços precisavam ser ativados acessando suas URLs pelo menos uma vez (ou seja, apenas para despertar as instâncias), mas, após esse primeiro acesso, o funcionamento do sistema se manteve estável, sem travamentos ou atrasos perceptíveis durante o uso.

A Figura 12 apresenta a tela inicial (*Home*) do SCIENCE após o login, ilustrando o ponto de entrada do sistema para navegação e acesso às funcionalidades principais. Para detalhar a organização da interface, a figura foi demarcada com letras no menu lateral esquerdo e números na área central de conteúdo, cujas funções operacionais e informativas são descritas a seguir.

No **menu lateral**, encontram-se as opções de navegação global do sistema:

- **A (Início):** Direciona o usuário de volta à página principal (*Home*). Pode ser acionado a qualquer momento para reiniciar a navegação e retornar ao ponto de partida.
- **B (Sobre):** Apresenta uma página com um breve resgate histórico do SCIENCE, detalhando seu propósito, histórico de versões e sua fundamentação pedagógica baseada na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).
- **C (Editar Perfil):** Permite o acesso ao módulo de gerenciamento de conta (operações de CRUD do usuário). Nessa seção, o professor pode atualizar seus dados pessoais (nome, estado e idade), alterar sua senha ou, se desejar, excluir definitivamente o seu perfil do banco de dados.
- **D (Sair):** Encerra a sessão ativa do usuário e o redireciona imediatamente para a tela inicial de *login*.

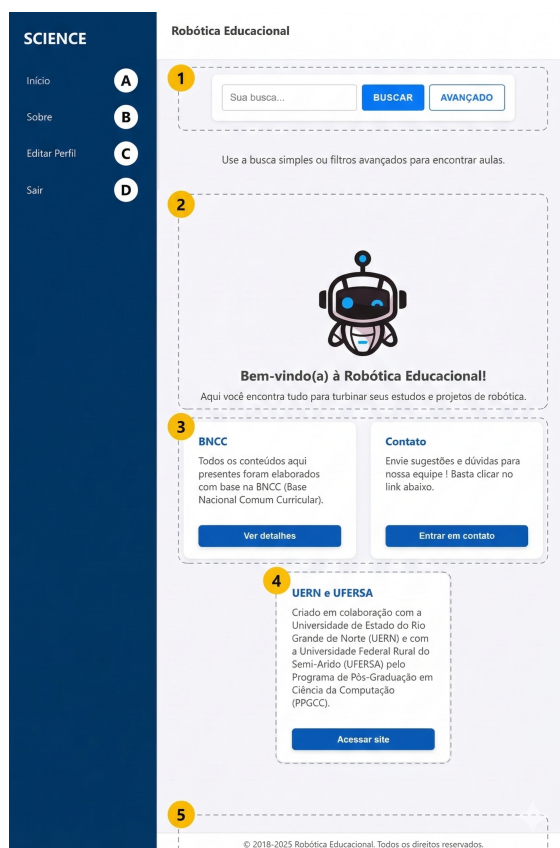
Na **área central**, estão dispostos os componentes operacionais e informativos da tela:

- **1 (Módulo de Busca):** Área dedicada à pesquisa de planos de aula. Permite a realização de uma busca simples (digitando diretamente um assunto de interesse)

ou o acionamento da busca avançada, que viabiliza a filtragem mais específica por disciplina, série e conteúdo.

- **2 (Painel de Boas-vindas):** Componente de caráter estritamente visual, com a função de recepcionar o usuário de forma amigável ao acessar o ambiente da plataforma.
- **3 (Cards de Apoio - BNCC e Contato):** Agrupa atalhos úteis para o docente. O primeiro *card* oferece um link de direcionamento rápido para o portal oficial da BNCC. O segundo disponibiliza um endereço de e-mail institucional para que os professores possam enviar *feedbacks*, dúvidas e sugestões à equipe de desenvolvimento.
- **4 (Card Institucional - PPGCC):** Disponibiliza um link direto para o site oficial do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC), vinculando explicitamente o sistema às suas instituições fomentadoras (UERN e UFRSA).
- **5 (Rodapé):** Exibe informações textuais básicas da aplicação, como o período de desenvolvimento do projeto e os direitos autorais reservados.

Figura 12 – Tela inicial (*Home*) do SCIENCE após o login.



Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, quanto ao acesso pelos usuários (professores), o SCIENCE pôde ser

utilizado tanto em máquinas pessoais quanto em computadores da escola, sem contratempos relacionados a requisitos de hardware (por exemplo, o sistema não se mostrou lento a ponto de impedir o uso em computadores menos potentes). A percepção dos docentes, bem como as críticas e os elogios levantados durante o uso, são discutidos detalhadamente no capítulo de resultados.

4.3 Revisão do fluxo de geração e organização de planos de aula

Com a consolidação do SCIENCE por meio da API Router, a atualização não se limitou à centralização das rotas: o fluxo de geração e de apresentação do plano de aula também foi reorganizado para apoiar o uso em campo e tornar a navegação do professor mais direta. Em termos de experiência, o usuário realiza a autenticação e percorre um caminho guiado (por exemplo, série, assunto e conteúdo), enquanto o sistema compõe as respostas com base em serviços internos, sem exigir que o *front-end* mantenha conhecimento de múltiplos *endpoints*.

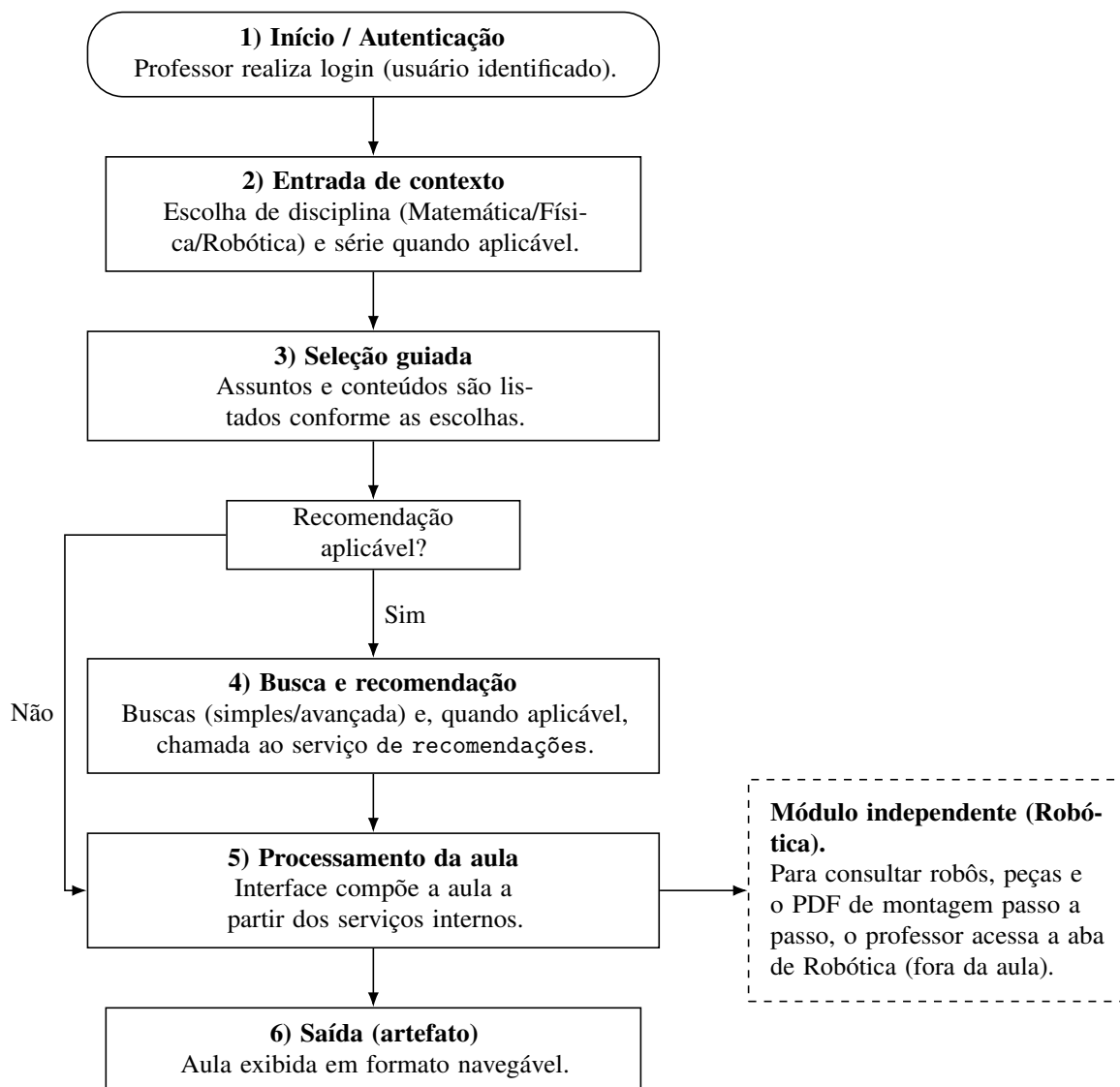
Nas versões anteriores, era comum que o plano de aula reunisse, em um único artefato, elementos pedagógicos e componentes associados à robótica (como informações do robô, peças e programação). Um exemplo dessa estrutura pode ser consultado na dissertação de Passos (2021), especialmente nos apêndices do trabalho (PASSOS, 2021). Na versão atual, a visualização utilizada na aplicação em ambiente escolar (incluindo as telas do fluxo revisado) encontra-se disponível nos Apêndices L, M e N deste documento.

Do ponto de vista operacional, o fluxo típico de uso pode ser descrito conforme a Figura 13. Ressalta-se que, no SCIENCE, a robótica é parte integrante do processo, uma vez que a aula sempre pressupõe o uso do robô educacional. No entanto, a organização atual diverge da proposta original de Passos (2021) devido à implementação de um serviço dedicado (API de Robótica).

Essa reestruturação técnica permitiu desvincular as informações de hardware do conteúdo pedagógico. Anteriormente, a exibição simultânea de listas de peças e tutoriais de montagem na mesma página da aula gerava uma interface excessivamente densa, o que dificultava a leitura e o foco no plano de ensino. Na versão atual, esses elementos são acessados em uma seção específica, permitindo que o professor consulte as instruções de montagem de forma independente e adapte a aplicação da aula conforme os robôs disponíveis, reduzindo a sobrecarga visual e conferindo maior flexibilidade ao planejamento

docente.

Figura 13 – Fluxo típico de uso do SCIENCE para geração e apresentação de planos de aula.



Fonte: Elaboração própria (2026).

Em síntese, a revisão do fluxo permitiu que o SCIENCE operasse como um sistema único do ponto de vista do professor, ao mesmo tempo em que preservou a modularidade interna dos serviços, tornando a navegação mais consistente e adequada ao contexto escolar.

Essa consolidação técnica possibilitou, ainda, uma padronização mais rigorosa dos artefatos pedagógicos. Enquanto, em versões anteriores, a descrição didática e os materiais técnicos do robô eram apresentados como um bloco único de informação, a arquitetura atual trata esses conteúdos como entidades distintas dentro do ecossistema do sistema: o plano de aula concentra os elementos pedagógicos objetivos, atividade,

alinhamento à BNCC e recursos didáticos, ao passo que as informações de hardware (peças, montagem e programação do robô) são acessadas em uma aba dedicada, de forma independente. Essa separação reduz a sobrecarga visual e confere maior flexibilidade ao professor durante o planejamento e a condução das aulas. A visualização completa das interfaces resultantes dessa reorganização está disponível nos Apêndices L, M e N, que apresentam, respectivamente, os prints das páginas do SCIENCE nas disciplinas de Matemática, Física e Robótica.

Na prática, o plano de aula consolidou-se como o artefato pedagógico central, concentrando objetivos e etapas de aprendizagem. Em paralelo, os componentes técnicos (por exemplo, identificação de modelos e guias de montagem) passaram a ser gerenciados de forma modular pelo serviço de Robótica. Essa separação reduz acoplamento: uma atualização no projeto de um robô, por exemplo, não exige a reedição dos planos de aula que o utilizam, o que favorece a reutilização de componentes e simplifica a manutenção do sistema a longo prazo.

4.4 Síntese do capítulo

Este capítulo apresentou as principais atualizações realizadas no SCIENCE e justificou por que foram necessárias para viabilizar o uso do sistema em um contexto escolar real. Partindo de um cenário anterior marcado por *front-end* legada, acesso disperso às APIs, inconsistências entre rotas e estruturas de dados e ausência de um ponto único de autenticação, evidenciou-se a necessidade de consolidar o ecossistema e reduzir obstáculos que poderiam comprometer a aplicação em campo.

Como resposta, adotou-se uma estratégia de centralização por meio de uma *API Router*, atuando como camada intermediária entre a interface e os serviços internos. Essa decisão permitiu padronizar o encaminhamento de requisições, organizar as rotas por domínio e parametrizar os endereços dos serviços por meio de variáveis de ambiente, tornando o sistema mais flexível para execução local e implantação. Nesse processo, o *back-end* de Matemática recebeu ajustes para concentrar o CRUD e o fluxo de login, enquanto as ontologias (Matemática, Física e Robótica) foram mantidas sem modificações estruturais. De forma complementar, o serviço de recomendação também foi integrado ao novo padrão, passando a operar por meio de requisições HTTP e a ser acionado pela Router quando aplicável.

A consolidação arquitetural se refletiu diretamente no uso em ambiente escolar. Para viabilizar testes e aplicação sem custos de hospedagem, os módulos foram implantados separadamente e integrados via Router, mantendo o SCIENCE operando como um sistema único do ponto de vista do professor. Além disso, o fluxo de geração e apresentação de aulas foi reorganizado para ser mais direto e consistente: após a autenticação, o usuário percorre escolhas guiadas e o sistema compõe as respostas com base em serviços internos, com recomendações disponíveis durante a etapa de busca. Por fim, também foi destacada a mudança na organização dos artefatos: diferentemente da versão anterior (exemplificada em Passos (2021)), a montagem do robô e os materiais técnicos deixam de ficar “presos” na página da aula e passam a ser acessados na aba específica de Robótica, o que permite consultar peças e o passo a passo em PDF separadamente e adaptar a aplicação às condições reais disponíveis.

Com isso, este capítulo conclui a parte de consolidação técnica do SCIENCE e estabelece a base para o próximo capítulo, no qual são discutidos os resultados obtidos na aplicação em campo, incluindo as percepções dos docentes, críticas, elogios e evidências observadas durante o uso do sistema.

5 RESULTADOS

5.1 Caracterização do estudo e execução da intervenção

A etapa experimental foi realizada no contexto da disciplina *Eletiva de Matemática*, ofertada pela Escola Estadual Francisco Antônio de Medeiros (FAM), com foco na revisão dos conteúdos do Ensino Fundamental II. A intervenção ocorreu entre setembro de 2025 e dezembro de 2025, integrada à rotina escolar regular, conforme o delineamento descrito no Capítulo 3.

Antes do início das aulas experimentais, foram realizados encontros presenciais com a equipe da escola para a apresentação do projeto, o esclarecimento do propósito do experimento e a formalização da participação por meio dos termos éticos (Apêndices). Nesse primeiro momento, também foi aplicado o questionário TAM em sua etapa inicial (diagnóstica) junto aos docentes, com o objetivo de registrar as percepções prévias sobre robótica educacional e tecnologia antes de qualquer contato com o SCIENCE, evitando que a interação posterior com o sistema influenciasse as respostas sobre familiaridade, autoeficácia e disposição inicial para o uso da robótica em sala. Em seguida, foram realizados encontros de alinhamento com o professor responsável pela disciplina, para adequar o cronograma às condições reais de tempo e à dinâmica das aulas, preservando o planejamento pedagógico. Nesses alinhamentos, o SCIENCE foi reapresentado em caráter operacional, e definiu-se que o professor atuaria como regente enquanto o pesquisador permaneceria como observador da dinâmica em sala.

5.1.1 Contexto, turmas e composição dos grupos (GE e GC)

A amostra discente foi composta por estudantes do 1º ano do Ensino Médio, participantes da disciplina eletiva. Os critérios de inclusão e exclusão, bem como a consolidação da amostra final, são descritos no Capítulo 3. Ao término da aplicação desses critérios, a análise considerou uma amostra final de 14 estudantes, distribuídos aleatoriamente entre o Grupo Experimental (GE) e o Grupo Controle (GC), com 7 participantes em cada grupo.

Para apoiar a formação e checagem de equivalência inicial, o pré-teste foi utilizado apenas como referência operacional de balanceamento, considerando-se o grau de completude das respostas e a coerência mínima da organização (sem caráter avaliativo de desempenho). Para isso, as respostas foram sintetizadas em uma escala discreta (6 a 10),

conforme os critérios apresentados na Tabela 2, utilizada exclusivamente como indicador de completude/coerência.

Tabela 2 – Critério operacional (6–10) para completude/coerência do pré-teste, utilizado no balanceamento inicial.

Escore	Critério de completude/coerência
6	Respondeu às questões anteriores, porém deixou a questão final em branco.
7	Respondeu às questões anteriores e tentou a questão final, mas sem concluí-la adequadamente.
8	Respondeu às questões, porém deixou alguma resposta incompleta (exceto a questão final).
9	Respondeu integralmente, incluindo a questão final, mas estruturou incorretamente o mapa solicitado.
10	Respondeu integralmente todas as questões e montou corretamente o mapa proposto.

Fonte: Autoria própria (2025).

Cabe destacar que a questão final do pré-teste recebeu peso diferenciado nesse critério por ser a mais extensa e a que exigia maior articulação entre os conceitos abordados nas questões anteriores. Do seu preenchimento é possível inferir, com maior clareza, o grau de envolvimento do estudante com o instrumento como um todo. Além disso, a disparidade entre um participante que completou essa questão e outro que a deixou em branco implicaria uma diferença expressiva no volume de dados disponíveis para análise, o que poderia comprometer o equilíbrio entre os grupos. Por essa razão, a completude da questão final foi considerada o principal indicador de diferenciação nos escores operacionais, embora todas as questões tenham sido consideradas na composição do critério.

A equivalência inicial entre GE e GC foi verificada em duas etapas por meio do teste de Mann–Whitney U (MANN; WHITNEY, 1947). Na etapa inicial ($N = 24$, $n = 12$ por grupo), não se observou diferença estatisticamente significativa entre os grupos ($U = 65$, $p = 0,697$, bicaudal). Ao longo da intervenção, porém, a amostra sofreu redução devido a fatores típicos do contexto escolar: evasão da disciplina eletiva, faltas em momentos essenciais de coleta (pré ou pós-teste), não devolução dos termos éticos assinados e dados incompletos que inviabilizariam a triangulação. Esses casos foram tratados conforme os critérios de exclusão descritos no Capítulo 3, resultando em uma amostra final de 14 participantes. A verificação de equivalência foi então refeita nessa amostra ($N = 14$, $n = 7$ por grupo), mantendo-se a ausência de diferença significativa ($U = 19,5$, $p = 0,537$,

bicaudal). Detalhes do procedimento de cálculo encontram-se no Apêndice G.

Em termos descritivos, o Grupo Controle apresentou média ($=9,00$) ($DP (=1,53)$) e o Grupo Experimental, média ($=8,29$) ($DP (=1,89)$), reforçando a proximidade dos escores operacionais iniciais entre as condições analisadas. Cabe destacar que esses valores referem-se exclusivamente ao critério de completude/coerência (escala 6–10), utilizado para fins de balanceamento. A avaliação do desempenho cognitivo propriamente dito, com base nas rubricas por dimensão (M1 e M2), é apresentada na Seção 5.2.2, onde os escores seguem escala e critérios distintos.

5.1.2 Ajustes de cronograma e ocorrências relevantes em campo

A execução da intervenção demandou ajustes operacionais para adequação à rotina escolar e às restrições de calendário, registrados no diário de bordo e contextualizados no Capítulo 3. Nesta seção, reportam-se apenas as ocorrências com impacto direto na logística de coleta e na distribuição das aulas.

De forma sintética, a sequência foi organizada em três momentos: um encontro dedicado ao pré-teste; um ciclo de aulas para o desenvolvimento do conteúdo e a execução das atividades em grupo; e um encontro final para aplicação do pós-teste. Na prática, o ciclo correspondeu a um dia (duas aulas) para o pré-teste, três dias (seis aulas) para o desenvolvimento do conteúdo e das atividades e um dia para o pós-teste. Essa distribuição foi aplicada igualmente a ambos os grupos, assegurando que GE e GC tivessem o mesmo tempo de exposição às suas respectivas metodologias. Embora o Grupo Experimental tenha eventualmente concluído algumas atividades em menor tempo, a carga horária foi mantida equivalente para preservar a comparabilidade entre as condições. A observação em sala, por meio do COPUS adaptado, foi aplicada em todas as aulas do ciclo de intervenção para ambos os grupos, não sendo realizada nos encontros dedicados exclusivamente ao pré-teste e ao pós-teste.

5.1.3 Conformidade com o protocolo e instrumentos efetivamente coletados

Quanto à conformidade com o protocolo, a coleta foi realizada conforme o desenho multimétodo descrito no Capítulo 3, considerando-se apenas dados provenientes dos instrumentos previstos e adequados às salvaguardas éticas do estudo. Foram efetivamente coletados: (i) pré-teste discente; (ii) pós-teste discente; (iii) registros sistemáticos do

COPUS adaptado ao longo das aulas de intervenção (excetuando-se os encontros de pré e pós-teste); (iv) questionários TAM aplicados em um momento inicial com a equipe escolar e, ao final, em um segundo momento, com os docentes que puderam e optaram por responder.

Adicionalmente, o diário de bordo foi utilizado como suporte para a rastreabilidade das sessões, o registro de presenças e a anotação de intercorrências que pudessem contextualizar os resultados quantitativos. Assim, os resultados apresentados nas seções seguintes baseiam-se exclusivamente nessas evidências (testes, observações COPUS, TAM e registros textuais).

5.2 Resultados de aprendizagem discente

Nesta seção, apresentam-se os resultados do pré-teste e do pós-teste, organizados por dimensões cognitivas (M1 a M3), alinhados às taxonomias de Bloom e Fink e avaliados por rubricas. A intenção é descrever a linha de base (pré), o desempenho pós-intervenção (pós) e a comparação entre grupos, com foco no comportamento por dimensão.

5.2.1 Estrutura dos testes e critérios de correção (rubricas Bloom e Fink)

A avaliação da aprendizagem discente foi estruturada por dimensões cognitivas e corrigida por rubricas alinhadas às taxonomias de Bloom e Fink. Para fins de análise, os itens dos testes foram organizados em três blocos: (i) Lembrar e Compreender; (ii) Aplicar e Analisar; e (iii) Avaliar e Criar. Em cada bloco, a correção foi guiada por descritores qualitativos que permitem atribuir um escore de 0 a 10 a cada critério, de acordo com quatro faixas interpretativas: Fraco (0–3), Satisfatório (4–6), Bom (7–9) e Excelente (10). As rubricas completas (com os descritores detalhados por faixa) encontram-se nos apêndices do trabalho.

No bloco M1 (Lembrar e Compreender), a rubrica observa principalmente a precisão com que o estudante define termos e a clareza das relações estabelecidas entre ideias (por exemplo, se os conceitos são apresentados corretamente e se há conexões minimamente coerentes). No bloco M2 (Aplicar e Analisar), avalia-se a capacidade de transferir o conceito para uma situação prática e de justificar a solução proposta, bem como a qualidade da análise ao articular Matemática a um contexto aplicado. Já no bloco M3 (Avaliar e

Criar), incluído apenas no pós-teste, a rubrica enfatiza o nível de reflexão crítica (benefícios, desafios e estratégias), a originalidade/coerência das propostas criadas e evidências de metacognição, isto é, de consciência sobre o próprio processo de aprendizagem.

No presente estudo, o pré-teste contemplou as dimensões M1 e M2 (Lembrar/Compreender e Aplicar/Analisar). O pós-teste retomou esses mesmos eixos e acrescentou um bloco adicional associado à dimensão M3 (Avaliar/Criar), voltado à reflexão crítica e à proposição de uma atividade relacionada ao conteúdo de cálculo algébrico.

Para tornar o procedimento de correção mais transparente, apresenta-se, na Figura 14, um exemplo de preenchimento do pré-teste avaliado segundo a rubrica da dimensão M1. O objetivo dessa figura é apenas ilustrar como os descritores foram utilizados na atribuição do escore, sem expor informações que permitam identificar o participante.

Figura 14 – Exemplo de aplicação da rubrica na dimensão M1 (pré-teste), com atribuição de escore a partir dos descritores.

Lembrar e Compreender (Bloom: *Remember & Understand* / Fink: *Conhecimento Fundamental*)

Identificação e Associação Inicial (foco em matemática):

a) Escolha até três termos da lista de **Matemática** que você já conhece ou acha interessantes.

- Escreva cada termo.

Adição, subtração e multiplicação

- Depois, explique com suas próprias palavras o que você entende sobre cada termo..
(Exemplo: se escolher "fração", pode explicar como ela representa uma parte de um todo.)

Adição = a combinação de dois números em um só.

Subtração = ~~subtração~~ diminuir um número pelo outro.

Multiplicação = Ser a sucessão de um número por ele mesmo.

Tabela 3 – Dimensões de avaliação e critérios da rubrica utilizados na correção dos testes.

Dimensão	Eixo cognitivo (Bloom/- Fink)	Crítérios da rubrica
M1	Lembrar e Compreender / Conhecimento fundamental	Precisão dos conceitos; Integração conceitual.
M2	Aplicar e Analisar / Integração	Aplicação prática; Análise interdisciplinar.
M3	Avaliar e Criar / Dimensões metacognitivas	Avaliação crítica; Criatividade e inovação; Metacognição.
Síntese por conceito	Faixas da rubrica	
Fraco	0–3	
Satisfatório	4–6	
Bom	7–9	
Excelente	10	

Fonte: Elaboração própria, com base nas rubricas do estudo.

5.2.2 Desempenho no pré-teste (linha de base por grupo)

O pré-teste foi aplicado antes do início das atividades práticas e teve como objetivo caracterizar a linha de base do conhecimento dos estudantes nas dimensões M1 (Lembrar/-Compreender) e M2 (Aplicar/Analisar), conforme a rubrica descrita na Seção 5.2.1. Os resultados apresentados nesta subseção funcionam como referência inicial para interpretar os achados do pós-teste, reduzindo o risco de atribuir à intervenção diferenças que já estivessem presentes previamente entre os grupos.

Em termos descritivos, observam-se valores próximos entre os grupos na dimensão M1, com leve vantagem do Grupo Controle (M1: Controle = 2,71; Robótica = 2,57). Na dimensão M2, nota-se uma diferença descritiva a favor do Grupo Experimental (Robótica), sugerindo maior presença de respostas com elementos de aplicação/análise já na linha de base (M2: Controle = 1,71; Robótica = 2,29). Essa diferença inicial em M2 é considerada nas comparações pré-pós apresentadas nas subseções seguintes.

Diferentemente do escore operacional de completude (escala 6–10) utilizado no balanceamento dos grupos (Seção 5.1.1), as médias a seguir resultam da correção do pré-teste segundo as rubricas cognitivas por dimensão (Seção 5.2.1). A Tabela 4 sintetiza as médias do pré-teste por dimensão (M1 e M2) para cada grupo, oferecendo uma visão geral da linha de base antes do início da intervenção. As comparações com o pós-teste

e a análise do ganho por dimensão são apresentadas nas subseções seguintes, quando os resultados pré-pós são discutidos em conjunto.

Tabela 4 – Médias por dimensão no pré-teste, por grupo ($n = 7$ por grupo).

Dimensão (pré)	Controle	Experimental (Robótica)	Diferença (GE–GC)
M1 (Lembrar/Compreender)	2,71	2,57	-0,14
M2 (Aplicar/Analisar)	1,71	2,29	0,58

Fonte: Elaboração própria (2025), com base nos resultados do pré-teste.

Tabela 5 – Pré-teste: classificação por dimensão (M1 e M2) segundo a rubrica, por grupo ($n = 7$ em cada grupo), com identificações anonimizadas.

Grupo	Participante (ID)	M1	M2
Controle	ckZpTLsmf6	Satisfatório	Satisfatório
Controle	G2F7KDLk3b	Excelente	Satisfatório
Controle	gVdi8DOWas	Excelente	Bom
Controle	Yt8e3aZ4Oz	Excelente	Bom
Controle	u83YWK5qRC	Excelente	Bom
Controle	YaO8Jbn7H5	Excelente	Bom
Controle	K4SXVl6TQx	Excelente	Bom
Experimental (Robótica)	aE7nmTMrmK	Excelente	Excelente
Experimental (Robótica)	TqHpWtkVzY	Bom	Excelente
Experimental (Robótica)	L7bhNFvLGm	Bom	Bom
Experimental (Robótica)	XSUaVJo3hE	Excelente	Excelente
Experimental (Robótica)	YNjxl7kMME	Excelente	Bom
Experimental (Robótica)	7zRS7WI5OQ	Excelente	Satisfatório
Experimental (Robótica)	KPdGO1WcbZ	Bom	Bom

Fonte: Elaboração própria (2025), com base na classificação do pré-teste segundo a rubrica (M1 e M2).

5.2.3 Desempenho no pós-teste (estado final por grupo)

O pós-teste foi aplicado após o encerramento do ciclo de aulas e das atividades previstas para cada condição, avaliando as dimensões M1 (Lembrar/Compreender), M2 (Aplicar/Analisar) e M3 (Avaliar/Criar), sendo esta última exclusiva do pós-teste (Seção 5.2.1). Nesta subseção, apresentam-se os resultados finais de cada grupo no pós-teste; a variação pré-pós (ganho) e as comparações diretas entre condições são discutidas na subseção seguinte.

A Tabela 6 sintetiza as médias por dimensão no pós-teste. Em termos descritivos,

o Grupo Experimental apresentou valores superiores ao Grupo Controle em todas as dimensões avaliadas, com maior diferença em M3, bloco associado a reflexão crítica, proposição de atividade e aspectos metacognitivos.

Tabela 6 – Médias por dimensão no pós-teste, por grupo ($n = 7$ por grupo).

Dimensão (pós)	Controle	Experimental (Robótica)	Diferença (GE–GC)
M1 (Lembrar/Compreender)	2,43	2,71	0,28
M2 (Aplicar/Analisar)	1,43	1,57	0,14
M3 (Avaliar/Criar)	1,00	1,57	0,57

Fonte: Elaboração própria (2025), com base nos resultados do pós-teste.

Cabe esclarecer que a correção dos testes foi realizada de forma cega em relação aos grupos: todas as provas foram avaliadas conjuntamente, sem identificação prévia de qual participante pertencia ao GE ou ao GC. Somente após a atribuição dos escores e conceitos pela rubrica, as respostas foram separadas por grupo para fins de comparação. Esse procedimento visou reduzir vieses na avaliação, garantindo que o julgamento das respostas não fosse influenciado pelo conhecimento da condição experimental de cada estudante.

A Tabela 7 detalha a classificação por conceito (Fraco, Satisfatório, Bom e Excelente) atribuída pela rubrica a cada participante no pós-teste, em cada dimensão, utilizando identificadores anonimizados. Esse detalhamento permite observar como os conceitos se distribuem em cada grupo (por exemplo, a ocorrência de classificações em *Fraco* no Grupo Controle em M2 e M3, e a predominância de *Bom/Excelente* em M1 no Grupo Experimental), sem expor a identidade dos estudantes.

Ao observar a distribuição global por conceitos no pós-teste (considerando o conjunto de dimensões avaliadas), o Grupo Controle concentrou 14% em Fraco, 33% em Satisfatório, 29% em Bom e 24% em Excelente, enquanto o Grupo Experimental apresentou 5% em Fraco, 29% em Satisfatório, 33% em Bom e 33% em Excelente. Esses percentuais são retomados na subseção de comparações, quando o foco passa a ser a variação pré–pós e as diferenças entre grupos por dimensão.

5.2.4 Comparações intra-grupo e entre grupos (pré–pós e GE vs. GC)

Nesta subseção, o foco passa a ser a *comparação pré–pós-teste*, isto é, a variação do desempenho ao longo do experimento e as diferenças entre as condições (Controle

Tabela 7 – Pós-teste: classificação por conceito (rubrica) nas dimensões M1, M2 e M3, por grupo (IDs anonimizados).

Grupo	ID	M1	M2	M3
Controle	ckZpTLsmf6	Excelente	Satisfatório	Bom
Controle	G2F7KDLk3b	Satisfatório	Fraco	Fraco
Controle	gVdi8DOWas	Excelente	Excelente	Satisfatório
Controle	Yt8e3aZ4Oz	Bom	Satisfatório	Bom
Controle	u83YWK5qRC	Excelente	Bom	Satisfatório
Controle	YaO8Jbn7H5	Excelente	Bom	Satisfatório
Controle	K4SXVl6TQx	Bom	Satisfatório	Fraco
Experimental	aE7nmTMrmK	Excelente	Satisfatório	Satisfatório
Experimental	TqHpwTkVzY	Excelente	Bom	Bom
Experimental	L7bhNFvLGm	Excelente	Excelente	Bom
Experimental	XSUaVJo3hE	Excelente	Satisfatório	Bom
Experimental	YNjxI7kMME	Excelente	Bom	Satisfatório
Experimental	7zRS7WI5OQ	Excelente	Fraco	Satisfatório
Experimental	KPdGO1WcbZ	Satisfatório	Bom	Bom

Fonte: Elaboração própria (2025), a partir das correções do pós-teste segundo a rubrica.

vs. Robótica) após a intervenção. Os achados aqui se referem exclusivamente aos testes (dimensões cognitivas M1–M3). A leitura contextual da dinâmica de sala e do processo de implementação (protocolo COPUS e registros de campo) é apresentada nas seções subsequentes, nas quais os padrões cognitivos discutidos aqui serão interpretados à luz do comportamento em sala e do protocolo de observação.

Para sintetizar os resultados por dimensão, as classificações por conceito atribuídas pela rubrica (Fraco, Satisfatório, Bom, Excelente) foram convertidas em uma escala ordinal numérica (Fraco= 0, Satisfatório= 1, Bom= 2, Excelente= 3), utilizada apenas para o cálculo de médias e para a comparação entre fases. As Figuras 15 e 16 a seguir oferecem uma leitura visual dessa progressão, permitindo comparar a trajetória dos grupos do pré ao pós-teste em cada dimensão.

5.2.4.1 Mudança pré–pós teste por dimensão.

A Figura 15 organiza a leitura do pré ao pós-teste por dimensão, destacando a tendência das médias em cada grupo. Em M1 (Lembrar/Compreender), observa-se um comportamento de *convergência*: o Controle inicia ligeiramente acima no pré (Tabela 4), mas o Experimental apresenta melhora no pós (Tabela 6), encerrando a intervenção com média superior. Em termos práticos, esse padrão sugere que, ao final do ciclo, ambos os grupos mantiveram bom desempenho nas habilidades mais básicas avaliadas pela rubrica,

com vantagem descritiva do Experimental no estado final.

Em M2 (Aplicar/Analisar), a Figura 15 evidencia uma queda no pós-teste em ambos os grupos. Esse resultado deve ser interpretado com cautela e em consonância com a natureza do instrumento: M2 exige transferência do conteúdo para uma situação aplicada e justificativa, o que aumenta a exigência cognitiva e tende a ampliar a dispersão das respostas. O detalhamento por participante (Tabelas 5 e 7) corrobora essa leitura ao indicar maior presença de classificações intermediárias/baixas em M2 no pós, o que ajuda a explicar a redução das médias.

5.2.4.2 *Diferença entre condições: em que o Experimental se destaca.*

A Figura 16 complementa a análise ao apresentar a diferença entre os grupos em cada fase/dimensão (valores positivos indicam vantagem do Experimental). Ela evidencia três mensagens principais. Primeiro, no pré, a pequena vantagem do Controle em M1 é limitada e não se mantém no pós. Segundo, o Experimental aparece acima do Controle no pós tanto em M1 quanto em M2, ainda que com diferenças descritivas modestas. Terceiro, a maior separação entre as condições ocorre em M3 (Avaliar/Criar), dimensão exclusiva do pós-teste.

Essa evidência é relevante porque M3 reúne itens de reflexão crítica, proposição de atividade e elementos metacognitivos, isto é, tarefas nas quais o estudante precisa justificar, avaliar dificuldades, propor estratégias e elaborar uma aplicação coerente. Assim, o padrão observado (Tabela 6 e Figura 16) é compatível com a H1 (Seção 1.4) e, de modo mais específico, alinha-se à expectativa teórica de que atividades práticas e investigativas tendem a favorecer dimensões cognitivas de maior complexidade taxonômica (BLOOM, 1956; ANDERSON; KRATHWOHL, 2001), sem perder competitividade nas dimensões básicas.

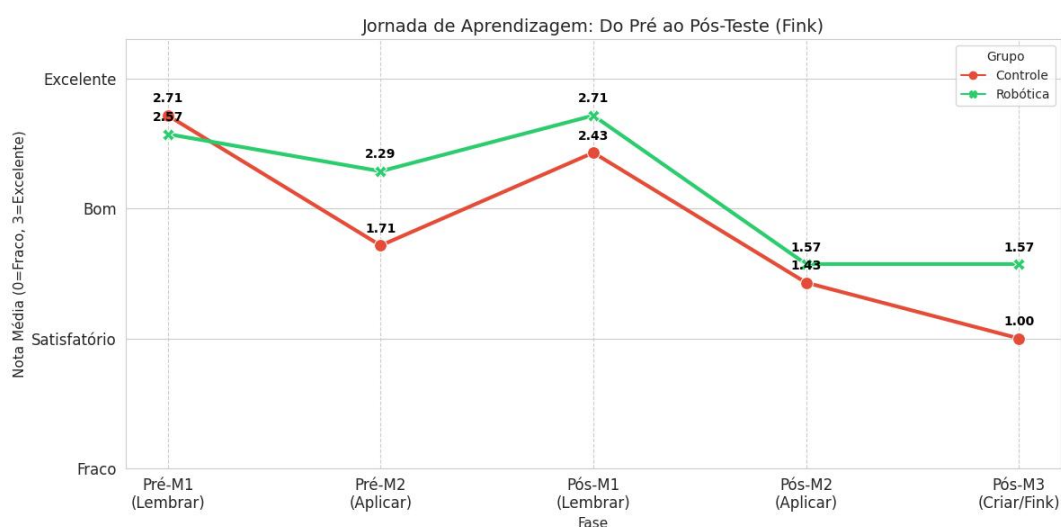
5.2.4.3 *Como as médias se formam: distribuição por conceitos ao longo das fases.*

Para evitar que a interpretação fique restrita às médias, a Figura 17 apresenta a distribuição percentual de conceitos por fase (Pré: M1/M2; Pós: M1/M2/M3), separada por grupo. Em M1, ambos os grupos concentram-se em conceitos superiores, o que é consistente com o fato de que as tarefas dessa dimensão exigem principalmente recordar, compreender e organizar ideias com coerência mínima. Em M2, observa-se maior dispersão e aumento relativo de conceitos inferiores no pós, reforçando a interpretação de que itens

aplicados/analíticos foram mais sensíveis às variações individuais e ao nível de justificativa apresentado.

Em M3, a Figura 17 e o detalhamento por participante no pós (Tabela 7) mostram um padrão relevante: o Controle apresenta ocorrências de *Fraco* em M3, enquanto, no Experimental, a concentração se desloca para *Satisfatório* e *Bom*. Esse ponto é importante porque M3 avalia justamente a produção e a argumentação (criar e avaliar), e não apenas o reconhecimento ou a aplicação direta de um procedimento.

Figura 15 – Jornada de aprendizagem do pré ao pós-teste por dimensão (média na escala ordinal 0–3: Fraco= 0, Excelente= 3).



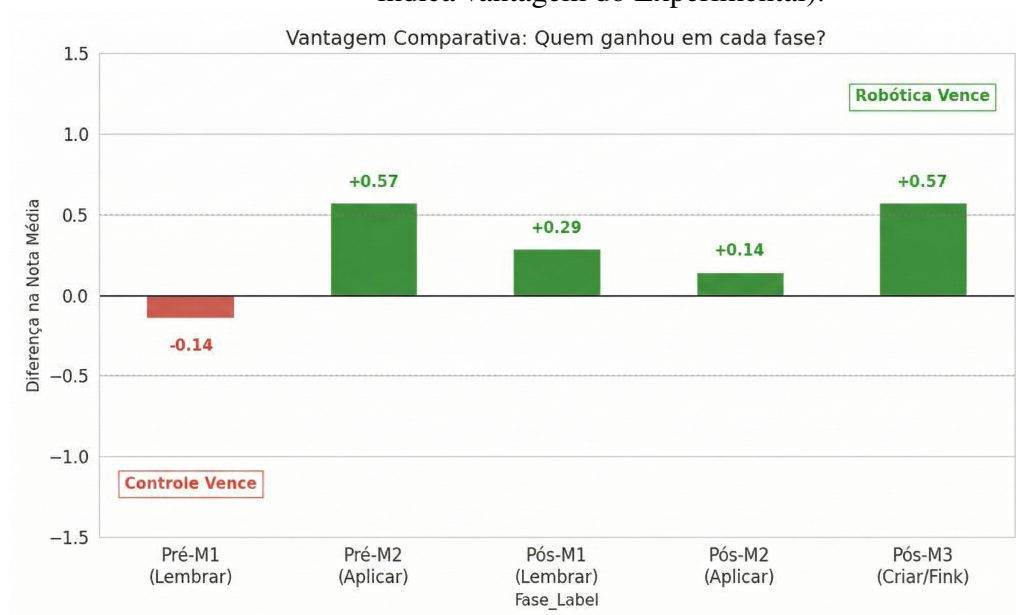
Fonte: Autoria própria (2025).

5.2.5 Síntese dos achados cognitivos

Em síntese, a comparação pré-pós sugere que: (i) em M1 (Lembrar/Compreender), há um padrão de convergência com vantagem descritiva do Experimental no estado final, indicando manutenção/elevação do desempenho em habilidades cognitivas mais básicas; (ii) em M2 (Aplicar/Analisar), ocorre queda em ambos os grupos, compatível com maior exigência de transferência e justificativa e com maior dispersão dos conceitos atribuídos; e (iii) em M3 (Avaliar/Criar), dimensão exclusiva do pós-teste, observa-se a maior diferença entre as condições, com desempenho descritivamente superior do Experimental e menor ocorrência de classificações em níveis inferiores.

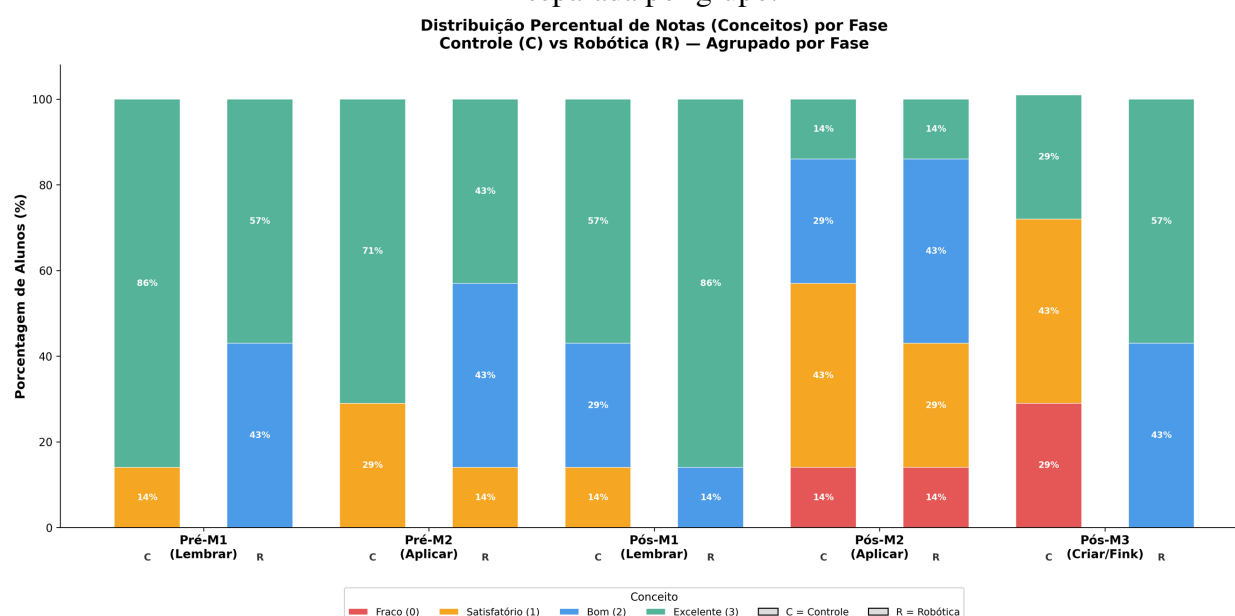
Para verificar se essas diferenças descritivas alcançam significância estatística, aplicou-se o teste de Mann–Whitney U (bicaudal) aos escores ordinais do pós-teste em

Figura 16 – Diferença de médias entre os grupos por fase e dimensão (valor positivo indica vantagem do Experimental).



Fonte: Autoria própria (2025).

Figura 17 – Distribuição percentual de conceitos por fase (Pré: M1/M2; Pós: M1/M2/M3), separada por grupo.



Fonte: Autoria própria (2025).

cada dimensão, bem como ao ganho pré-pós (diferença entre o escore ordinal do pós e do pré) em M1 e M2. Em nenhuma das comparações a diferença entre Grupo Controle e Grupo Experimental atingiu significância ao nível de 5%: no pós-teste, M1 ($U = 18,5$, $p = 0,377$), M2 ($U = 22,0$, $p = 0,789$) e M3 ($U = 14,5$, $p = 0,186$); no ganho pré-pós, M1 ($U = 17,0$, $p = 0,336$) e M2 ($U = 30,5$, $p = 0,461$). Esse resultado era esperado dado o tamanho amostral reduzido ($n = 7$ por grupo), que limita o poder estatístico para detectar efeitos pequenos a moderados. Assim, as diferenças reportadas nas subseções anteriores devem ser interpretadas estritamente como tendências descritivas, sem evidência estatística suficiente para rejeitar a hipótese nula de igualdade entre as condições. Ainda assim, o padrão consistente de vantagem descritiva do Grupo Experimental, especialmente em M3, dimensão que apresentou o menor valor de p entre as comparações, constitui um indicativo que merece investigação futura com amostras maiores.

Esses resultados dos testes estabelecem uma base inicial para a interpretação do experimento. Na sequência do capítulo, os achados são contextualizados pelas evidências do protocolo observacional (COPUS) e pelos demais instrumentos, permitindo discutir não apenas *o que* mudou entre pré e pós, mas também *como* a dinâmica em sala e as condições de implementação podem ter se relacionado a esses padrões.

5.3 Resultados observacionais em sala (COPUS adaptado)

Esta seção apresenta os dados coletados durante as aulas da intervenção por meio de observação estruturada. O objetivo é caracterizar, de forma comparativa entre o Grupo Controle (GC) e o Grupo Experimental (GE), as ações predominantes do professor e dos estudantes, bem como a variação do engajamento ao longo do tempo. Esses achados funcionam como evidência complementar aos resultados cognitivos (pré/pós-teste), permitindo a interpretação das nuances da dinâmica de aula em cada condição.

5.3.1 Procedimento de observação e categorias analisadas

Acompanhou-se a intervenção com o *Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM* (COPUS), em versão adaptada ao Ensino Médio e às atividades de robótica. Os registros foram realizados em intervalos fixos de 5 minutos, nos quais o observador registrava os códigos correspondentes às ações do professor e dos alunos, além

de atribuir um nível sintético de engajamento (baixo, médio ou alto) como síntese global da participação da turma.

Para o componente **professor**, os códigos abrangem desde comportamentos tradicionais (exposição, resolução no quadro, perguntas à turma) até ações específicas da intervenção mediada pelo *SCIENCE*, como orientações técnicas com robôs e mediação do trabalho discente. Já para o componente **alunos**, os registros contemplam tanto a participação ativa e colaborativa (experimentação, programação, discussão em grupo e produção) quanto situações de escuta ou de baixa participação.

Embora a observação direta envolva subjetividade, a coleta foi balizada por um manual de codificação com definições operacionais e descritores padronizados, visando aumentar a consistência dos registros. A Tabela 8 sintetiza os códigos empregados, enquanto o manual completo de aplicação encontra-se no Apêndice D.

Tabela 8 – Síntese dos códigos utilizados no COPUS adaptado nesta pesquisa.

Grupo	Código	Nome	Descrição
Professor	Lec	Exposição Tradicional	Aula expositiva com quadro, slides ou fala, sem interação imediata.
Professor	CQ	Questionamento Conceitual	Perguntas para estimular reflexão ou verificar compreensão.
Professor	SCI	Uso do SCIENCE	Demonstração ou interação direta com o software SCIENCE.
Professor	ROB	Orientação com Robôs	Orientação na montagem, configuração ou programação dos robôs.
Professor	ALIN	Alinhamento Curricular	Conexões explícitas entre a atividade e os objetivos da BNCC.
Professor	ADM	Administrativo	Avisos ou encaminhamentos não ligados ao conteúdo.
Professor	RtW	Escrita em Tempo Real	Escrita no quadro ou material compartilhado durante a aula.
Professor	FUp	Acompanhamento	Retomada, feedback ou explicação sobre atividade anterior.
Professor	PQ	Perguntas Abertas	Perguntas à turma, sem tecnologia de votação.

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 8

Grupo	Código	Nome	Descrição
Professor	MG	Movimentação	Circulação pela sala para observar e interagir.
Professor	1o1	Interação Individual	Conversa individual para esclarecer dúvida ou orientar.
Professor	D/V	Demonstração	Demonstração prática ou experimento à frente da turma.
Professor	W	Espera	Pausa sem interação relevante.
Professor	O	Outro	Ação não contemplada nos códigos anteriores.
Alunos	Esc	Escuta	Atenção ao professor com eventual anotação, sem interação verbal.
Alunos	L	Listening	Escuta ao professor, podendo ou não tomar notas.
Alunos	EXP	Experimentação	Manipulação de kits, peças, sensores ou montagem robótica.
Alunos	COL	Colaboração	Discussão e resolução de problemas em conjunto com colegas.
Alunos	PROG	Programação	Programação dos robôs ou teste de comandos.
Alunos	ASK	Questionamento	Perguntas ao professor para esclarecer dúvidas.
Alunos	SQ	Pergunta a Colegas	Perguntas ao professor ou a colegas.
Alunos	OBS	Observação/Reflexão	Reflexão individual em silêncio.
Alunos	Ind	Pensamento Individual	Resolução independente, sem colaboração.
Alunos	CG	Discussão Interativa	Discussão entre estudantes sobre questão proposta.
Alunos	WG	Trabalho em Grupo	Execução conjunta de atividade estruturada.
Alunos	OG	Outra Atividade Grupo	Atividade colaborativa não estruturada.
Alunos	AnQ	Resposta ao Professor	Respostas a perguntas feitas pelo professor.

Continua na próxima página

Continuação da Tabela 8

Grupo	Código	Nome	Descrição
Alunos	WC	Discussão em Classe	Discussão coletiva conduzida pelo professor.
Alunos	Prd	Previsão	Previsão sobre resultados de experimento.
Alunos	SP	Apresentação	Apresentação oral ou demonstração de projeto.
Alunos	TQ	Teste/Quiz	Realização de avaliação formal.
Alunos	W	Espera	Aguardo sem atividade específica.
Alunos	O	Outro	Atividade não contemplada nos códigos anteriores.
Engajamento Baixo		Baixa Participação	Menos de 20% da turma com participação ativa.
Engajamento Médio		Participação Parcial	Entre 20% e 80% da turma envolvida.
Engajamento Alto		Forte Envolvimento	Mais de 80% da turma ativamente engajada.

Fonte: Elaboração própria, com base no COPUS (SMITH *et al.*, 2013) e adaptações realizadas para este estudo.

5.3.2 Frequências e percentuais das ações do professor (GE vs GC)

A Tabela 9 apresenta a frequência absoluta e o percentual relativo de ocorrência dos códigos do professor em cada condição. Os percentuais são calculados *no total de ocorrências registradas para cada grupo* (isto é, não representam “ % do tempo”, mas a composição do conjunto de códigos marcados).

No Grupo Controle, observa-se predominância de ações associadas à condução tradicional da aula, com ênfase em perguntas direcionadas (PQ) e resolução no quadro (RtW), além de momentos pontuais de aula expositiva (Lec) e de questionamento conceitual (CQ). No Grupo Experimental (Robótica), as ações se concentram em códigos relacionados à condução da intervenção (ROB e SCI), com presença adicional de demonstrações/visualizações (D/V), acompanhamento e orientações de continuidade (FUp) e menor incidência de ações típicas de exposição no quadro.

Tabela 9 – COPUS (professor): frequências absolutas e percentuais por código (GC vs. GE). Percentuais calculados no total de ocorrências por grupo.

Ação do professor	Controle (GC)		Robótica (GE)	
	Abs.	%	Abs.	%
Orientação com Robôs (ROB)	0	0,0	14	22,2
Uso do SCIENCE (SCI)	0	0,0	12	19,0
Movimentação pela sala (MG)	8	25,8	11	17,5
Interação Individual (1o1)	7	22,6	10	15,9
Demonstração/Visualização (D/V)	1	3,2	6	9,5
Outro (O)	0	0,0	4	6,3
Acompanhamento (FUp)	0	0,0	3	4,8
Administrativo (ADM)	0	0,0	2	3,2
Perguntas Abertas (PQ)	5	16,1	0	0,0
Escrita em Tempo Real (RtW)	5	16,1	0	0,0
Questionamento Conceitual (CQ)	2	6,5	0	0,0
Exposição Tradicional (Lec)	2	6,5	0	0,0
Espera (W)	1	3,2	1	1,6
Total	31	100,0	63	100,0

Fonte: Elaboração própria (2025), a partir dos registros COPUS adaptados.

5.3.3 Frequências e percentuais das ações dos alunos (GE vs GC)

A Tabela 10 resume as ações discentes registradas no COPUS adaptado. Novamente, os percentuais são calculados *dentro do total de ocorrências* do respectivo grupo, indicando a composição do repertório de ações observado.

No Grupo Experimental, sobressaem códigos associados à participação ativa e prática (EXP, PROG, Prd), além de colaboração e trabalho em grupo (COL, WG) e de discussão coletiva (CG). Também aparecem com frequência ações de questionamento (ASK, AnQ) e de organização em grupo (OG), coerentes com uma dinâmica mais centrada na resolução de tarefas e na interação. No Grupo Controle, por sua vez, destaca-se a presença de códigos associados a momentos mais passivos/centrados na condução do professor (especialmente TQ), acompanhados de menor intensidade de colaboração e trabalho em grupo, e de ocorrências de atividade individual (Ind).

5.3.4 Engajamento ao longo do tempo (baixo/médio/alto) e comparação entre grupos

Para sintetizar a dinâmica global de participação, cada intervalo de observação foi classificado em baixo, médio ou alto nível de engajamento. A classificação foi realizada pelo observador COPUS ao final de cada intervalo de cinco minutos, com base na dedi-

Tabela 10 – COPUS (alunos): frequências absolutas e percentuais por código (GC vs. GE).
Percentuais calculados no total de ocorrências por grupo.

Ação dos alunos	Controle (GC)		Robótica (GE)	
	Abs.	%	Abs.	%
Colaboração (COL)	9	16,4	17	14,5
Trabalho em Grupo (WG)	9	16,4	17	14,5
Discussão Interativa (CG)	7	12,7	10	8,5
Teste/Quiz (TQ)	10	18,2	–	–
Experimentação Prática (EXP)	–	–	17	14,5
Outra Atividade em Grupo (OG)	–	–	10	8,5
Resposta ao Professor (AnQ)	6	10,9	9	7,7
Discussão em Classe (WC)	5	9,1	9	7,7
Pensamento Individual (Ind)	5	9,1	–	–
Observação/Reflexão (OBS)	3	5,5	7	6,0
Escuta (Esc)	1	1,8	–	–
Programação (PROG)	–	–	7	6,0
Questionamento (ASK)	–	–	7	6,0
Previsão de Experimento (Prd)	–	–	7	6,0
Total	55	100,0	117	100,0

Fonte: Elaboração própria (2025), a partir dos registros COPUS adaptados.

cação visível dos estudantes nesse momento. Na prática, o observador contava quantos alunos estavam focados na atividade e quantos estavam dispersos, calculando a proporção em relação ao total de estudantes presentes: baixo quando menos de 20% mostravam participação ativa, médio quando entre 20% e 80% estavam envolvidos, e alto quando mais de 80% participavam de forma ativa. Originalmente, as gravações em vídeo seriam utilizadas como apoio a esse registro; contudo, conforme discutido no Capítulo 3, o material audiovisual foi desconsiderado por questões éticas, e a classificação do engajamento ficou integralmente a cargo da observação direta em sala. Em cada intervalo, múltiplas ações de diferentes alunos eram contabilizadas simultaneamente, de modo que o registro refletia a soma das ações observadas no período. Os critérios operacionais completos e as orientações para a redução do viés do observador estão detalhados no manual de anotações (Apêndice D). A Tabela 11 apresenta a distribuição desses níveis por grupo.

No Grupo Controle, a maior parte dos intervalos foi classificada como engajamento médio, com presença não desprezível de engajamento alto e ocorrência pontual de engajamento baixo. Já no Grupo Experimental, observa-se forte concentração de intervalos em engajamento alto, com pequena parcela em engajamento médio e ausência de intervalos em engajamento baixo. Em termos proporcionais, o Experimental concentrou 82,4% de intervalos de alto engajamento, ao passo que no Controle essa proporção foi de 30,0%.

A título de verificação complementar, aplicou-se o teste de Mann–Whitney U (bicaudal) aos níveis ordinais de engajamento registrados em cada intervalo (Baixo= 0, Médio= 1, Alto= 2). O resultado indicou diferença significativa ($U = 39,0$, $p = 0,007$), com mediana superior no Grupo Experimental ($Md = 2,0$) em relação ao Grupo Controle ($Md = 1,0$). Esse resultado deve ser interpretado com cautela, uma vez que os intervalos de observação não são independentes entre si (são medições repetidas ao longo das mesmas aulas) e o número de intervalos registrados difere entre as condições ($n_{GC} = 10$, $n_{GE} = 17$), em razão do encerramento antecipado de atividades em algumas sessões do Grupo Controle. Ainda assim, o teste reforça, como indicativo adicional, o padrão descritivo de engajamento mais elevado e consistente na condição com robótica, em consonância com a H2 (Seção 1.4).

Tabela 11 – Distribuição dos níveis de engajamento por grupo (frequência e percentual).

Nível	Controle (GC)		Robótica (GE)	
	Abs.	%	Abs.	%
Baixo	1	10,0	0	0,0
Médio	6	60,0	3	17,6
Alto	3	30,0	14	82,4
Total de intervalos	10	100,0	17	100,0

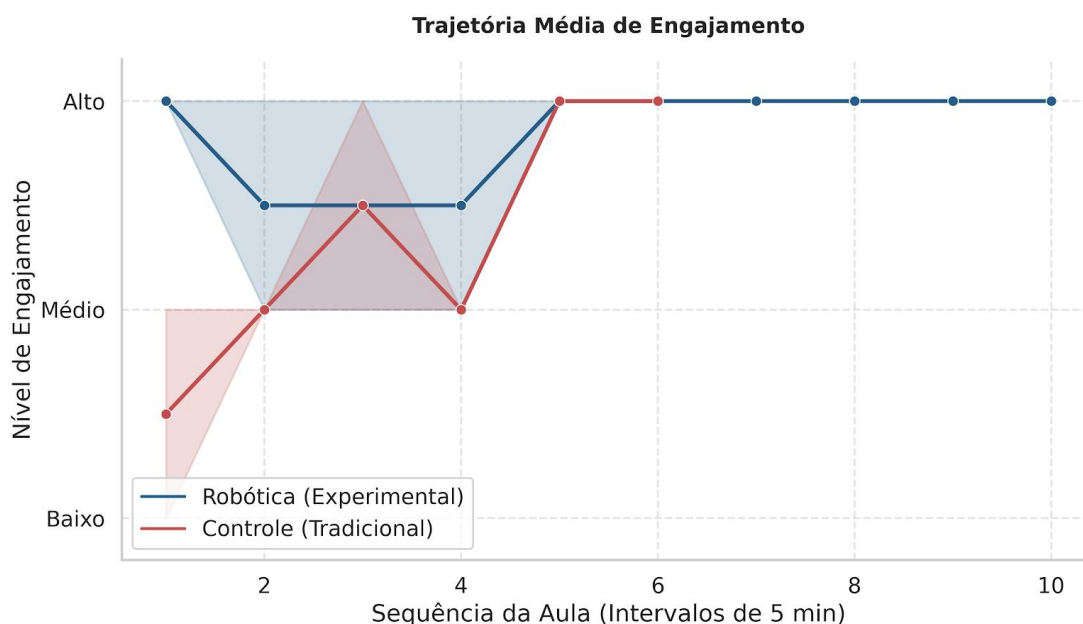
Fonte: Elaboração própria (2025), a partir dos registros COPUS adaptados.

Complementarmente ao resumo global, a Figura 18 apresenta o engajamento ao longo do tempo, evidenciando variações ao longo dos intervalos e sinalizando picos e quedas associados a transições didáticas (explicação, execução prática, discussão e reorganização).

Cabe ressaltar que o Grupo de Robótica apresenta um maior número de intervalos registrados na figura. Isso não decorre de maior tempo de aula ou de priorização dessa condição, mas de uma diferença operacional no encerramento das atividades: no Grupo Controle, por seguir o formato tradicional, a tarefa foi concluída mais cedo em algumas sessões, reduzindo o número de intervalos observáveis até o término da atividade. Ainda assim, o tempo destinado à prática foi equivalente entre as condições, com duas aulas de 50 minutos para cada grupo.

O desvio padrão representado na figura evidencia a variabilidade do engajamento entre as sessões observadas em cada grupo. No Grupo Experimental, a faixa de dispersão é

Figura 18 – Engajamento ao longo do tempo (baixo/médio/alto) por grupo, em intervalos de 5 minutos. A faixa sombreada representa o desvio padrão entre as sessões observadas.



Fonte: Autoria própria (2025).

mais estreita, indicando que o nível de engajamento se manteve consistentemente elevado ao longo das aulas. No Grupo Controle, por sua vez, o desvio padrão é mais amplo, refletindo maior oscilação entre os intervalos de engajamento médio e alto, o que é compatível com uma dinâmica de sala mais dependente de momentos pontuais de condução do professor.

5.3.5 Síntese dos achados interacionais

Em conjunto, os registros observacionais (COPUS adaptado) apontam que as duas condições produziram *experiências de sala* diferentes, não apenas no “que foi feito”, mas no *modo* como o trabalho se organizou durante a aula.

No Grupo Experimental (Robótica), o papel do professor aparece principalmente como o de quem *acompanha o fazer*: as ocorrências se concentram em ROB e SCI, somadas a ações de mediação/gestão (MG) e interações 1o1 (Tabela 9). Esse conjunto sugere uma rotina mais próxima de “rodadas” de orientação, teste, ajuste e continuidade: o professor circula, observa o que está acontecendo, intervém quando necessário, demonstra/explica algo pontualmente (D/V) e devolve a condução aos grupos. Em termos práticos, isso

tende a deslocar o centro da aula do quadro para as bancadas e do discurso contínuo para intervenções curtas que destravam a tarefa e mantêm o trabalho andando.

No Grupo Controle, embora também existam momentos de mediação e interações 1o1 (MG e 1o1), aparece com mais força um repertório típico de condução tradicional (PQ, RtW, Lec e CQ; Tabela 9). Na prática, isso costuma organizar a participação discente em torno de um fluxo mais linear: o professor pergunta/explica, registra no quadro e a turma acompanha, respondendo quando solicitada. Esse formato não é “pior” por definição, mas tende a produzir menos situações em que os estudantes precisem decidir caminhos, testar alternativas e negociar soluções enquanto fazem, elementos que, no desenho da intervenção com robótica, fazem parte do próprio mecanismo de aprendizagem.

Os padrões observados entre os estudantes reforçam essa diferença na organização da atividade (Tabela 10). Na Robótica, além de trabalho em grupo e colaboração (WG e COL), aparecem com alta frequência marcas diretamente ligadas à ação prática (EXP) e à produção associada à tarefa (PROG e Prd), acompanhadas por episódios de questionamento (ASK) e de organização do grupo (OG). Em outras palavras, a participação discente se expressa como “gente fazendo junto”: os alunos se dividem, testam, conversam, voltam ao problema e constroem a resposta no próprio processo. No Controle, ainda que haja colaboração e trabalho em grupo (COL e WG) e discussão (CG), observa-se a presença relevante de códigos compatíveis com uma dinâmica mais centrada na condução do professor (especialmente TQ), além de ocorrências de atividade individual (Ind) e de escuta (Esc). Isso sugere uma sala em que parte importante do engajamento ocorre na forma de acompanhamento/resposta a demandas mais direcionadas, e menos como exploração prática distribuída.

Essa distinção fica particularmente clara na Figura 19, que resume visualmente a “assinatura pedagógica” de cada condição ao contrapor uma zona de aprendizagem ativa (EXP, WG, COL), mais associada à Robótica, e uma zona de instrução mais passiva (por exemplo, RtW, TQ e L), mais associada ao Controle. A leitura dessa figura ajuda o leitor a perceber que as diferenças não são apenas quantitativas (mais/menos códigos), mas também qualitativas: elas descrevem *dois modos de sala* que colocam demandas diferentes sobre o estudante.

O indicador sintético de engajamento converge com essa interpretação (Tabela 11). O Grupo de Robótica concentra a maior parte dos intervalos em alto engajamento, enquanto

o Controle apresenta predominância de engajamento médio e maior variação entre os intervalos. Importa notar que o maior número de intervalos registrados na Robótica não deve ser lido como “mais tempo de aula” para essa condição: em algumas sessões do Controle, a atividade se encerrou mais cedo por exigir menos tempo operacional, reduzindo o total de intervalos observáveis até o término. Ainda assim, ambas as condições receberam o mesmo tempo destinado à prática (duas aulas de 50 minutos por grupo).

Em síntese, o COPUS adaptado sugere que a intervenção com robótica promoveu uma dinâmica mais ativa e distribuída entre os estudantes, com o professor atuando como mediador do processo, enquanto o formato tradicional organizou a participação de modo mais centrado na condução docente. Esses achados interacionais não “provam” sozinhos a aprendizagem, mas ajudam a explicar por que, ao lado dos resultados cognitivos (Seções 5.2.2 e 5.2.3), faz sentido interpretar a Robótica como um ambiente com mais oportunidades de participação, experimentação e produção, condições que, teoricamente, favorecem dimensões cognitivas mais complexas. Os formulários completos do questionário TAM, incluindo o tipo e a forma das perguntas aplicadas aos docentes, estão disponíveis nos Apêndices J (pré-uso) e K (pós-uso).

5.4 Resultados perceptivos dos docentes (TAM)

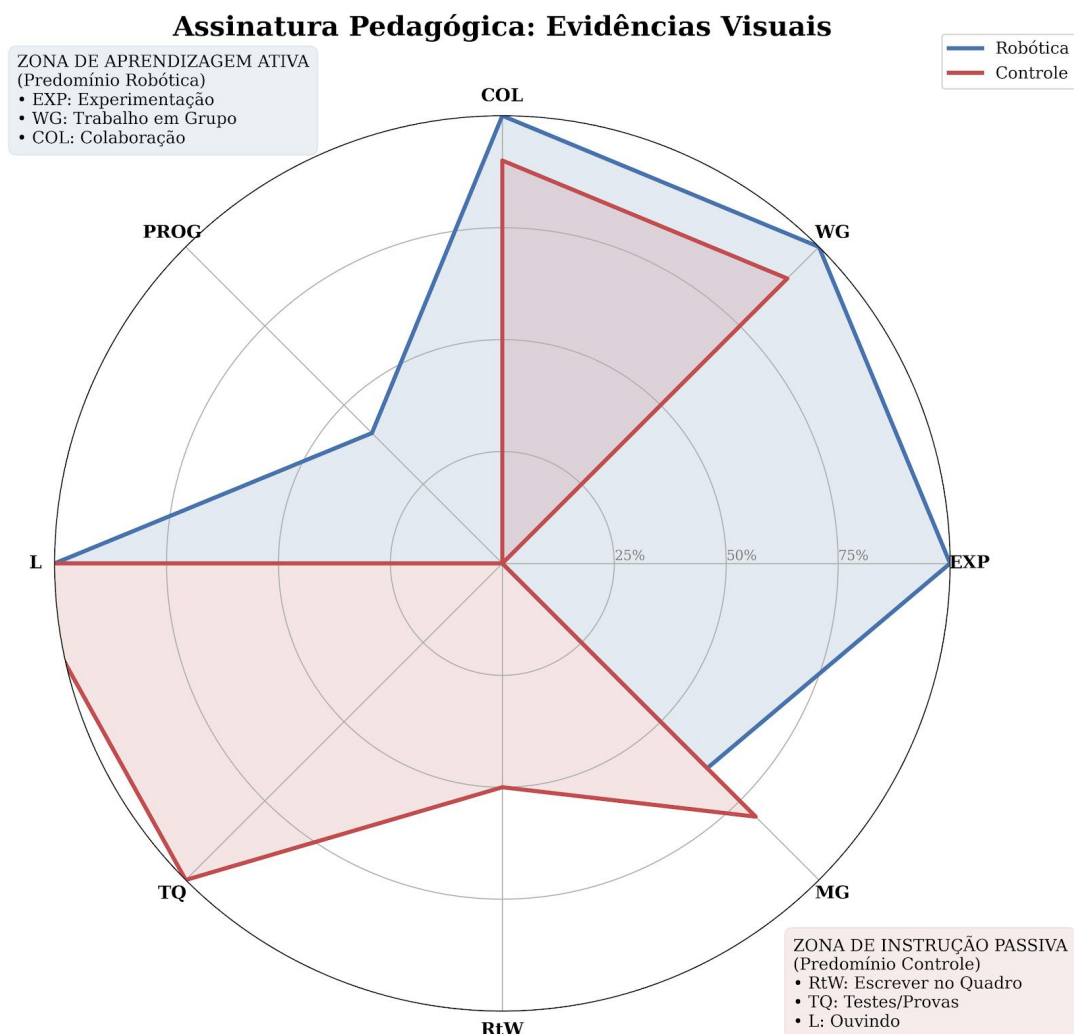
Esta seção reúne as percepções docentes sobre o uso do SCIENCE e a adoção da robótica educacional, organizadas segundo o *Technology Acceptance Model* (TAM). Os resultados são apresentados de modo a evidenciar tanto a aceitação percebida (utilidade, facilidade e intenção de uso) quanto os fatores práticos apontados como condicionantes à implementação em sala.

5.4.1 Perfil docente e momento de aplicação (diagnóstico e pós-uso)

O instrumento TAM (itens fechados e respostas abertas) foi aplicado em dois momentos: (i) diagnóstico (pré-uso) e (ii) pós-uso (após interação com o SCIENCE). Para fins éticos, os docentes são identificados como D1–D4.

A amostra reúne perfis distintos: docentes de Matemática e de Programação, com variações na familiaridade com tecnologias e na experiência prévia com robótica educacional. Essa heterogeneidade é relevante porque permite observar não apenas a aceitação do

Figura 19 – Assinatura pedagógica: evidências visuais comparando padrões de aprendizagem ativa (Robótica) e instrução mais passiva (Controle), a partir dos códigos observacionais.



Fonte: Autoria própria (2025), com base nos registros COPUS adaptados.

Tabela 12 – Perfil docente (anonimizado) a partir do diagnóstico TAM.

Docente	Área	Perfil resumido (diagnóstico)
D1	Programação	Familiaridade alta com tecnologia; conhecimento em robótica avaliado como razoável.
D2	Matemática	Pouco uso prévio de tecnologia em sala; percepção inicial de desafios ligados à programação e à capacitação.
D3	Matemática	Uso de computador; já conhecia robótica educacional; destaca necessidade de formação e de recursos.
D4	Programação	Familiaridade com tecnologia; aponta limitações de infraestrutura e de tempo curricular como condicionantes.

Fonte: Elaboração própria (2025), a partir do TAM docente.

SCIENCE, mas também *em que medida* ele reduz as barreiras iniciais (planejamento/organização da aula) e *quais barreiras permanecem* (formação, infraestrutura e currículo).

5.4.2 Resultados por construto do TAM e comparação pré-uso vs. pós-uso

No pré-uso, o grupo já sinaliza um terreno favorável à adoção: não há resistência ao uso de tecnologias e há percepção positiva sobre a robótica como estratégia para aproximar teoria e prática. Essa disposição inicial se expressa em itens de concordância ampla quanto ao valor pedagógico da robótica e à sua contribuição para a aprendizagem.

O ponto crítico do diagnóstico, porém, não é rejeição, e sim *autoeficácia*. Antes do contato com o SCIENCE, a capacidade percebida de elaborar e conduzir uma aula prática com robótica aparece como incerta (respostas do tipo “talvez”/“não”/“possivelmente”), sugerindo que a intenção existe, mas o docente não se sente plenamente pronto para transformar essa intenção em aula concreta sem apoio.

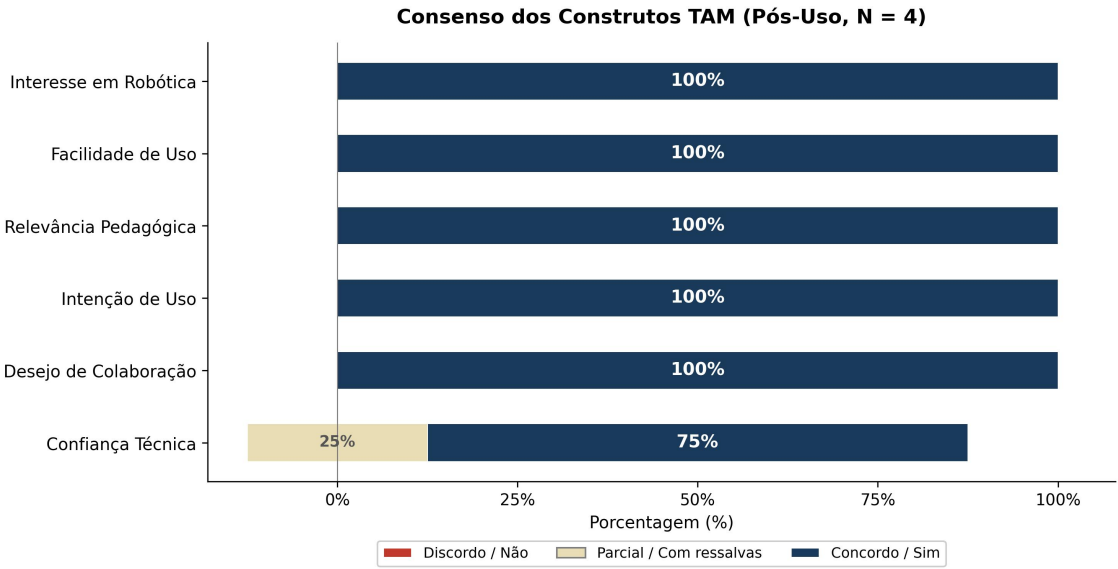
No pós-uso, observa-se um deslocamento consistente: o SCIENCE tende a atuar como *ponte de implementação*. Após a interação, os docentes mantêm a intenção de uso e avaliam positivamente as dimensões centrais da adoção. Em particular, a síntese visual do pós-uso (Figura 20) mostra a aprovação plena para *facilidade de uso*, *relevância pedagógica*, *intenção de uso* e *desejo de colaboração*, enquanto a *confiança técnica* é alta, mas não total. A leitura interpretativa é que o sistema é bem aceito como apoio para planejar e iniciar a prática, mas a autonomia plena para lecionar robótica permanece condicionada ao repertório docente (sobretudo em programação) e às condições de infraestrutura.

A comparação pré vs. pós fica especialmente evidente em dois eixos, sintetizados na Tabela 13: (i) *planejar* uma aula com robótica e (ii) *conduzir* a aula em sala. No pré, predomina a incerteza; no pós, aumenta a percepção de viabilidade *com apoio do SCIENCE* (inclusive quando o docente ressalta que seria “de forma superficial”), indicando um ganho de operacionalização: o sistema reduz o custo de entrada e torna o “primeiro passo” mais plausível.

5.4.3 Comentários e itens abertos (quando aplicável)

No diagnóstico inicial (pré-uso), as respostas abertas já sinalizavam o terreno em que o SCIENCE seria recebido. Quanto à *relevância curricular* da robótica, os docentes destacaram sua capacidade de “fazer ligação com a teoria”, de ser “excelente” como estratégia e de contribuir para “manter alunos e professores atualizados”. Quanto às *dificuldades antecipadas*, os registros convergiram para três pontos recorrentes: o domínio

Figura 20 – Consenso dos construtos perceptivos no pós-uso (TAM): facilidade de uso, relevância pedagógica, intenção de uso e colaboração com aprovação plena; confiança técnica com aprovação alta, porém não total (N=4).



Fonte: Autoria própria (2025), com base no TAM docente.

Tabela 13 – Comparação síntese (pré-uso vs. pós-uso): autoeficácia docente para planejar e lecionar robótica.

Dimensão	Diagnóstico (pré-uso)	Pós-uso (após SCIENCE)
Elaborar aula prática com robótica	Predomínio de respostas de incerteza (<i>talvez/não/possivelmente</i>).	Aumenta a percepção de viabilidade com apoio do sistema (ex.: “sim”, ainda que superficial).
Lecionar aula prática com robótica	Baixa autoeficácia/segurança inicial para conduzir a aula sem apoio.	Maior segurança em parte do grupo, mas persiste a ressalva de necessidade de conhecimento prévio (programação) e de condições materiais.

Fonte: Elaboração própria (2025), a partir do TAM docente.

da programação (citado por dois docentes como o aspecto mais difícil), a necessidade de capacitação profissional específica e restrições associadas à falta de material e ao encaixe de determinados conteúdos. Já em relação à *autoeficácia prévia* para elaborar e lecionar aulas práticas com robótica, predominaram respostas de incerteza (“talvez”, “não”, “possivelmente”), reforçando que, antes da experiência com o sistema, os docentes reconheciam o valor pedagógico da robótica, mas não se sentiam plenamente capazes de operacionalizá-la em sala. Esse panorama inicial é importante porque estabelece o contraste com as respostas abertas do pós-uso, nas quais as sugestões assumem um caráter mais operacional e focado no próprio sistema, indicando um deslocamento de “incerteza sobre como começar” para “definição do que ajustar para sustentar o uso”.

Do lado do *SCIENCE*, as sugestões de melhoria possuem caráter operacional e evolutivo, reforçando que o sistema é percebido como uma ferramenta útil ao planejamento docente. Além das marcações objetivas, os registros qualitativos detalham as condições para um uso contínuo. A Tabela 14 sintetiza as respostas aos itens abertos do pós-uso, das quais se destacam três frentes principais:

- (a) **Melhoria no tempo de resposta:** otimização do carregamento e fluidez da navegação;
- (b) **Atualização do acervo:** criação de um espaço para inserção de novos planos por profissionais da área, adequando a ferramenta às necessidades reais da sala de aula;
- (c) **Sustentação a longo prazo:** ampliação do catálogo de aulas para uso frequente, superando o estágio de testes pontuais.

É relevante situar essas demandas no histórico evolutivo do sistema. Uma validação anterior baseada no TAM, conduzida por Silveira (SILVEIRA *et al.*, 2022) com 20 professores em contexto exclusivamente perceptivo (sem aplicação dos planos em sala), havia identificado três categorias principais de problemas: (i) queixas relativas ao visual, à formatação dos textos e à organização das informações nas páginas de plano de aula; (ii) falhas na ferramenta de busca, com retornos divergentes do esperado mesmo em buscas guiadas; e (iii) limitação do acervo, restrito a planos de matemática do Ensino Fundamental II, o que levou 75% dos participantes a considerar insuficiente a quantidade de aulas disponíveis.

Comparando essas demandas com as atualizações realizadas neste trabalho (detalhadas no Capítulo 4), observa-se que parte significativa dos problemas reportados na

validação anterior foi diretamente endereçada. A reestruturação completa do *front-end* respondeu às queixas de visual e organização, modernizando a interface e tornando a navegação mais coesa. A adoção da *Router API* como camada de integração centralizou as rotas de serviço e unificou os *back-ends* dispersos, reduzindo inconsistências na busca e na comunicação entre módulos. Além disso, a padronização dos artefatos pedagógicos e a reorganização do fluxo de geração de planos de aula atenderam diretamente à necessidade de maior clareza na apresentação das informações. Outra limitação apontada por Silveira (SILVEIRA *et al.*, 2022) era que a validação se restringia à percepção teórica dos professores, sem que os planos fossem efetivamente aplicados em sala de aula. No presente estudo, essa lacuna foi superada: os planos foram utilizados em contexto escolar real, com acompanhamento observacional e coleta multimétodo, permitindo avaliar não apenas a aceitação percebida, mas também o funcionamento do sistema em condições reais de uso.

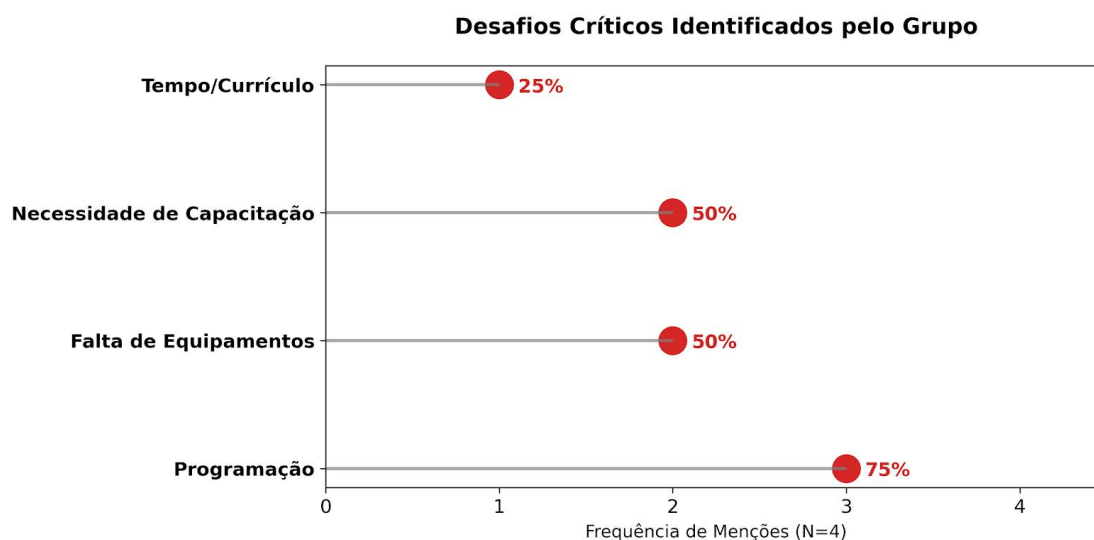
Por outro lado, algumas demandas permanecem em aberto e reaparecem entre os itens abertos desta validação. A limitação do acervo, embora reconhecida, não foi plenamente resolvida: o catálogo ainda é restrito, e os docentes reforçam a necessidade de ampliar a quantidade e a diversidade dos planos para sustentar o uso contínuo. Da mesma forma, a sugestão de um espaço colaborativo para a inserção de novos planos por profissionais da área, já implícita na validação anterior, reaparece explicitamente como condição para maior aderência ao contexto real.

É importante ressaltar que a queixa de *lentidão* está fortemente associada às limitações da hospedagem gratuita utilizada durante a pesquisa (instâncias da Render que podem “adormecer”), conforme detalhado em Capítulo 4. Portanto, tal percepção afeta a experiência de “primeiro contato”, mas não representa um problema estrutural no desenho pedagógico ou na arquitetura do *SCIENCE*. Ainda assim, trata-se de um ponto que não pode ser ignorado caso se deseje colocar o sistema em produção: a percepção de lentidão compromete diretamente a disposição de uso contínuo e constitui um indicativo concreto da necessidade de investimento em infraestrutura de hospedagem. Essa distinção indica que a adoção da ferramenta tende a se fortalecer à medida que ela amadurece, incorpora ajustes solicitados por quem a utiliza em contexto real e passa a contar com uma infraestrutura compatível com o uso em escala.

Os itens abertos reforçam que a adoção, para além de “gostar da ideia”, depende de um ecossistema mínimo de implementação. Ao detalharem justificativas e sugestões (Ta-

bela 14), os docentes apontam que a robótica tende a se sustentar quando há: (i) capacitação docente e domínio mínimo de programação, (ii) disponibilidade de infraestrutura/equipamentos e (iii) encaixe no tempo escolar e no currículo. Esse conjunto de condicionantes converge no mapa de barreiras (Figura 21), sugerindo que o gargalo principal não é a rejeição do recurso, mas a possibilidade de mantê-lo como prática regular.

Figura 21 – Barreiras recorrentes citadas para adoção da robótica/SCIENCE (visão do grupo): capacitação, programação, infraestrutura/equipamentos e encaixe no currículo/tempo.



Fonte: Autoria própria (2025), com base no TAM docente.

5.4.4 Síntese dos achados perceptivos

Em síntese, os resultados do TAM indicam que o *SCIENCE* foi percebido como uma tecnologia *aceitável* e *viável* para apoiar a adoção de robótica educacional, sobretudo por reduzir o custo inicial de planejamento e organização da aula. Essa aceitação se expressa no consenso observado no pós-uso (Figura 20), em que dimensões ligadas à usabilidade e ao propósito pedagógico (facilidade de uso, relevância, intenção de uso e colaboração) apresentam aprovação plena, sugerindo baixo atrito para *começar a usar* a ferramenta.

É possível situar esse resultado em uma trajetória evolutiva de aceitação que acompanha o amadurecimento do próprio sistema. Na primeira validação, conduzida por Passos (PASSOS, 2021) com 11 professores de matemática em contexto remoto (durante a

Tabela 14 – Itens abertos do TAM (pós-uso): respostas objetivas e justificativas (além de Sim/Não).

Item	Pergunta (pós-uso)	Resposta	Opiniões / justificativas (exemplos)
5.1	Adequação dos planos de aula às necessidades do professor	<i>Em parte</i>	“O ideal seria um espaço para atualização ou inserção de novos planos, inseridos por profissionais da área” (sugere curadoria contínua e atualização colaborativa para melhor aderência ao contexto real).
5.2	Quantidade de aulas disponibilizadas pelo sistema	<i>Não (para uso real)</i>	“Para testes, sim; para uso real, precisa de mais dados” (aponta necessidade de ampliar quantidade/diversidade de planos para sustentar uso continuado).
5.3	Problemas enfrentados e sugestões de melhoria	<i>Sim</i>	“A lentidão, especialmente no carregamento” (aponta o tempo de resposta do sistema como principal fricção de uso, associada às limitações da hospedagem gratuita utilizada durante a pesquisa).

Fonte: Elaboração própria (2025), a partir do TAM docente (pós-uso).

pandemia de COVID-19), o SCIENCE já demonstrava aceitação positiva quanto à utilidade percebida, mas as limitações de amostra, o formato exclusivamente remoto e a restrição a uma única disciplina reduziam o alcance das conclusões. Na segunda validação, Silveira (SILVEIRA *et al.*, 2022) ampliou a amostra para 20 professores de ciências exatas e naturais, em escolas públicas e privadas, e identificou tanto a manutenção da percepção de utilidade quanto problemas concretos de usabilidade (interface, busca e acervo restrito). Contudo, ambas as validações compartilhavam uma limitação central: os planos de aula não foram aplicados em sala, de modo que a aceitação permaneceu no plano da percepção teórica.

No presente estudo, essa limitação foi superada. Embora a amostra docente seja menor (4 professores), a validação ocorreu em contexto de uso real: os planos foram efetivamente utilizados em sala de aula, com acompanhamento observacional e coleta multimétodo. Isso permite interpretar a aceitação não apenas como intenção, mas também

como percepção fundamentada na experiência concreta de planejamento e condução de aulas com o sistema. Além disso, as atualizações técnicas realizadas no *front-end* e na arquitetura de integração (Capítulo 4) responderam diretamente a problemas identificados nas validações anteriores, o que se reflete na aprovação plena de construtos como a facilidade de uso e a relevância pedagógica no pós-uso atual.

Em termos evolutivos, portanto, observa-se uma progressão consistente: de uma aceitação inicial promissora mas limitada por contexto remoto e amostra restrita (Passos, 2021), passando por uma ampliação de escopo que revelou gargalos de usabilidade (Silveira, 2022), até uma validação em condições reais que confirma a aceitação e delimita, com maior precisão, os condicionantes que ainda persistem para adoção sustentada —notadamente formação docente em programação, infraestrutura de hospedagem e ampliação do acervo de planos.

O ponto central, entretanto, não é apenas a aprovação dos construtos: é o *tipo de confiança* que emerge. A confiança técnica alta, porém não total (Figura 20), ajuda a interpretar que o sistema é visto como um *apoio* e um *ponto de partida*, isto é, ele aumenta a capacidade percebida de estruturar uma aula, mas não elimina, por si só, as exigências de domínio docente (especialmente de programação) e de condições materiais para conduzir atividades com estabilidade.

Essa leitura fica mais nítida ao se examinar a Tabela 13, que sintetiza o deslocamento da autoeficácia docente entre o pré-uso e o pós-uso em dois eixos centrais. No eixo de *elaboração de aula prática com robótica*, o diagnóstico inicial revelou predomínio de respostas de incerteza (“talvez”, “não”, “possivelmente”), indicando que os docentes reconheciam o valor da robótica, mas não se sentiam capazes de transformar essa intenção em um planejamento concreto. Após a interação com o SCIENCE, esse cenário se desloca: os docentes passam a relatar viabilidade para elaborar a aula com apoio do sistema, ainda que um deles ressalve que o faria “de forma superficial”. Essa ressalva é significativa porque explicita que o ganho não é de domínio pleno, mas de operacionalização — o sistema reduz o custo do primeiro passo sem substituir a necessidade de aprofundamento.

No eixo de *lecionar a aula em sala*, o padrão é semelhante, mas com uma nuance importante. No pré-uso, a autoeficácia para conduzir a atividade era baixa, associada à insegurança de estar diante da turma com um recurso que o docente não dominava tecnicamente. No pós-uso, parte do grupo relata maior segurança, mas a ressalva de

necessidade de conhecimento prévio em programação e de condições materiais persiste. Isso sugere que o *SCIENCE* atua como mediador entre a intenção e a ação, ele organiza o que será feito e como será feito, mas a execução fluida depende de um repertório docente mínimo e de infraestrutura funcional.

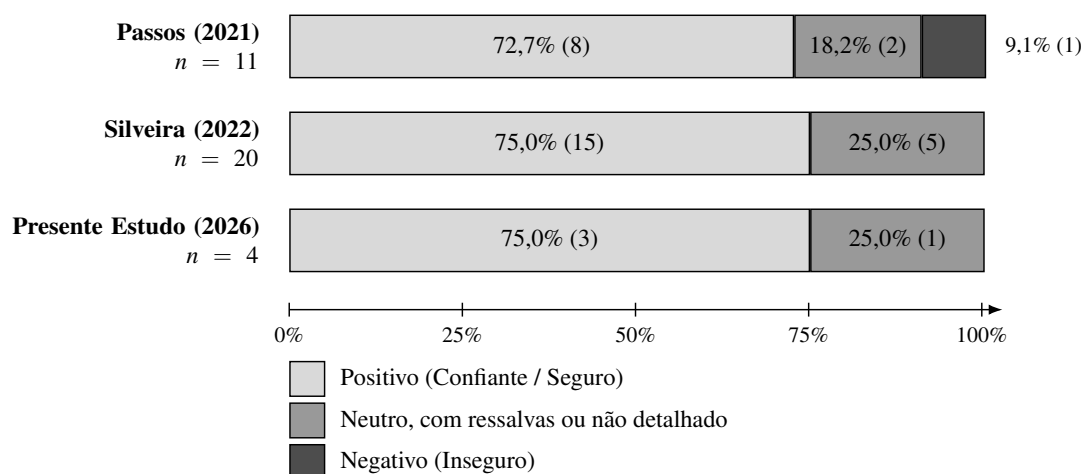
Esse padrão converge com o que foi observado nas validações anteriores (SILVEIRA *et al.*, 2022): mesmo quando a aceitação é alta e a utilidade reconhecida, a autonomia para conduzir robótica em sala permanece condicionada a fatores que o sistema, sozinho, não resolve. A diferença é que, neste estudo, essa constatação emerge de uma experiência real de uso, e não apenas de uma percepção teórica.

Assim, a leitura integrada dos resultados, reforçada pela comparação histórica apresentada na Figura 22, indica que o *SCIENCE* opera como uma *ponte de implementação*: transforma uma intenção genérica de uso de robótica em um caminho de planejamento mais concreto.

Observa-se que o índice de confiança técnica dos docentes para lecionar com o sistema mantém-se consistente entre 72% e 75% ao longo das sucessivas validações do software, medido por questões análogas sobre autoeficácia e segurança para conduzir aulas práticas de robótica¹ (#TF13); em Silveira (2022), à percepção de segurança para ministrar aulas com RE (ID 5.3). Os construtos são correlatos, mas formulados de forma distinta em cada instrumento, o que favorece a colaboração e reduz o custo do “primeiro passo”. Para que essa intenção se converta em uso sustentado, porém, os dados indicam a necessidade de combinar a ferramenta com suporte formativo curto e aplicado à sala, além de condições mínimas de infraestrutura e de planejamento curricular.

¹ Em Passos (2021), a questão corresponde a “consequiria lecionar uma aula prática utilizando RE?”

Figura 22 – Comparativo das respostas a questões análogas do questionário TAM sobre confiança e segurança técnica dos docentes para lecionar aulas práticas com robótica.



Fonte: Elaboração própria (2026). Questões análogas, não idênticas entre os instrumentos: Passos (2021) — #TF13; Silveira (2022) — ID 5.3.

5.5 Triangulação dos resultados

Esta seção integra as evidências produzidas pelos três eixos do estudo, a saber: (i) aprendizagem discente (pré/pós-teste), (ii) interação em sala (COPUS adaptado) e (iii) percepção docente (TAM), com o objetivo de oferecer uma leitura unificada do experimento. A triangulação é especialmente relevante porque o trabalho não investiga apenas *se* houve mudança, mas *como* a intervenção se comporta em condições reais de implementação, articulando desempenho, dinâmica de aula e condições percebidas de adoção.

5.5.1 Convergências entre evidências (aprendizagem, interação e percepção)

No conjunto, as três fontes convergem para uma mesma narrativa: a intervenção com robótica mediada pelo SCIENCE tende a favorecer um ambiente de aprendizagem mais *ativo* e *operacionalizável*, ainda que sua sustentação dependa de condições institucionais.

Do ponto de vista cognitivo, a maior separação entre as condições ocorre na dimensão M3 (Avaliar/Criar), exclusiva do pós-teste, na qual o Grupo Experimental (robótica) apresenta vantagem descritiva (Seção 5.2). Esse resultado é coerente com a ideia de que atividades práticas e investigativas tendem a abrir mais espaço para *produção*, *argumentação* e *reflexão*, isto é, exigências cognitivas de maior complexidade (BLOOM,

1956; ANDERSON; KRATHWOHL, 2001).

Ainda que M1 e M2 exibam diferenças menores (e que M2 demande leitura cautelosa por envolver maior transferência e justificativa), o padrão em M3 sustenta o **Objetivo 3**, que busca analisar as evidências de impacto educacional associadas à intervenção. Esse cenário também se mantém quando se observa o grau de completude das produções: em média, o grupo com acesso à robótica tendeu a entregar respostas mais desenvolvidas, com maior detalhamento e melhor organização da proposta criada, possivelmente por ter vivenciado uma atividade que exige esse repertório durante a intervenção.

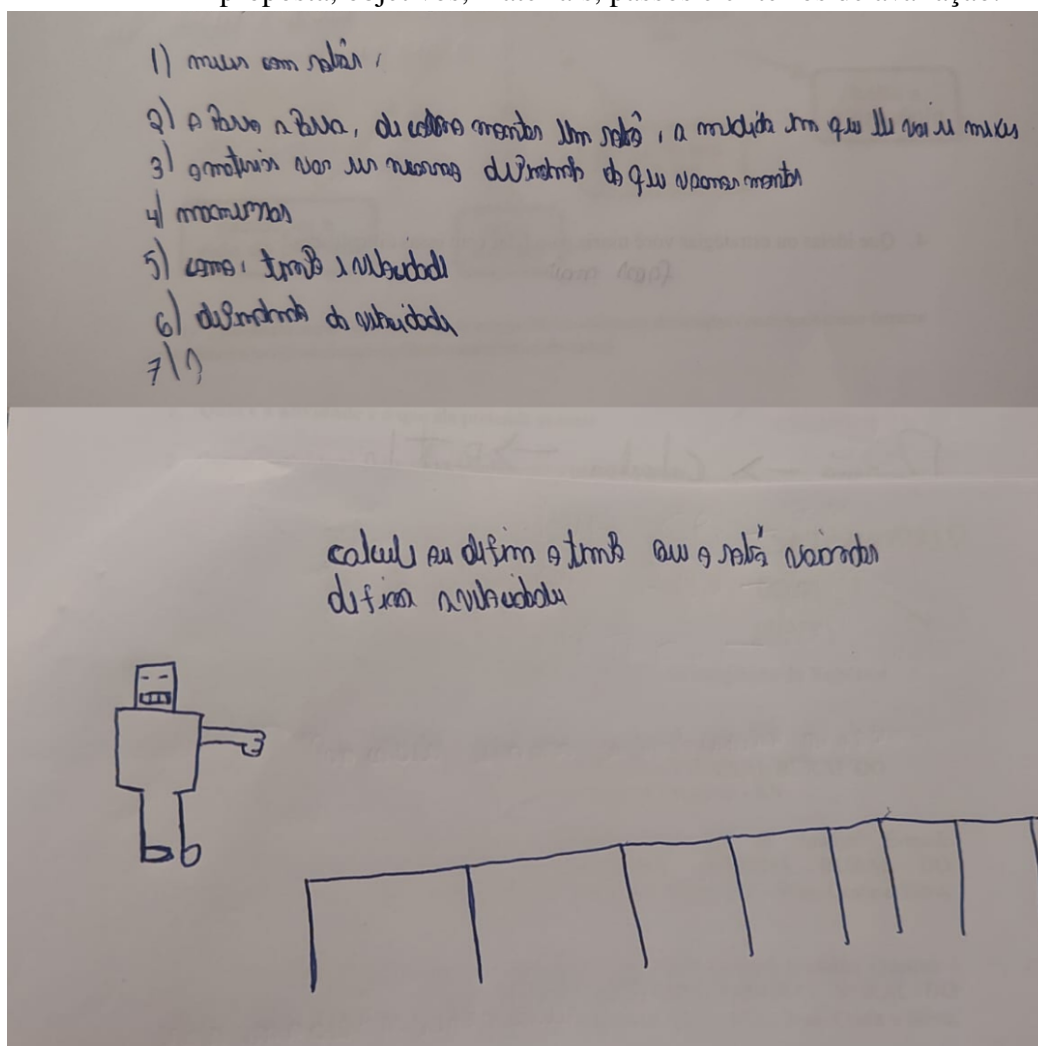
A Figura 23 ilustra um exemplo de material coletado no Grupo Experimental, evidenciando esse padrão de resposta mais *construtiva* no componente de criação. Para transparência, um exemplo completo de pré e pós-teste de participantes de ambos os grupos está disponível no Apêndices H e I.

A evidência observacional (COPUS adaptado) reforça esse mecanismo: no Grupo Experimental, os códigos discentes se concentram em ações de participação ativa e prática (como experimentação, produção e colaboração), enquanto, no Controle, há maior presença de marcas compatíveis com uma condução mais centrada no professor (Seção 5.3). O indicador sintético de engajamento também converge: o Experimental concentra uma maior parcela de intervalos de alto engajamento, sugerindo que o ambiente criado pela intervenção oferece mais tempo útil de envolvimento ativo na tarefa. Essa convergência ajuda a explicar por que a dimensão M3, que depende de produção e argumentação, tende a ser mais sensível ao tipo de dinâmica observada.

Por fim, o eixo perceptivo (TAM) complementa a interpretação ao indicar uma aceitação docente robusta e a percepção de utilidade do SCIENCE como *ponte de implementação*. No pós-uso, a aprovação plena em construtos como facilidade de uso, relevância pedagógica e intenção de uso sugere baixo atrito para iniciar a adoção, o que é coerente com a hipótese de que a ferramenta reduz o custo inicial de planejamento e organização. Essa percepção sustenta diretamente a premissa do estudo, segundo a qual o SCIENCE é proposto como suporte para facilitar a adoção da robótica por docentes que, mesmo motivados, enfrentam barreiras de execução em sala de aula.

Em síntese, as convergências indicam que: (i) a intervenção favorece uma dinâmica mais ativa (COPUS), (ii) essa dinâmica é compatível com ganhos mais visíveis em tarefas de maior complexidade (M3), e (iii) o SCIENCE é percebido como um apoio viável para

Figura 23 – Exemplo de resposta discente no pós-teste (Grupo Experimental) na tarefa de criação de uma atividade prática de cálculo algébrico (M3), contemplando proposta, objetivos, materiais, passos e critérios de avaliação.



Fonte: Autoria própria (2025).

iniciar e organizar a prática, o que sustenta o objetivo de avaliar a ferramenta em contexto real por múltiplas lentes (TAM e COPUS) .

5.5.2 Divergências e possíveis explicações observacionais

Apesar da convergência geral, há divergências que ajudam a qualificar a interpretação. A primeira diz respeito ao fato de que o ganho mais claro ocorre em M3, enquanto M2 apresenta queda em ambos os grupos (Seção 5.2.4). Em vez de contradizer a intervenção, esse padrão pode refletir a natureza do instrumento: M2 exige transferência para uma situação aplicada e justificativa, o que aumenta a exigência cognitiva e torna a pontuação mais sensível à qualidade de argumentação. Assim, uma dinâmica mais ativa pode não

se traduzir automaticamente em uma melhora uniforme em todos os blocos, se a turma ainda estiver consolidando repertório formal de justificativa matemática. Em outras palavras, o *modo de participação* pode ter melhorado (COPUS) e a *confiança/viabilidade de planejamento* pode ter aumentado (TAM), mas isso não garante um desempenho superior imediato em um bloco que depende de uma escrita explicativa consistente e de um domínio procedimental estabilizado.

A segunda divergência aparece no TAM: embora a aceitação seja alta, a confiança técnica não é total e os itens abertos apontam condicionantes como formação, programação e infraestrutura. Isso introduz um limite importante: o SCIENCE reduz o custo do primeiro passo, mas a autonomia plena permanece dependente do ecossistema escolar, o que é coerente com o objetivo de identificar barreiras reais à adoção (Objetivo 3). Essa divergência, portanto, não é um problema; ela *delimita* o alcance da ferramenta: o diferencial do SCIENCE é operacionalizar o planejamento e apoiar a condução inicial, mas a consolidação requer suporte formativo e condições mínimas de implementação.

Por fim, há uma divergência de natureza operacional que precisa ser explicitada na leitura: as percepções de desempenho/tempo de resposta podem ter sido influenciadas pelas condições de hospedagem utilizadas na pesquisa (instância gratuita), afetando o “primeiro contato”. Esse ponto é relevante porque, embora não seja estrutural ao desenho pedagógico do SCIENCE, afeta a experiência em contexto escolar e pode modular a disposição para o uso continuado. Logo, parte das limitações percebidas explica-se mais pelo ambiente de implantação do protótipo do que pela proposta em si, o que reforça a necessidade de iteração e maturação técnica para uma adoção sustentável.

5.5.3 *Síntese integrada por questão/objetivo de pesquisa*

À luz da questão central do trabalho, *de que modo o SCIENCE pode facilitar o processo de ensino-aprendizagem apoiado em robótica educacional?*, a síntese integrada sugere três respostas complementares, alinhadas aos objetivos específicos.

Primeiro, quanto ao *efeito na aprendizagem*, o Grupo Experimental obteve desempenho descritivamente superior ao Grupo Controle nas três dimensões avaliadas no pós-teste: 11,5% em M1 (médias 2,71 vs. 2,43), 9,8% em M2 (médias 1,57 vs. 1,43) e 57,0% em M3 (médias 1,57 vs. 1,00). Contudo, nenhuma dessas diferenças se mostrou estatisticamente significativa ao nível de 5% pelo teste de Mann–Whitney U (M1: $p = 0,377$;

M2: $p = 0,789$; M3: $p = 0,186$), o que era esperado dado o tamanho amostral reduzido ($n = 7$ por grupo). Assim, os resultados devem ser lidos como tendências descritivas, com a maior separação entre as condições ocorrendo em M3, dimensão associada à reflexão crítica e à criação. Esse resultado atende ao objetivo de avaliar o desempenho discente por meio de pré/pós-teste e rubricas (Objetivo 3).

Segundo, quanto ao *modo de sala*, os registros COPUS sugerem que a robótica, com o SCIENCE como apoio, organizou a aula com maior participação ativa, colaboração e predominância de engajamento alto, enquanto o formato tradicional concentrou mais ações compatíveis com condução expositiva/direcionada. Um ponto importante é que essa dinâmica foi observada *sem a presença de um agente especializado em robótica em sala*: na intervenção, o único agente pedagógico foi o professor da turma (atuando como condutor/mediador), enquanto o pesquisador permaneceu como observador. Esse aspecto dialoga com uma dificuldade recorrente apontada na literatura e já problematizada anteriormente nesse trabalho, a dependência de suporte técnico especializado para viabilizar experiências com robótica em contexto escolar, e reforça o diferencial proposto pelo SCIENCE de favorecer maior autonomia docente no planejamento e condução das atividades.

Assim, essa evidência atende ao objetivo de avaliar a intervenção por observação estruturada (COPUS) (Objetivo 3) e ajuda a explicar por que os ganhos se manifestam com mais força em dimensões que exigem produção e elaboração: quando a aula é organizada em torno de *fazer, testar, discutir e justificar*, aumenta a chance de o estudante produzir respostas mais completas, especialmente em tarefas do tipo Avaliar/Criar.

Terceiro, quanto à *adoção docente*, o TAM indica aceitação robusta e percepção de viabilidade para iniciar a prática, sugerindo que o SCIENCE cumpre o papel de reduzir as barreiras iniciais de planejamento e organização, conforme previsto nas hipóteses do estudo. Ao mesmo tempo, os itens abertos delimitam o alcance: a adoção sustentada depende de formação, infraestrutura e encaixe curricular, o que atende tanto ao objetivo de mapear barreiras reais à implementação (Objetivo 3) quanto ao de avaliar em que medida as melhorias técnicas reduzem as fricções de uso no contexto escolar (Objetivo 4).

Em conjunto, a triangulação sustenta a interpretação de que o diferencial do SCIENCE não é “substituir” competência docente ou infraestrutura, mas atuar como *ponte de implementação*: ele organiza o planejamento, reduz o custo do primeiro passo e favorece a colaboração, enquanto o maior ganho ocorre quando a ferramenta é combinada com

suporte formativo e condições mínimas de escola, permitindo que intenção e motivação se convertam em uso regular.

5.6 Ameaças e Limitações deste estudo

Esta seção reúne as principais limitações identificadas durante a execução do estudo e na obtenção dos resultados. A ideia é deixar claro *até onde* os achados podem ser interpretados e quais fatores de campo podem ter influenciado as medidas, registrando também os cuidados adotados no próprio desenho do trabalho para manter a leitura o mais justa possível.

5.6.1 Restrições de amostra e janela de aplicação

A principal limitação está no tamanho amostral e no contexto de aplicação. A amostra final foi pequena ($n = 14$), o que reduz o poder estatístico para detectar diferenças sutis e limita a generalização para outros perfis de turma, escola e calendário. Além disso, a intervenção ocorreu em disciplina eletiva e em uma janela específica do ano letivo, o que impõe restrições de tempo, variações de frequência e intercorrências típicas de campo (como ausências, ajustes no cronograma e mudanças de rotina escolar).

Como medida tomada, o estudo foi conduzido com desenho comparativo (GC vs. GE), equilíbrio entre as condições (sete participantes por grupo) e verificação de equivalência inicial entre grupos. A apresentação dos resultados também foi mantida transparente, com sínteses descritivas, testes não paramétricos quando cabível e detalhamento por participante (IDs anonimizados), para mostrar como se formam as médias e evitar leituras além do que os dados suportam.

5.6.2 Validade interna e cuidados adotados (comparabilidade e triangulação)

Em termos de validade interna, três pontos merecem atenção. Primeiro, mesmo com o balanceamento, grupos pequenos podem manter diferenças não observadas entre os participantes (motivação, repertório prévio, familiaridade com a tecnologia e variações na participação ao longo das aulas), o que pode afetar o desempenho e o engajamento. Para reduzir esse risco, foram aplicados critérios de inclusão/exclusão, verificada a equivalência inicial e apresentados os resultados por dimensão e por participante.

Segundo, há o efeito de novidade: a robótica pode aumentar o engajamento apenas por ser uma experiência diferente, e o contexto escolar apresenta variáveis de difícil controle (interrupções, ritmo da turma, dinâmica do professor e tempo efetivo de atividade). Para não depender exclusivamente do pré/pós-teste, a leitura foi sustentada também por evidências observacionais (COPUS) e perceptivas (TAM), ajudando a interpretar se os efeitos se manifestam junto de mudanças consistentes no *modo de sala* e nas percepções docentes. Contudo, é fundamental ressaltar que tais registros têm natureza subjetiva, dependendo diretamente da interpretação do observador em campo. Como limitação adicional, destaca-se que todas as observações foram realizadas por um único pesquisador, o que pode introduzir vieses individuais na percepção dos fenômenos e na atribuição de escores, uma vez que não houve o cruzamento de dados entre diferentes avaliadores para mitigar possíveis distorções interpretativas.

Terceiro, a correção por rubricas envolve julgamento e pode introduzir variação interpretativa, especialmente em dimensões abertas (como M3), nas quais o estudante escreve e propõe. Para dar mais rastreabilidade ao processo, as rubricas foram definidas previamente, os critérios foram descritos no texto e nos apêndices, e foram incluídos exemplos ilustrativos (figuras e amostras anonimizadas).

Por fim, este capítulo adota uma triangulação entre três fontes (aprendizagem, interação e percepção) para evitar uma conclusão baseada em um único indicador. Isso não elimina as limitações, mas torna a interpretação mais consistente e coerente com o conjunto de evidências coletadas.

5.7 Síntese do capítulo

Este capítulo apresentou os resultados da intervenção de forma organizada pelos três eixos do desenho multimétodo: (i) aprendizagem discente (pré/pós-teste e rubricas), (ii) dinâmica de sala (COPUS adaptado) e (iii) percepção docente (TAM). A leitura conjunta permite entender não apenas *se* houve diferença entre as condições, mas *como* a intervenção se comportou em um cenário real de escola, com limitações de tempo, frequência e logística.

No eixo cognitivo, os resultados sugerem um padrão importante: a maior separação entre as condições ocorre na dimensão M3 (Avaliar/Criar), aplicada apenas no pós-teste, com vantagem descritiva do Grupo Experimental (Seção 5.2). Esse resultado é compatível

com a ideia de que experiências práticas e investigativas tendem a gerar mais oportunidades de produção, argumentação e reflexão, isto é, exigindo cognitivas mais complexas. Ao mesmo tempo, as dimensões M1 e M2 apresentaram diferenças menores, e M2 exigiu leitura cautelosa, por depender mais da transferência e da justificativa, o que torna o bloco mais sensível à forma como o estudante estrutura e explica sua solução.

No eixo observacional, o COPUS adaptado reforçou diferenças claras no *modo de sala*: a condição com robótica concentrou ações discentes compatíveis com participação ativa (experimentação, produção, colaboração) e apresentou predominância de engajamento alto ao longo do tempo, enquanto o formato tradicional reuniu mais ocorrências associadas a condução direcionada e maior variação de engajamento (Seção 5.3). Essa evidência ajuda a explicar por que os ganhos se tornam mais visíveis em dimensões que dependem da elaboração e construção de resposta (como M3): quando a aula é organizada em torno do *fazer*, a tendência é o estudante produzir mais, discutir mais e justificar melhor.

No eixo perceptivo, o TAM indicou aceitação docente consistente e percepção de utilidade do SCIENCE como suporte de planejamento e de início de implementação (Seção 5.4). Em especial, a combinação entre alta intenção de uso, facilidade percebida e relevância pedagógica sugere que a ferramenta cumpre o papel de reduzir o custo inicial de organizar uma aula com robótica. Ao mesmo tempo, os itens abertos delimitam o alcance: a adoção sustentada continua dependente de infraestrutura, formação (sobretudo programação) e encaixe no currículo/tempo, o que é coerente com o objetivo do estudo de mapear condições reais de implementação.

A triangulação (Seção 5.5) consolidou essas três leituras em uma interpretação integrada: os resultados apontam que a intervenção com robótica, mediada pelo SCIENCE, tende a favorecer um ambiente de aprendizagem mais ativo e operacionalizável. O diferencial observado não está em “substituir” condições estruturais (infraestrutura e formação), mas em funcionar como *ponte de implementação*: organizar o planejamento, facilitar o primeiro passo e apoiar a condução inicial em contexto escolar real.

Por fim, as limitações discutidas (Seção 5.6) ajudam a manter a interpretação dentro do que os dados suportam: amostra pequena, janela específica de aplicação e variáveis de campo. Ainda assim, o uso combinado de pré/pós-teste, observação estruturada e percepção docente torna a leitura mais robusta do que depender de um único indicador.

Como encaminhamento, nas Considerações Finais, o estudo retoma os objetivos e

discute as contribuições, as implicações e as direções futuras para a evolução da ferramenta e para a ampliação do experimento.

6 CONCLUSÃO

Este capítulo encerra a dissertação, retomando a questão central e os objetivos, sintetizando as principais contribuições do estudo e apontando desdobramentos possíveis. Em particular, retoma-se a lacuna apresentada na introdução: transformar o potencial da robótica educacional em um processo que seja planejável, executável e avaliável no “chão da escola”, com suporte ao professor e documentação suficiente para replicação.

6.1 Retomada das questões de pesquisa e dos objetivos

Esta pesquisa investigou como a robótica educacional pode ser integrada ao ensino básico de forma mais estruturada e viável, especialmente quando o professor dispõe de apoio no planejamento e na condução das aulas. Nesse sentido, o objetivo central foi analisar uma intervenção pedagógica mediada pelo software *SCIENCE* e, paralelamente, consolidar melhorias técnicas no sistema para um uso mais coeso em contexto real. Os objetivos específicos foram atendidos ao: (i) identificar, por meio de revisão sistemática da literatura, métodos, métricas e boas práticas na avaliação de intervenções tecnológicas em contextos STEM, bem como lacunas que orientassem as escolhas de delineamento e instrumentos (Objetivo 1); (ii) delinear e aplicar uma intervenção pedagógica com robótica educacional mediada pelo *SCIENCE*, adequada às condições reais do contexto escolar (Objetivo 2); (iii) analisar evidências de impacto educacional associadas à intervenção e caracterizar a aceitação e as fricções práticas de uso do *SCIENCE* no planejamento e na condução das aulas (Objetivo 3); (iv) avaliar em que medida as melhorias técnicas implementadas no *SCIENCE* contribuíram para reduzir fricções e barreiras práticas de adoção em contexto escolar (Objetivo 4); e (v) sistematizar e validar o delineamento adotado, reunindo procedimentos, materiais e instrumentos em um “kit” de intervenção e avaliação que favoreça documentação, replicabilidade e comparação entre estudos (Objetivo 5). A intervenção foi organizada em fases de diagnóstico e planejamento, de execução em ciclos de aula/atividade e de finalização e avaliação, com a consolidação dos dados e a análise integrada dos resultados.

6.2 Principais achados e contribuições

Os resultados sugerem que a intervenção com robótica educacional apoiada pelo *SCIENCE* apresenta potencial para reduzir barreiras de planejamento, favorecer práticas mais ativas em sala e apoiar a integração da robótica ao cotidiano escolar, especialmente ao fornecer estrutura e organização para o trabalho do professor. Como contribuições, destacam-se:

- **Revisão sistemática da literatura:** o levantamento de métodos, métricas e boas práticas empregados na avaliação de intervenções tecnológicas em contextos STEM, com a identificação de lacunas recorrentes que orientaram as escolhas de delineamento e de instrumentos adotados neste trabalho (Objetivo 1).
- **Aplicação em contexto real:** a condução de uma intervenção pedagógica mediada pelo *SCIENCE* em ambiente escolar, com coleta organizada e triangulada (pré/pós-teste, questionários e protocolo observacional), permitindo discutir efeitos e condições de implementação com maior aderência ao cenário prático (Objetivos 2 e 3).
- **Contribuição técnica:** a consolidação de atualizações no *SCIENCE*, com a integração de módulos antes dispersos e a padronização de artefatos e do fluxo de geração e organização de planos, fortalecendo o uso do sistema como suporte ao docente e reduzindo entraves e dependências operacionais (Objetivo 4).
- **Contribuição metodológica (“kit” de intervenção):** a estruturação e validação de um delineamento completo para planejar e avaliar intervenções educacionais com robótica, incluindo procedimentos, instrumentos e critérios de análise. Em termos práticos, este trabalho consolida e finaliza um percurso iniciado na RSL, transformando as evidências levantadas em um pacote operacional (do planejamento à avaliação) aplicável e replicável em estudos e escolas futuras (Objetivo 5).

6.3 Trabalhos futuros

Como trabalhos futuros, recomenda-se: (i) replicar o estudo em outras escolas, séries e realidades, com amostras maiores, ampliando a validade externa e a comparabilidade entre contextos; (ii) conduzir investigações longitudinais para observar retenção e evolução do aprendizado ao longo do tempo; (iii) atualizar e expandir a revisão sistemática da

literatura à medida que novos estudos com delineamentos mais robustos forem publicados, refinando as recomendações metodológicas do “kit”; (iv) ampliar o *SCIENCE* para suportar novos kits/plataformas e oferecer ainda mais assistência ao professor (por exemplo, diagnósticos automáticos, aba para adicionar aulas e relatórios de acompanhamento); (v) integrar rotinas de formação docente mais objetivas e continuadas, conectadas ao planejamento gerado pelo sistema, reduzindo o custo de adoção em cenários com menor suporte técnico; (vi) investigar comparações mais equilibradas entre os grupos, substituindo a aula convencional no grupo controle por outra metodologia ativa (por exemplo, aprendizagem baseada em problemas), a fim de isolar com maior precisão o efeito específico da robótica educacional frente ao efeito geral de abordagens ativas de ensino; e (vii) migrar a hospedagem do sistema para uma infraestrutura mais robusta, preferencialmente em servidores institucionais, eliminando as limitações associadas ao plano gratuito utilizado durante este estudo (por exemplo, a suspensão automática de instâncias inativas e o atraso no primeiro acesso) e proporcionando maior estabilidade, disponibilidade contínua e melhor experiência de uso aos docentes.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA NETO, C. A. d. **O uso da robótica educativa e o desenvolvimento de competências e habilidades matemáticas**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Ceará, Juazeiro do Norte, 2014. Dissertação (Mestrado em Matemática). 105 f.
- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. (Ed.). **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives**. New York: Longman, 2001.
- ANDRIOLA, W. B. Impactos da robótica no ensino básico: estudo comparativo entre escolas públicas e privadas. **Ciência & Educação**, v. 27, p. e21050, 2021.
- ARAÚJO, T. M. S. **Práticas de ensino de matemática com a utilização da robótica educacional**. Mossoró: [s.n.], 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Disponível em: <https://pensare.ufersa.edu.br/tcc>. Acesso em: 11 abr. 2025.
- ARMÃO, T. P. **Uma aplicação da robótica educacional no estudo do número irracional [Pi] utilizando LEGO Mindstorm EV3**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande/RS, 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática).
- AXIOS. **Getting started with Axios**. 2026. Disponível em: <<https://axios-http.com/docs/intro>>.
- BARRADAS, R.; LENCASTRE, J. A.; SOARES, S. P.; VALENTE, A. Arduino-based mobile robotics for fostering computational thinking development: An empirical study with elementary school students using problem-based learning across europe. **Robotics**, v. 13, n. 11, p. 159, 2024.
- BENITTI, F. B. V. Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. **Computers & Education**, v. 58, n. 3, p. 978–988, 2012.
- BLOOM, B. S. **Taxonomy of Educational Objectives: Handbook I: Cognitive Domain**. New York: David McKay Company, Inc., 1956.
- Brasil. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: [s.n.], 2018. Ministério da Educação.
- BRAY, T. **The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc8259>>.
- CAMPOS, F. R. Robótica educacional no brasil: questões em aberto, desafios e perspectivas futuras. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. 4, p. 2108–2121, 2017.
- COELHO, R. d. S. V. **Uma abordagem para anotação semântica de mídia enativa para o ensino de conceitos de matemática**. Dissertação (Mestrado) — Centro Universitário Campo Limpo Paulista (UNIFACCAMP), Campo Limpo Paulista, 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). 133 f.
- DAVIS, F. D. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Quarterly**, v. 13, n. 3, p. 319–340, 1989. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/249008>. Acesso em: 5 maio 2025.
- EXPRESS. **Express documentation: routing and API reference**. 2026. Disponível em: <<https://expressjs.com/en/guide/routing.html>>.
- FERNANDES, S. R.; PASSOS, D. D. N.; SILVEIRA, V. S. d.; QUEIROZ, P. G. G. Science: Um software baseado em ontologia para apoiar a utilização de robótica educacional.

Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE), v. 21, n. 2, p. 445–448, 2023. Disponível em: <https://www.cinted.ufrgs.br>. Acesso em: 19 jun. 2024.

FETTE, I.; MELNIKOV, A. **The WebSocket Protocol**. 2011. RFC 6455. Acesso em: 13 jan. 2026. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc6455>.

FIELDING, R. T.; NOTTINGHAM, M.; RESCHKE, J. **HTTP Semantics**. [S.l.], 2022. Disponível em: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc9110>.

FINK, L. D. **Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2003.

FINK, L. D. A taxonomy of significant learning. In: **Creating Significant Learning Experiences: An Integrated Approach to Designing College Courses**. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 2003. Disponível em: https://eportfolios.capilanou.ca/devcomm/wp-content/uploads/sites/425/2017/02/Fink_Taxonomy-of-Significant-Learning-2003.pdf. Acesso em: 10 jun. 2024.

FLASK DOCUMENTATION. **Quickstart**. 2026. Disponível em: <https://flask.palletsprojects.com/en/stable/quickstart/>.

FURLETTI, S. **Exploração de tópicos de matemática em modelos robóticos com utilização do software Slogo no ensino médio**. Dissertação (Mestrado) — Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática).

HEINSFELD, B. D.; PISCHETOLA, M. O discurso sobre tecnologias nas políticas públicas em educação. **Educação e Pesquisa**, v. 45, p. e205167, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634201945205167>.

HONG, L. The impact of educational robots on students' computational thinking: A meta-analysis of k-12. **Education and Information Technologies**, v. 29, n. 11, p. 13813–13838, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10639-023-12415-y>.

KARAHANNA, E.; STRAUB, D. W.; CHERVANY, N. L. Information technology adoption across time: A cross-sectional comparison of pre-adoption and post-adoption beliefs. **MIS Quarterly**, v. 23, n. 2, p. 183–213, 1999.

KUNOVIC, I.; FILIPOVIC, I.; KRZIC, A. S. Teaching robotics concepts with besiege: A game-based approach for developing design and problem-solving skills. In: **2024 47th MIPRO International Convention on Information, Communication and Electronic Technology (MIPRO)**. Opatija, Croatia: IEEE, 2024. p. 672–677.

LEGO Education. **LEGO® MINDSTORMS® Education EV3 Core Set**. 2016. Acesso em: 6 maio 2025. Disponível em: <https://education.lego.com/en-us/products/lego-mindstorms-education-ev3-core-set/5003400/>.

MAFRA, J. R. e. S.; SANTOS, I. P. d. Robótica educacional e aprendizagem de matemática: integrando experimentações com estudantes do 9^a ano do ensino fundamental acerca de conceitos geométricos. **Boletim Cearense de Educação e História da Matemática**, v. 9, n. 27, p. 1–18, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.30938/bocehm.v9i27.8091>. Acesso em: 11 abr. 2025.

MANN, H. B.; WHITNEY, D. R. On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. **The Annals of Mathematical Statistics**, Institute of Mathematical Statistics, v. 18, n. 1, p. 50–60, 1947.

MARTINS, E. F. **Robótica na sala de aula de matemática: os estudantes aprendem Matemática?** Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Dissertação (Mestrado em Ensino de Matemática). Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/69934>. Acesso em: 11 abr. 2025.

Microsoft. **API gateways**. 2026. Azure Architecture Center (Microsoft Learn). Acesso em: 13 jan. 2026. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/microservices/design/gateway>>.

MICROSOFT LEARN. **API gateway pattern**. 2026. Disponível em: <<https://learn.microsoft.com/en-us/azure/architecture/patterns/api-gateway>>.

MOORE, G. C.; BENBASAT, I. Development of an instrument to measure the perceptions of adopting an information technology innovation. **Information Systems Research**, v. 2, n. 3, p. 192–222, 1991.

MORAIS, E. A. M.; AMBRÓSIO, A. P. L. **Ontologias: conceitos, usos, tipos, metodologias, ferramentas e linguagens**. [S.l.], 2007.

MOURA, N. R. d. **Robô-Car: uma abordagem da Robótica Educacional aplicada ao ensino de Física**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física). 133 f.

NASCIMENTO, D. A.; AGUIAR, J. C. L.; SILVA, G. A. Robótica educacional na educação do campo: uma estratégia didática para o ensino de física e inclusão digital. In: **Encontros Integrados em Física e seu Ensino (EIFE)**. [S.l.: s.n.], 2022. p. 427–436.

NETO, J. T. T.; QUEIROZ, P. G. G.; ARAÚJO, S. R. F. d. **Desenvolvimento de uma ontologia sobre planos de aula de física com o uso da robótica educacional para aplicar ao sistema SCIENCE**. Mossoró: [s.n.], 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Exatas e Naturais) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

NETO, M. F. d. S.; MOREIRA, W. A formação do conceito de ontologia na ciência da informação: uma análise nos periódicos scire e ibersid. **Scire: representación y organización del conocimiento**, v. 20, n. 2, p. 49–54, 2014. ISSN 1135-3716. Acesso em: 13 jan. 2026. Disponível em: <<http://ibersid.eu/ojs/index.php/scire/article/view/4173>>.

NOBRE, V. A. d. S.; ARAÚJO, S. R. F. d.; QUEIROZ, P. G. G. **Elaboração de modelos robóticos baseado em uma ontologia com a finalidade de auxiliar o sistema SCIENCE**. Mossoró: [s.n.], 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

NODE.JS. **Environment Variables**. 2026. Disponível em: <https://nodejs.org/api/environment_variables.html>.

OLIVEIRA, C. d.; MOURA, S. P. **TIC's na educação: a utilização das tecnologias da informação e comunicação na aprendizagem do aluno**. 2019. Artigo científico. Curso de Licenciatura Plena em Pedagogia, Universidade Estadual do Piauí (UESPI), Campus Dom José Vásquez Díaz. Orientador: Edinaldo Ribeiro de Sousa. [S. l.], [s. n.], [2019?].

OLIVEIRA, F. D. d. Desenvolvimento de sistemas web modernos. **Revista Gestão em Foco**, n. 16, p. 215–229, 2024. Disponível em: <https://revistaonline.unifia.edu.br>. Acesso em: 11 abr. 2025.

OLIVEIRA, V. B. J. d.; ARAÚJO, S. R. F. d.; QUEIROZ, P. G. G. **Projeto e desenvolvimento de um algoritmo de recomendação aplicado ao sistema SCIENCE**.

Mossoró: [s.n.], 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

PASSOS, D. D. N. **Incentivo à popularização da robótica educacional como recurso de ensino por meio da utilização de um sistema de geração automatizada de planos de ensino**. Dissertação (Mestrado) — Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) / Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, 2021. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Disponível em: <https://ppgcc.ufersa.edu.br/dissertacoes-defendidas/>. Acesso em: 26 mar. 2025.

PIRES, P. J.; FILHO, B. A. d. C. **A Utilização da TAM (Technology Acceptance Model) Aplicado aos Usuários de Caixas Automáticas no Brasil**. Curitiba: [s.n.], 2004. Trabalho acadêmico apresentado no CEPPAD/UFPR. Unicenp / Banco do Brasil.

PUZISKI, M. Construindo uma calculadora: uma atividade envolvendo robótica, programação e matemática. **REMAT: Revista Eletrônica da Matemática**, v. 3, n. 1, p. 136–146, 2017.

Render. **Deploy for Free**. 2025. Acesso em: 19 jan. 2026. Disponível em: <<https://render.com/docs/free>>.

RODRIGUES, W. d. S. **Atividades com robótica educacional para aulas de matemática do 6^a ao 9^a ano do ensino fundamental: utilização da metodologia LEGO Zoom Education**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, São José do Rio Preto, 2015. Dissertação (Mestrado Profissional). 106 f.

ROMULO, T. C. d. S.; FARIA, R. W. S. d. C.; BRANDÃO, A. S. Uso da robótica educacional no processo de aprendizagem da geometria plana nos anos finais do ensino fundamental. In: **Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática (SIPEM)**. [S.l.: s.n.], 2024. v. 9. ISSN 2764-3158.

SANTOS, D. M.; OLIVEIRA, M. G. Desafios e possibilidades de implementação da robótica na educação básica: Discussões em uma formação híbrida de professores. **EaD em Foco**, v. 15, n. 1, p. e2544, 2025.

SANTOS, M. E. dos; MENDONÇA, A. P. Aplicação da robótica educacional no ensino das relações métricas do triângulo retângulo. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 14, n. 2, 2016.

SANTOS, T. N.; POZZEBON, E.; FRIGO, L. B. A utilização de robótica nas disciplinas da educação básica. In: **Simpósio de Integração Científica e Tecnologia do Sul Catarinense**. [S.l.: s.n.], 2013. Revista Técnico Científica — IFSC.

SILVA, O. O. d. **O estudo de funções afins e seus gráficos de maneira interdisciplinar utilizando a modelagem em robótica como instrumento de aprendizagem**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional). 46 f.

SILVEIRA, V. S. d.; ARAÚJO, S. R. F. d.; QUEIROZ, P. G. G. **Validação do sistema SCIENCE utilizando o modelo de aceitação de tecnologias**. Mossoró: [s.n.], 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) — Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).

SMITH, M. K.; JONES, F. H. M.; GILBERT, S. L.; WIEMAN, C. E. The classroom observation protocol for undergraduate stem (copus): a new instrument to characterize university stem classroom practices. **CBE—Life Sciences Education**, v. 12, p. 618–627, 2013.

Universidade do Estado do Rio Grande do Norte. **Comitê de Ética em Pesquisa (CEP/UERN)**. 2025. Acesso em: 15 jan. 2026. Disponível em: <<https://portal.uern.br/cep-etica-em-pesquisa/>>.

VILAÇA, M. d. O.; SANTOS, M. R. d. Robótica educacional de baixo custo no ensino de matemática: uma abordagem interdisciplinar. **Revista Produção Discente em Educação Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 2, p. 17–33, 2023. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/2238-8044.2023v12i2p17-33>. Acesso em: 11 abr. 2025.

WANG, K.; SANG, G.-Y.; HUANG, L.-Z.; LI, S.-H.; GUO, J.-W. The effectiveness of educational robots in improving learning outcomes: A meta-analysis. **Sustainability**, v. 15, n. 5, p. 4637, 2023.

WHITE, D. What is stem education and why is it important? **Florida Association of Teacher Educators Journal**, v. 14, p. 1–8, 2014.

ZANETTI, H.; SOUZA, A.; D'ABREU, J.; BORGES, M. Uso de robótica e jogos digitais como sistema de apoio ao aprendizado. In: **Anais da Jornada de Atualização em Informática na Educação (JAIE)**. Porto Alegre: [s.n.], 2012. p. 142–161.

Apêndices

APÊNDICE A – TCLE PARA O PROFESSOR

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa “Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico”, coordenada pelo Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo e pelo Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz. A pesquisa segue as recomendações das Resoluções do Conselho Nacional de Saúde nº 466/2012 e nº 510/2016, bem como demais normas éticas aplicáveis. Sua participação é voluntária, e você pode desistir a qualquer momento sem qualquer prejuízo ou penalidade. Não haverá custos financeiros para a sua participação, nem compensação monetária, e a recusa ou desistência não trará nenhuma consequência negativa à sua carreira profissional ou avaliação funcional.

O objetivo desta pesquisa é avaliar a eficácia do software SCIENCE na integração da robótica educacional ao ensino básico. O SCIENCE foi desenvolvido para auxiliar professores na criação de planos de aula que integrem atividades de robótica ao conteúdo curricular, em alinhamento com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). O estudo busca compreender os impactos do uso dessa ferramenta no engajamento dos alunos em sala de aula e na aprendizagem dos conteúdos de exatas, gerando evidências sobre sua contribuição para a melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Caso aceite participar, você (professor) fará parte de um dos grupos do estudo (grupo experimental ou grupo de controle) e participará das seguintes etapas durante o período da pesquisa:

- **Capacitação:** Participar de uma breve capacitação/orientação sobre o uso do software SCIENCE, agendada em horário de planejamento ou em comum acordo, de modo a não sobrecarregar sua carga horária docente.
- **Aplicação das Aulas:** Ministrará uma sequência de aproximadamente seis aulas em sua turma dentro do plano de ensino regular da disciplina, conforme a designação do estudo: se você integrar o grupo experimental, irá utilizar o SCIENCE e atividades de robótica educacional nessas aulas; se integrar o grupo de controle, continuará a ministrar as aulas no formato tradicional (sem o SCIENCE) para efeito de compara-

ção. Em ambos os casos, não será necessário adicionar aulas extras fora do horário escolar normal.

- **Observação em Sala:** Permitir a observação das aulas por membro(s) da equipe de pesquisa. Um protocolo de observação (por exemplo, gravação em vídeo e uso de formulários específicos) será utilizado para registrar as interações em sala, o que pode incluir filmagens suas e da turma durante as atividades.
- **Avaliações e Questionários:** Auxiliar na aplicação de testes de conhecimento aos alunos (ex.: um pré-teste antes do início das aulas da intervenção e um pós-teste após o término) e garantir espaço para que o pesquisador aplique questionários aos alunos sobre engajamento e perfil. Você também será convidado a responder questionários sobre seu perfil e percepção da experiência, para relatar suas opiniões e sugestões sobre o uso do SCIENCE.
- **Acompanhamento da Pesquisa:** Manter comunicação com os pesquisadores durante o estudo, relatando quaisquer dificuldades ou observações importantes. Todo o cronograma de atividades será alinhado com a direção da escola para minimizar interrupções e respeitará o calendário letivo oficial.

O estudante Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPgCC) da UFERSA e UERN, sob a orientação do pesquisador responsável Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz e pelo prof. Dr. Sílvio Roberto Fernandes de Araújo, irá aplicar os instrumentos de coleta (como questionários e observações), estará presente em sala de aula durante as observações e aplicará os questionários e demais métodos. Todas as atividades ocorrerão no ambiente da escola e durante o horário regular de aulas, não sendo necessário deslocamento adicional por parte dos participantes. Caso você decida não continuar em alguma etapa ou desistir da pesquisa, as atividades programadas seguirão seu curso normal para a turma e nenhuma penalização ocorrerá, sua decisão será plenamente respeitada.

Não há riscos físicos ou de saúde envolvidos na sua participação. Entretanto, alguns riscos de natureza moral ou emocional foram considerados e serão minimizados pela equipe de pesquisa:

- **Desconforto ou constrangimento profissional:** Você poderá, eventualmente, sentir-se desconfortável ao ter suas aulas observadas ou ao responder questões sobre suas práticas de ensino, ou ainda ao utilizar uma nova ferramenta tecnológica em

sala. Para minimizar esse desconforto, garantimos o anonimato nas respostas dos questionários (seus dados pessoais não aparecerão em nenhuma análise ou relatório, sendo substituídos por códigos) e esclarecemos que esta pesquisa não tem caráter avaliativo do seu desempenho profissional. Os dados coletados não serão usados para julgar ou atribuir qualquer nota à sua prática docente, servindo unicamente para fins científicos. Além disso, você tem total liberdade para não responder a qualquer pergunta que lhe cause incômodo e pode comunicar aos pesquisadores caso alguma atividade lhe deixe desconfortável, podendo se retirar da pesquisa a qualquer momento sem consequências.

- **Pressão ou dificuldade em usar o software:** Por se tratar de uma nova ferramenta, é possível que haja alguma dificuldade técnica ou pressão em utilizá-la corretamente. Como mitigação, forneceremos treinamento prévio e suporte técnico durante toda a pesquisa. Você poderá adaptar o uso do SCIENCE conforme a realidade da sua turma, não sendo exigido seguir estritamente roteiros que não se adequem à sua prática. Terá liberdade para integrar a ferramenta de forma flexível. Orientações claras serão dadas antes das aulas, e a equipe estará disponível para auxiliar caso surjam dúvidas ao longo do processo.
- **Carga de trabalho adicional:** A participação implica em atividades extra, como a capacitação e o preenchimento de questionários/entrevistas. Contudo, buscamos minimizar impactos em sua rotina: as formações serão agendadas em horários de planejamento ou conforme acordo mútuo, evitando sobrecarga; as atividades de pesquisa (questionários, testes) serão incorporadas à rotina da turma, não exigindo trabalho extra extenso fora do horário de aula.
- **Risco à privacidade (imagens/gravações):** As aulas poderão ser filmadas e eventualmente fotografadas para análise do pesquisador, o que envolve coleta de sua imagem. Esse procedimento será feito apenas com o seu consentimento específico, conforme o Termo de Autorização de Imagem adiante. Mesmo que as filmagens ocorram, seu nome não será associado aos arquivos de vídeo e eles serão armazenados de forma confidencial. Nenhuma imagem que permita sua identificação será divulgada publicamente sem sua autorização. Se você optar por não autorizar o uso de sua imagem, isso será respeitado e em nenhuma filmagem ou divulgação aparecerá sua figura identificável – e tal escolha não afetará sua participação nas

demais etapas da pesquisa.

Em resumo, os possíveis desconfortos são principalmente de ordem psicológica ou de privacidade, e todos os cuidados serão tomados para reduzi-los ou evitá-los. Você terá autonomia para interromper sua participação se assim desejar, sem qualquer prejuízo. Caso, durante o estudo, você sinta qualquer desconforto significativo, poderá informar imediatamente os pesquisadores para que medidas sejam tomadas (por exemplo, pausar uma filmagem, dispensá-lo de responder a algo que não queira, etc.). Todos esses procedimentos visam garantir que sua participação seja segura e respeitosa.

Embora não haja garantia de benefícios diretos para você, espera-se que sua participação traga alguns benefícios indiretos importantes:

- Ao participar da pesquisa, o contato com a nova metodologia de ensino apoiada pela robótica educacional e facilitada pelo software SCIENCE pode enriquecer a prática pedagógica, ampliando suas habilidades no uso de tecnologia em sala de aula e oferecendo oportunidade para a reflexão sobre estratégias de ensino inovadoras.
- Essa vivência poderá contribuir para o seu desenvolvimento profissional, ampliando suas habilidades no uso de tecnologia educacional e oferecendo oportunidade de reflexão sobre suas estratégias de ensino.
- **Engajamento dos alunos:** A integração da robótica nas aulas pode tornar as atividades mais dinâmicas e interessantes para os alunos. Isso potencialmente eleva o engajamento e motivação da turma, o que é benéfico para o ambiente de aprendizagem e pode refletir positivamente na participação e interesse dos estudantes em suas aulas.
- **Contribuição científica e institucional:** Você estará colaborando para uma pesquisa que busca transformar e melhorar o ensino. Os resultados obtidos poderão orientar a criação de planos de formação e materiais didáticos mais eficazes no futuro, além de ajudar a aperfeiçoar o software SCIENCE para que atenda melhor às necessidades de professores como você. Em longo prazo, tais melhorias beneficiam a comunidade escolar em geral, incluindo outros docentes e alunos da sua e de outras instituições. Ao participar, você contribui ativamente para o avanço do conhecimento na área de educação e tecnologia, o que pode ser citado em relatórios institucionais e eventos científicos – dando visibilidade positiva à escola e aos profissionais envolvidos.
- **Feedback e suporte:** Durante a pesquisa, você terá contato próximo com a equipe,

podendo receber feedback sobre aspectos observados em sala (se assim desejar) e trocar experiências sobre pedagogia e tecnologia. Essa interação pode ser enriquecedora e trazer insights para sua prática.

Não haverá remuneração financeira por sua participação. Entretanto, os potenciais ganhos em experiência e em qualidade do ensino oferecido aos alunos são considerados benefícios relevantes deste estudo.

Todas as informações coletadas serão tratadas com estrita confidencialidade. Para proteger sua privacidade, cada participante receberá um código de identificação e seu nome ou qualquer dado que possa identificá-lo não será divulgado em hipótese alguma nos resultados. Os dados brutos (como formulários respondidos, vídeos das aulas, resultados de testes) serão armazenados em ambiente seguro e de acesso restrito aos pesquisadores. Apenas a equipe diretamente envolvida na pesquisa terá acesso a dados identificáveis, e todos estão comprometidos com o sigilo profissional.

As filmagens e fotografias eventualmente realizadas servirão unicamente para análise interna da pesquisa e, se forem utilizadas em trabalhos científicos (por exemplo, apresentação em eventos ou ilustração de resultados), será sem identificação dos participantes – por exemplo, usando imagens em que não seja possível reconhecer os rostos, ou aplicando desfoque/censura quando necessário. Nenhum dado pessoal (nome, imagem identificável, voz, contato) será exposto em publicações sem prévia autorização.

Os dados coletados serão preservados pelo pesquisador responsável, Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz, em arquivos protegidos (físicos trancados e/ou digitais com senha) por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término do estudo. Após esse período, ou quando os resultados estiverem publicados, os dados anonimizados (ou seja, sem qualquer informação que identifique você ou os demais participantes) poderão ser disponibilizados em um repositório digital aberto (Zenodo), uma plataforma de armazenamento de dados científicos mantida pelo CERN. Essa medida atende aos princípios de transparência e reprodutibilidade da ciência, permitindo que outros pesquisadores consultem os dados no futuro, mas sem qualquer risco à sua privacidade, pois nenhuma informação identificadora estará presente.

A pesquisa cumpre a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018). Isso significa que seus dados pessoais serão utilizados exclusivamente para os fins descritos neste projeto e protegidos conforme a legislação. Você tem o direito de retirar seu consenti-

mento e solicitar a exclusão dos seus dados a qualquer momento, mesmo após ter fornecido as informações. Se em algum momento, durante ou após o estudo, você solicitar que seus dados sejam removidos, eles serão apagados integralmente dos registros de pesquisa, sem quaisquer perguntas ou obstáculos, garantindo assim seu pleno direito de privacidade.

Você tem direito a esclarecimentos adicionais e, em caso de dúvida, pode entrar em contato diretamente com os pesquisadores: Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz (pgabriel@ufersa.edu.br), Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz (isaulucas-dequeiroz@gmail.com) ou com o Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo (silvio@ufersa.edu.br). Dúvidas sobre a ética da pesquisa podem ser esclarecidas junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da UERN – Faculdade de Medicina da UERN - Rua Miguel Antonio da Silva Neto s/n - Aeroporto, homepage: <http://www.uern.br> - e-mail: cep@uern.br – CEP: 59607-360 - Mossoró –RN Tel: (84) 3315-2094. Você ficará com uma via original deste TCLE e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa.

Se para o participante houver gasto de qualquer natureza, em virtude da sua participação nesse estudo, é garantido o direito a indenização (Res. 466/12 II.7) – cobertura material para reparar dano – e/ou ressarcimento (Res. 466/12 II.21) – compensação material, exclusivamente de despesas do participante e seus acompanhantes, quando necessário, tais como transporte e alimentação – sob a responsabilidade do (a) pesquisador(a) Prof Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz.

Consentimento Livre

Concordo em participar da pesquisa "Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico". Declaro que fui devidamente esclarecido(a) sobre os objetivos, procedimentos e riscos envolvidos. Estou ciente de que posso desistir a qualquer momento, autorizando a publicação dos dados da pesquisa, garantindo-se meu anonimato e sigilo dos dados.

Cidade, _____

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Professor participante

Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo (Professor Orientador) - Curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Leste, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN. Tel. (84) 3337-8509.

Prof Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz (Co-orientador da Pesquisa – Pesquisador Responsável) - Curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-árido– UFERSA, Campus Mossoró, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN. Tel.(84) 3337-8509

Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz (Aluno Responsável) - Aluno da Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-árido– UFERSA, Campus Mossoró, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN. Tel.(84) 3337-8509

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UERN) - Faculdade de Medicina da UERN - Rua Miguel Antonio da Silva Neto s/n - Aeroporto
Home page: <http://www.uern.br> - e-mail: cep@uern.br – CEP: 59607-360 - Mossoró –RN
Tel: (84) 3315-2094.

APÊNDICE B – TCLE DO RESPONSÁVEL PELO ALUNO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Esclarecimentos

Este documento convida a participação de seu(sua) filho(a) na pesquisa “Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico”, conduzida pelo Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo e pelo Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz. A pesquisa foi avaliada e aprovada conforme as normas éticas vigentes (Resoluções CNS nº 466/2012 e nº 510/2016, entre outras), garantindo a proteção dos participantes. A participação do aluno é voluntária, cabendo aos senhores responsáveis autorizar ou não essa participação. Caso autorizem, poderão revogar o consentimento a qualquer momento, e seu filho (a) poderá desistir quando quiser, sem que isso acarrete qualquer prejuízo escolar, penalidade ou sanção. Não há obrigação de participação, a recusa não trará nenhum dano ou perda de benefícios ao aluno, que continuará tendo acesso normal às atividades escolares.

Vale ressaltar que não haverá qualquer custo financeiro para a realização da pesquisa com seu filho(a), nem pagamento pela participação. A escola e os pesquisadores se comprometem em conduzir todas as etapas de forma transparente e segura, com o conhecimento prévio da direção escolar e de vocês, responsáveis. Este documento está sendo fornecido em duas vias, uma das quais deverá ser assinada e devolvida (caso concorde com a participação), enquanto a outra via poderá ser guardada pelos senhores para referência futura.

O objetivo da pesquisa é avaliar a eficácia do software educacional SCIENCE na integração de atividades de robótica educacional no ensino básico. Em outras palavras, o estudo quer entender de que forma o uso dessa nova ferramenta tecnológica nas aulas de ciências/exatas pode influenciar o interesse e a aprendizagem dos alunos. O SCIENCE é um sistema desenvolvido para auxiliar professores a criar planos de aula que envolvam robótica de forma alinhada à Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Através desta pesquisa, pretendemos analisar os impactos do uso do SCIENCE comparado a aulas tradicionais, identificando benefícios e eventuais desafios no processo de ensino. Os resultados almejados incluem compreender se os alunos ficam mais motivados e se aprendem melhor

com a introdução de atividades práticas de robótica, gerando conhecimento que possa aprimorar métodos de ensino no futuro.

Com a devida autorização dos responsáveis, o(a) aluno(a) participará das seguintes etapas durante o período da pesquisa, todas realizadas no ambiente escolar e dentro do horário de aula:

- **Atividade inicial (pré-teste):** Antes do início das aulas com a intervenção, será aplicado ao aluno um teste diagnóstico (pré-teste) para avaliar seus conhecimentos prévios em conteúdos relacionados. Esse teste será em formato de questionário ou atividade simples, realizado em sala de aula sob supervisão, sem valer nota escolar, e servirá apenas para fins de comparação no estudo.
- **Aulas em sala de aula:** Seu filho(a) continuará assistindo às aulas normais da disciplina (por exemplo, matemática, física ou robótica, conforme o caso) junto de sua turma. Durante um conjunto de aproximadamente seis aulas, será introduzida a metodologia da pesquisa: se a turma do aluno for selecionada para o grupo experimental, o professor utilizará o software SCIENCE e práticas de robótica educacional nessas aulas; se a turma for do grupo de controle, as aulas transcorrerão de forma tradicional, sem o uso do SCIENCE (nesse caso, o aluno participa apenas das avaliações, servindo como comparação). Importante destacar que essas aulas acontecerão normalmente no horário escolar, integradas ao currículo — não haverá necessidade de aulas extras fora do período regular. A presença do pesquisador não interferirá no andamento usual da aula, que será ministrada pelo professor da turma.
- **Observação e registro:** Durante as aulas mencionadas, um pesquisador poderá estar presente na sala para observar as atividades e o engajamento dos alunos. Para complementar as anotações, poderão ser utilizadas câmeras para filmar a aula e tirar fotografias do ambiente. Essas filmagens focarão nas interações gerais da sala (professor e alunos em atividade) e servirão para análise posterior do estudo. Todo registro de imagem será feito de forma discreta, respeitosa e apenas com consentimento (vide Termo de Autorização de Imagem). Caso os responsáveis ou o próprio aluno (quando capaz de opinar) não se sintam à vontade, ele não será individualmente focalizado nas imagens – a participação dele poderá ocorrer sem filmagem direcionada.
- **Atividade final (pós-teste):** Ao término do período de aulas da pesquisa (após as

sete aulas aproximadamente), será aplicado um pós-teste semelhante ao pré-teste, para avaliar o que o aluno aprendeu no período. Novamente, essa avaliação não terá impacto nas notas escolares; é um instrumento da pesquisa para comparar o desempenho antes e depois.

- **Questionários:** O aluno poderá ser convidado a responder questionários breves sobre a experiência dele, por exemplo, se achou as aulas interessantes, se aumentou seu interesse pelos conteúdos, etc. Esses questionários serão adequados à idade e compreensão do aluno. A opinião sincera do aluno será utilizada apenas para entender melhor os resultados, sem qualquer julgamento individual.

Todas as atividades acima serão acompanhadas pelo estudante Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz, mestrando do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPgCC) da UFRSA e UERN, sob a orientação do pesquisador responsável Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz, pelo Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo, e pelo professor da escola, garantindo que o aluno esteja assistido e confortável. O aluno não ficará sozinho com o pesquisador em nenhum momento. Haverá sempre um professor ou responsável da escola presente. Ressaltamos que, caso o aluno não queira mais participar da pesquisa em algum momento, ele poderá manifestar isso (ou vocês, responsáveis, podem comunicar aos pesquisadores ou à escola). Nessa eventualidade, ele deixará de realizar as etapas restantes da pesquisa e nenhuma penalidade ocorrerá. Durante as aulas do projeto, se o aluno não estiver participando (por decisão própria ou dos responsáveis), ele realizará uma atividade alternativa equivalente (por exemplo, exercícios ou leitura supervisionada pelo professor) para que não fique ocioso nem prejudicado em relação ao conteúdo. Assim, garantimos que ninguém perca matéria ou passe por situação desconfortável. A adesão ao estudo é totalmente voluntária e a qualquer momento vocês podem reconsiderar a participação.

A participação do aluno neste estudo não traz riscos físicos ou à saúde, as atividades realizadas são semelhantes às de uma aula comum (estudar conteúdo curricular, responder questões, manusear kits de robótica educacional simples sob supervisão, etc.). Todos os equipamentos de robótica eventualmente utilizados são didáticos e seguros, com orientação do professor, não oferecendo perigo além dos riscos cotidianos de uma sala de aula normal. No entanto, reconhecemos que podem existir alguns desconfortos de ordem emocional ou referentes à privacidade, que listamos a seguir juntamente com as medidas para minimizá-

los:

- **Ansiedade ou desconforto com avaliações:** Seu filho(a) terá que realizar um pré-teste e um pós-teste e responder perguntas sobre as aulas. Alguns alunos podem ficar ansiosos ao fazer testes ou ao serem questionados pelo pesquisador, com receio de errar. Para minimizar isso, deixamos claro que essas avaliações não valerão nota e não impactarão a vida escolar do aluno. Não se trata de uma prova escolar, mas sim de uma ferramenta diagnóstica para a pesquisa. O professor e o pesquisador reforçarão aos alunos que não há respostas “certas ou erradas” que os penalizem – eles devem apenas tentar dar o seu melhor. Em caso de qualquer desconforto, o aluno poderá pular alguma pergunta que o deixe aflito ou parar a atividade, sem punição. Todo o processo será conduzido de forma leve e lúdica, compatível com a idade, para não gerar estresse.
- **Desconforto com mudanças na aula:** Participar de uma aula com robótica ou com a presença de um pesquisador em sala pode causar estranhamento ou inibição em alguns alunos. Para reduzir isso, as primeiras interações serão de apresentação e ambientação – o pesquisador se apresentará à turma explicando resumidamente o projeto em linguagem acessível, e os alunos poderão tirar dúvidas. As atividades de robótica serão planejadas para serem educativas e divertidas, buscando engajar os estudantes de forma positiva. O professor da turma estará sempre presente, conduzindo a classe, o que traz familiaridade ao ambiente. Se mesmo assim, algum aluno se sentir desconfortável em participar das atividades práticas, ele poderá observar ou realizar atividade alternativa, sem problema. A rotina escolar do aluno fora das aulas de intervenção permanece inalterada, evitando qualquer ruptura brusca no seu dia a dia.
- **Exposição da imagem e privacidade:** A captura de fotos/vídeos durante as aulas pode gerar preocupação quanto à privacidade do aluno. Existe o risco de o aluno ou suas ações ficarem registradas em vídeo. Para proteger a privacidade, nenhuma imagem será divulgada publicamente com identificação do aluno. As filmagens são principalmente para análise interna dos pesquisadores. No caso de eventualmente serem mostradas em alguma apresentação acadêmica, tomaremos cuidado para que nenhum rosto de criança apareça claramente (podemos, por exemplo, usar trechos em que os alunos aparecem de costas ou borrados, se necessário). De todo modo, a

autorização dos senhores responsáveis será solicitada especificamente para uso de imagem (ver Termo de Autorização de Imagem mais adiante). Se os senhores não autorizarem a captação/uso da imagem do seu filho, as filmagens evitarão focá-lo diretamente, garantindo que ele não apareça identificável nos vídeos/fotos, e tal escolha não prejudicará em nada a participação dele nas demais atividades.

- **Possível constrangimento ao opinar:** Ao responder questionários ou conversar sobre as aulas, o aluno pode sentir receio de dar alguma resposta sincera (por exemplo, criticar uma atividade) por temor de desagradar o professor ou os pesquisadores. Para mitigar isso, garantimos ao aluno que não há respostas certas ou erradas sobre sua opinião – todas as opiniões são válidas e respeitadas. As respostas serão coletadas de forma anônima (por exemplo, em formulários sem nome) para que ele fique à vontade em ser honesto. No caso de entrevistas, poderão ser em grupo, de modo que nenhuma criança seja exposta individualmente, e sempre com tom acolhedor. O aluno pode também optar por não responder algo que o deixe desconfortável, sem qualquer consequência. Reiteramos que ninguém será julgado pelas opiniões; pelo contrário, valorizamos a sinceridade para que a pesquisa reflita a realidade.

Além das precauções acima, enfatizamos que a participação é livre. Se, em qualquer momento, vocês responsáveis ou o próprio aluno não quiserem mais continuar, basta comunicar o pesquisador ou a escola e então o aluno será dispensado da pesquisa imediatamente, sem prejuízo. A direção da escola e os pesquisadores estabeleceram procedimentos para que, caso algum aluno apresente qualquer sinal de desconforto relevante, ele seja acolhido e, se necessário, a participação seja suspensa. Todos os cuidados serão tomados para que os alunos se sintam bem ao longo do estudo.

A participação de seu filho(a) neste estudo pode trazer alguns benefícios educacionais, embora não haja garantia de benefícios diretos individualmente. São eles:

- **Aulas mais dinâmicas e interativas:** Se seu filho(a) participar do grupo experimental, ele terá a oportunidade de vivenciar aulas com recursos de robótica educacional, o que tende a tornar o aprendizado mais prático e divertido. Essa experiência diferenciada pode estimular a curiosidade e o interesse dele pelos conteúdos de ciência e tecnologia, saindo um pouco da rotina tradicional de aula expositiva. Mesmo os alunos do grupo de controle poderão se beneficiar indiretamente, já que fazem parte do contexto do estudo e terão a atenção do professor e dos pesquisadores nas

avaliações, possivelmente se motivando a aprender pelos desafios propostos nos testes.

- **Aprendizado potencialmente aprimorado:** Ao ter contato com atividades práticas e aplicações concretas (no caso das aulas com robótica), espera-se que os alunos compreendam melhor certos conceitos e desenvolvam habilidades como raciocínio lógico, trabalho em equipe e resolução de problemas. Assim, seu filho(a) pode alcançar um maior entendimento dos conteúdos curriculares envolvidos e desenvolver um pensamento mais crítico e criativo. Mesmo que esses benefícios variem de aluno para aluno, a experiência prática costuma complementar positivamente a teoria vista em sala.
- **Contribuição para a qualidade do ensino:** Participando da pesquisa, seu filho(a) estará ajudando a melhorar a educação não só para ele, mas para outros alunos no futuro. Os resultados obtidos servirão de base para que escolas e professores adotem metodologias de ensino mais eficazes. Ou seja, ao dar seu feedback e permitir a análise de seu desempenho, ele contribuirá para identificar estratégias que funcionam bem (ou não) em sala de aula. Isso pode resultar, por exemplo, em aulas mais envolventes e adequadas ao perfil dos estudantes nas próximas turmas, materiais didáticos melhores e professores mais preparados para usar tecnologia. Seu filho(a) pode sentir-se orgulhoso de fazer parte de um estudo científico e de saber que suas experiências vão gerar conhecimento que beneficiará outros colegas e a comunidade escolar em geral.
- **Sem prejuízo ao conteúdo:** Importante ressaltar que, mesmo participando da pesquisa, o aluno não perderá conteúdo escolar. As atividades do projeto foram planejadas para se integrar aos objetivos de aprendizagem da disciplina. Portanto, ele estará aprendendo os tópicos previstos no currículo, apenas por meio de abordagens diferentes (no caso experimental) ou do modo convencional (no controle). Assim, não há perda acadêmica – pelo contrário, espera-se uma complementação útil.

Não há recompensa financeira pela participação, porém acreditamos que a vivência no projeto, o aprendizado diferenciado e a possibilidade de influência positiva na melhoria do ensino são benefícios valiosos para o aluno. Além disso, a participação em si pode ser uma experiência enriquecedora por expor o aluno ao método científico, demonstrando na prática como se conduz um experimento educacional – o que pode despertar nele a

curiosidade pela ciência.

A privacidade de seu filho(a) e a proteção dos dados pessoais serão rigorosamente preservadas durante e após a pesquisa. Os dados brutos (como formulários respondidos, vídeos das aulas, resultados de testes) serão armazenados em ambiente seguro e de acesso restrito aos pesquisadores. Apenas a equipe diretamente envolvida na pesquisa terá acesso a dados identificáveis, e todos estão comprometidos com o sigilo profissional.

As filmagens e fotografias eventualmente realizadas servirão unicamente para análise interna da pesquisa e, se forem utilizadas em trabalhos científicos (por exemplo, apresentação em eventos ou ilustração de resultados), será sem identificação dos participante, por exemplo, usando imagens em que não seja possível reconhecer os rostos, ou aplicando desfoque/censura quando necessário. Nenhum dado pessoal (nome, imagem identificável, voz, contato) será exposto em publicações sem prévia autorização.

Os dados coletados serão preservados pelo pesquisador responsável, Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz, em arquivos protegidos (físicos trancados e/ou digitais com senha) por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término do estudo. Após esse período, ou quando os resultados estiverem publicados, os dados anonimizados (ou seja, sem qualquer informação que identifique você ou os demais participantes) poderão ser disponibilizados em um repositório digital aberto (Zenodo), uma plataforma de armazenamento de dados científicos mantida pelo CERN. Essa medida atende aos princípios de transparência e reprodutibilidade da ciência, permitindo que outros pesquisadores consultem os dados no futuro, mas sem qualquer risco à sua privacidade, pois nenhuma informação identificadora estará presente.

A pesquisa cumpre a Lei Geral de Proteção de Dados (Lei nº 13.709/2018). Isso significa que seus dados pessoais serão utilizados exclusivamente para os fins descritos neste projeto e protegidos conforme a legislação. Os responsáveis e o participante (aluno) têm o direito de acessar as informações que fornecemos e de retirar consentimento a qualquer momento se desejarem, podem solicitar aos pesquisadores que removam e excluam todos os dados do aluno da pesquisa, mesmo depois de já terem sido coletados, e esse pedido será prontamente atendido, apagando-se os registros correspondentes. Além disso, caso queiram receber informações sobre os resultados do estudo, os pesquisadores podem disponibilizar um resumo dos achados ao final do projeto, mediante solicitação.

Você tem direito a esclarecimentos adicionais e, em caso de dúvida, pode en-

trar em contato diretamente com os pesquisadores: Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz (pgabriel@ufersa.edu.br), Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz (isaulucas-dequeiroz@gmail.com) ou com o Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo (silvio@ufersa.edu.br). Dúvidas sobre a ética da pesquisa podem ser esclarecidas junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da UERN – Faculdade de Medicina da UERN - Rua Miguel Antonio da Silva Neto s/n - Aeroporto, homepage: <http://www.uern.br> - e-mail: cep@uern.br – CEP: 59607-360 - Mossoró –RN Tel: (84) 3315-2094. Você ficará com uma via original deste TCLE e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa.

Se para o participante houver gasto de qualquer natureza, em virtude da sua participação nesse estudo, é garantido o direito a indenização (Res. 466/12 II.7) – cobertura material para reparar dano – e/ou ressarcimento (Res. 466/12 II.21) – compensação material, exclusivamente de despesas do participante e seus acompanhantes, quando necessário, tais como transporte e alimentação – sob a responsabilidade do (a) pesquisador(a) Prof Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz.

Consentimento Livre e Esclarecido do Responsável

Eu, _____, responsável legal,
pelo(a) aluno(a) _____ (nome do participante menor),
declaro que li cuidadosamente e estou ciente de todos os termos deste documento. As finalidades, procedimentos, riscos e benefícios da pesquisa me foram esclarecidos de forma satisfatória pela equipe responsável, e tive a oportunidade de tirar todas as minhas dúvidas. Estou ciente de que a participação de meu(minha) filho(a) é voluntária e que posso retirar meu consentimento e cancelar a participação dele(a) a qualquer momento, sem que isso traga qualquer prejuízo ao aluno, seja no âmbito escolar ou em qualquer outro. Declaro também que foi garantido o sigilo sobre a identidade do participante e a confidencialidade de todos os dados coletados. Diante disso, autorizo de livre e espontânea vontade a participação de meu(minha) filho(a) na pesquisa, conforme os termos acima expostos. Este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) está emitido em duas vias de igual teor; uma via permanecerá comigo (responsável), e a outra via ficará com os pesquisadores do estudo, como comprovação de nosso consentimento.

Local e data: _____

Assinatura do Responsável Legal

Assinatura do Pesquisador Responsável

Assinatura do Participante (Aluno, se apto a assinar)

Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo (Professor Orientador) - Curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Leste, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN. Tel. (84) 3337-8509.

Prof Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz (Co-orientador da Pesquisa – Pesquisador Responsável) - Curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-árido– UFERSA, Campus Mossoró, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN. Tel.(84) 3337-8509

Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz (Aluno Responsável) - Aluno da Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-árido– UFERSA, Campus Mossoró, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN. Tel.(84) 3337-8509

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UERN) - Faculdade de Medicina da UERN - Rua Miguel Antonio da Silva Neto s/n - Aeroporto

Home page: <http://www.uern.br> - e-mail: cep@uern.br – CEP: 59607-360 - Mossoró –RN
Tel: (84) 3315-2094.

APÊNDICE C – TERMO DE ASSENTIMENTO (ALUNO)

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Declaro que estou ciente e concordo em participar do estudo “Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico”, cujo o pesquisador responsável é o Prof. Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz. Fui esclarecido sobre o objetivo deste estudo, investigar se o uso da robótica nas aulas do ensino básico, por meio do programa “SCIENCE”, ajuda os alunos a aprender melhor, e também sobre os objetivos específicos, como comparar o desempenho de alunos que tiverem aulas com robótica com aqueles que tiverem aulas tradicionais, além de avaliar de que forma a robótica pode influenciar o interesse e a participação dos alunos em sala de aula.

Quanto às atividades que serão realizadas no estudo, fui informado de que participei de um pré-teste inicial para verificar meus conhecimentos antes das aulas; em seguida assistirei a algumas aulas, que podem ser aulas utilizando robótica educacional ou aulas no formato tradicional (sem robótica), conforme o planejamento da pesquisa; depois farei um pós-teste para avaliar o que aprendi com as aulas. Também responderei a questionários sobre as aulas e meu aprendizado, e minha participação em sala será observada por um pesquisador, podendo haver registros de imagem (com a devida autorização por meio da assinatura do termo de autorização para uso de imagem) durante as atividades em sala de aula.

Fui informado que todas as informações coletadas durante a pesquisa (como minhas respostas e resultados nos testes e questionários) serão organizadas em um banco de dados, de forma anonimizada, e analisadas pelos pesquisadores com auxílio de programas estatísticos, para ajudar a entender os resultados do estudo.

Também me explicaram quais são os possíveis riscos da minha participação. Poderá ser que eu me sinta ansioso, nervoso ou desconfortável ao realizar os testes ou ao ser filmado/fotografado durante as aulas, pois posso ficar com vergonha de aparecer nas imagens. No entanto, fui assegurado de que esses riscos serão minimizados por meio de várias medidas, tais como: garantia de anonimato e privacidade, ou seja, meu nome não será divulgado em nenhum momento e nenhuma imagem que permita a minha identificação será publicada; sigilo dos dados pessoais coletados, que ficarão acessíveis somente aos responsáveis pela pesquisa e serão protegidos conforme a Lei Geral de Proteção de Dados

(LGPD, Lei nº 13.709/2018); não divulgação de informações pessoais nos resultados, os resultados do estudo serão apresentados de forma agrupada, sem qualquer dado que identifique os participantes individualmente; compromisso dos pesquisadores em zelar pelo meu conforto e bem-estar ao longo do estudo, garantindo que eu me sinta à vontade para participar das atividades e responder às perguntas (podendo inclusive deixar de responder algo ou desistir de participar a qualquer momento, se eu quiser, sem qualquer prejuízo ou penalização); e anuência da escola, a diretoria da minha escola já autorizou a realização da pesquisa, estando ciente de todo o procedimento.

Também estou ciente de que esta pesquisa seguirá todas as normas éticas aplicáveis, incluindo as Resoluções do Conselho Nacional de Saúde (CNS) nº 466/2012 e nº 510/2016, além da observância aos preceitos da Lei Geral de Proteção de Dados, garantindo a proteção dos meus direitos, da minha segurança e da minha privacidade.

Para manter o sigilo e o respeito aos participantes da pesquisa, apenas o discente Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz, aluno do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação – PPGCC, da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) em associação com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), aplicará o questionário. Somente o discente Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz, o professor orientador e o pesquisador responsável, abaixo listados, poderão manusear e guardar os questionários e demais instrumentos utilizados no experimento.

Dessa forma, concordo em participar voluntariamente da pesquisa e autorizo a utilização e a divulgação dos resultados deste estudo, comprometendo-se os pesquisadores a manter meu anonimato e sigilo sobre todas as informações que eu fornecer.

Assinatura do Aluno

Mossoró – RN, ____/____/____

Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo (Professor Orientador) - Curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Leste, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN. Tel. (84) 3337-8509.

Prof Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz (Co-orientador da Pesquisa – Pesquisador Responsável) - Curso de Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-árido– UFERSA, Campus Mossoró, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN. Tel.(84) 3337-8509

Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz (Aluno Responsável) - Aluno da Pós-Graduação em Ciência da Computação, da Universidade Federal Rural do Semi-árido– UFERSA, Campus Mossoró, no endereço R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, CEP: 59.625-900 – Mossoró – RN. Tel.(84) 3337-8509

Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UERN) - Faculdade de Medicina da UERN - Rua Miguel Antônio da Silva Neto s/n - Aeroporto

Home page: <http://www.uern.br> - e-mail: cep@uern.br – CEP: 59607-360 - Mossoró –RN
Tel: (84) 3315-2094

APÊNDICE D – MANUAL COMPLETO DE ANOTAÇÕES (COPUS ADAPTADO)

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz / E-mail: isaulucasdequeiroz@gmail.com

Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo / E-mail: silvio.araujo@ufersa.edu.br

Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 35, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz / E-mail: pgabriel@ufersa.edu.br

Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 32, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

MANUAL COMPLETO DE ANOTAÇÕES PARA OBSERVADORES COPUS ADAPTADO À NATUREZA DA PESQUISA

Protocolo Adaptado de Observação – Aulas de Robótica Educacional com SCIENCE

1. Objetivo Geral

Este manual tem como finalidade orientar os observadores a:

- Registrar sistematicamente as ações do professor e dos alunos, em intervalos de 05 minutos, durante as aulas de robótica educacional.
- Adaptar os códigos originais do COPUS (Smith et al., 2017) para capturar as especificidades da intervenção com o software SCIENCE – incluindo demonstração, orientação prática e atividades de montagem/programação dos robôs.
- Avaliar o nível de engajamento dos alunos utilizando uma escala qualitativa padronizada, minimizando a subjetividade e o viés do observador.

- Assegurar o cumprimento dos aspectos éticos da pesquisa, por meio da verificação e registro do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

2. Materiais Necessários

- Formulário de Anotação Completo (impresso ou digital) com as seguintes seções:
 - Identificação da Aula;
 - Registro dos Intervalos (com colunas para Ações do Professor, Ações dos Alunos, Engajamento e Observações Complementares);
 - Campo para verificação do TCLE.
- Cronômetro, relógio ou sand timer – para delimitar intervalos exatos de 05 minutos.
- Caneta ou dispositivo eletrônico – para realizar as anotações.
- Manual dos Códigos Adaptados – documento com as definições e exemplos dos códigos a serem utilizados.
- Cópia física ou digital do TCLE – para consulta e verificação prévia.

3. Preparação do Ambiente e Procedimentos Iniciais

Verificação Pré-Aula

- Preencha a seção de identificação do formulário com data, horário, turma, professor, local e nome do observador.
- Confirme que todos os participantes (ou seus responsáveis) assinaram o TCLE. Na coluna “TCLE”, registre “Confirmado” ou “Pendente” (caso algum aluno/responsável não tenha assinado, especifique).
- Organize o ambiente para que o observador possa visualizar toda a sala sem interferir na dinâmica da aula.

Sincronização

- Configure o cronômetro para intervalos exatos de 05 minutos.
- Se houver mais de um observador, alinhem os intervalos para facilitar a comparação dos registros e a avaliação de engajamento.

4. Estrutura do Formulário de Anotação

4.1. Identificação da Aula

- Data: (ex.: 15/04/2025)
- Horário: (ex.: 10:00 – 11:00)
- Turma: (ex.: 6º Ano – Robótica Educacional)
- Insira o código único que lhe foi fornecido ao professor para garantir seu anonimato
- Local: Sala ou laboratório

Verificação do TCLE: Registre “Confirmado” se todos os responsáveis tiverem assinado o TCLE ou “Pendente” com a indicação de quais alunos ou responsáveis estão em falta.

4.2. Registro dos Intervalos

Cada linha corresponde a um intervalo de 05 minutos e deverá conter as seguintes colunas:

- Intervalo (min)
- Ações do Professor
- Ações dos Alunos
- Engajamento (Opcional)
- Observações Complementares

Exemplo de preenchimento (modelo):

Intervalo (min)	Ações do Professor	Ações dos Alunos	Engajamento (Opc.)	Observações Complementares
0–05			Baixo / Médio / Alto	
05–10			Baixo / Médio / Alto	
10–15			Baixo / Médio / Alto	

...

Observação: A coluna “Engajamento” é opcional e deve ser preenchida por observadores

já treinados. O registro do TCLE será feito na seção de identificação e referenciado em caso de intercorrências na coluna de “Observações Complementares”.

5. Instruções Detalhadas de Preenchimento

5.1. Registro das Ações do Professor

Códigos para Registro das Ações do Professor

(O que o professor está fazendo durante a aula?)

- **Lec** (Exposição Tradicional): O professor ministra a aula de forma expositiva, utilizando recursos visuais (slides, quadro, etc.), sem interação imediata com os alunos.
- **CQ** (Questionamento): O professor formula perguntas para estimular a reflexão dos alunos ou para verificar a compreensão do conteúdo.
- **SCI** (Utilização do Software SCIENCE): O professor demonstra ou interage diretamente com o software SCIENCE, explicando funcionalidades e aplicação na geração de planos de aula.
- **ROB** (Orientação Prática com Robôs): O professor orienta os alunos na montagem, configuração ou programação dos robôs, auxiliando em dúvidas ou correções.
- **ALIN** (Alinhamento Curricular – BNCC): O professor estabelece conexões explícitas entre a atividade e os objetivos curriculares definidos pela BNCC.
- **ADM** (Administrativo – Opcional): O professor realiza anúncios ou orientações administrativas não diretamente relacionadas ao conteúdo da aula.
- **RtW** (Real-Time Writing): O professor escreve em tempo real no quadro, transparências ou anotações compartilhadas.
- **FUp** (Follow-Up): O professor faz acompanhamento sobre questões ou atividades, fornecendo feedback ou explicações adicionais.
- **PQ** (Perguntas não clique): O professor faz perguntas abertas para toda a turma, sem utilizar tecnologia de votação.
- **MG** (Movimentação): O professor circula pela sala, observando e interagindo com os alunos.
- **1o1** (Interação Individual): O professor conversa individualmente com um aluno para esclarecer dúvidas ou auxiliar na atividade.

- D/V (Demonstração/Experimento): O professor realiza uma demonstração prática ou experimento na frente da turma.
- W (Espera): O professor aguarda ou faz pausas na aula sem interação com os alunos.
- O (Outro): Qualquer outra atividade do professor não é coberta pelos códigos acima.

5.2. Registro das Ações dos Alunos

Códigos para Registro das Ações dos Alunos

(O que os alunos estão fazendo durante a aula?)

- Esc (Escuta): Alunos atentos ao professor, tomando notas ou observando sem interagir.
- EXP (Experimentação Prática): Alunos manipulam os kits robóticos, testando montagens ou componentes.
- COL (Colaboração): Trabalho em grupo, com alunos discutindo e resolvendo problemas coletivamente.
- PROG (Programação): Alunos programam os robôs utilizando o software SCIENCE, digitando ou testando comandos.
- ASK (Questionamento dos Alunos – Opcional): Alunos levantam dúvidas, questionam o professor ou interagem para esclarecer conceitos.
- OBS (Observação/Reflexão – Opcional): Momentos de reflexão individual ou observação silenciosa, sem interação verbal imediata.
- L (Listening): Os alunos escutam atentamente ao professor, podendo ou não tomar notas.
- Ind (Pensamento Individual): Os alunos refletem ou resolvem problemas de forma independente, sem colaboração.
- CG (Discussão sobre Clicker Question): Os alunos discutem respostas para uma questão interativa (clicker question).
- WG (Trabalho em Grupo – Worksheet): Os alunos trabalham em conjunto em uma atividade estruturada (planilha, tarefa prática, etc.).
- OG (Outra Atividade em Grupo): Os alunos realizam outro tipo de atividade colaborativa não estruturada.
- AnQ (Respostas a Perguntas do Professor): Os alunos respondem perguntas feitas pelo professor.

- SQ (Pergunta dos Alunos): Os alunos fazem perguntas ao professor ou colegas.
- WC (Discussão em Classe): Os alunos participam de uma discussão coletiva conduzida pelo professor.
- Prd (Previsão de Experimento): Os alunos fazem previsões sobre os resultados de um experimento ou demonstração.
- SP (Apresentação dos Alunos): Os alunos realizam uma apresentação oral ou demonstram um projeto.
- TQ (Teste/Quiz): Os alunos estão realizando uma avaliação formal, teste ou quiz.
- W (Espera): Os alunos estão aguardando sem uma atividade específica.
- O (Outro): Qualquer outra atividade realizada pelos alunos não coberta pelos códigos acima.

5.3. Registro do Engajamento dos Alunos

A avaliação do engajamento procura medir, de forma padronizada e menos subjetiva, o nível de participação ativa da turma. Para minimizar o viés do observador, siga estas diretrizes:

Critérios de Classificação

Baixo Engajamento:

- Definição: Menos de 20% dos alunos demonstram participação ativa.
- Avaliação Imparcial: Considere “Baixo” se, ao final do intervalo, apenas alguns alunos (por exemplo, 1 ou 2 em uma sala de 30) estiverem interagindo ou manipulando os kits.

Médio Engajamento:

- Definição: Entre 20% e 80% dos alunos estão envolvidos.
- Avaliação Imparcial: Marque “Médio” se houver uma divisão clara – por exemplo, se aproximadamente metade dos alunos estão participando ativamente e o restante está passivo.

Alto Engajamento:

- Definição: Mais de 80% dos alunos estão ativamente engajados.
- Avaliação Imparcial: Marque “Alto” se quase todos os alunos estiverem visivelmente interagindo, experimentando, discutindo ou programando.

Redução do Viés

- Utilize amostragens rápidas: Ao término do intervalo, faça uma “fotografia mental” da sala, contando os alunos envolvidos em cada atividade (ou divida mentalmente a sala em quadrantes).
- Compare com parâmetros pré-estabelecidos: Durante o treinamento, alinhe as percepções com exemplos de vídeos e simulações para padronizar a avaliação.
- Se possível, registre uma breve nota quantitativa (ex.: “6 de 30 alunos ativos”) para sustentar a classificação qualitativa.

5.4. Registro das Situações Relacionadas ao TCLE

Verificação Inicial:

- Antes da aula, confirme a assinatura do TCLE por todos os alunos ou responsáveis.
- Preencha a seção de Identificação da Aula com o status “Confirmado” ou “Pendente” (especificar se necessário).

Durante a Aula:

- Se for observado um aluno novo ou uma situação de dúvida sobre o TCLE, registre na coluna “Observações Complementares” com detalhes (ex.: “Aluno X sem assinatura; informada coordenação”).

6. Procedimentos Durante a Observação

6.1. Início e Sincronização dos Intervalos

- Acione o cronômetro no início da aula e garanta que cada intervalo seja estritamente de 05 minutos.
- Se em dupla, alinhem o início de cada intervalo para permitir a comparação posterior.

6.2. Preenchimento das Colunas Durante Cada Intervalo

- **Ações do Professor:** Observe e marque os códigos que descrevem a atuação do professor. Se mais de uma ação ocorrer, marque todos os códigos correspondentes (por exemplo, “SCI, CQ” se o professor demonstrar o SCIENCE e, simultaneamente, questionar os alunos).

- **Ações dos Alunos:** Registre os comportamentos observados, utilizando os códigos predefinidos (ex.: “Esc, EXP” se a maioria estiver apenas ouvindo e alguns estiverem experimentando).
- **Engajamento (Opcional):** No final de cada intervalo, faça uma avaliação rápida e imparcial do nível de engajamento da turma utilizando os critérios definidos (Baixo, Médio ou Alto). Sempre que possível, anote uma estimativa quantitativa para sustentar a avaliação (ex.: “6/30 alunos ativos”).
- **Observações Complementares:** Anote qualquer informação adicional que possa ser relevante para a interpretação dos dados, como interrupções, problemas técnicos ou intercorrências relacionadas ao TCLE.
- **Revisão Pós-Intervalo:** Revise rapidamente as anotações do intervalo antes de iniciar o próximo, garantindo que não haja omissões.

7. Pós-Observação e Consolidação dos Dados

Revisão Final

- Ao final da aula, revise todo o formulário para confirmar que todas as colunas foram preenchidas de forma adequada.
- Confirme que a verificação do TCLE está corretamente registrada e que quaisquer intercorrências foram anotadas nas Observações Complementares.

Transcrição e Digitalização

Se as anotações foram feitas manualmente, transcreva os dados para um arquivo digital o quanto antes para preservar a integridade das informações.

Envio para a Equipe de Pesquisa

Envie o formulário completo e digitalizado para a equipe de pesquisa, acompanhando-o de um breve relatório que destaque quaisquer ocorrências relevantes, especialmente aquelas relacionadas ao TCLE ou a discrepâncias no engajamento.

Conclusão

Este Manual Completo de Anotação para Observadores foi elaborado para oferecer uma orientação detalhada e padronizada para a coleta de dados em aulas de robótica educacional com o uso do SCIENCE. Com a adaptação dos códigos originais do COPUS, a inclusão de procedimentos para avaliação do engajamento de forma mais imparcial e o registro rigoroso do TCLE e demais documentos necessários, este protocolo garante a confiabilidade dos dados e o respeito às diretrizes éticas da pesquisa.

A aplicação consistente deste manual permitirá uma análise robusta dos impactos da intervenção, tanto no processo de ensino-aprendizagem quanto na integração da tecnologia na prática pedagógica. Em caso de necessidade de ajustes ou complementos, este documento poderá ser revisado e atualizado com base no feedback dos treinamentos e nos resultados preliminares da pesquisa.

Este é o Manual Completo para os observadores, unindo todas as orientações, definições e procedimentos adaptados para a realidade da pesquisa com o SCIENCE e a robótica educacional.

APÊNDICE E – PROPOSTA DE PRÉ/PÓS-TESTE E RUBRICAS DE CORREÇÃO

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz **E-mail:**
isaulucasdequeiroz@gmail.com

Endereço: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, R. Francisco Mota, 572 – Pres. Costa e Silva, Mossoró – RN

Professor orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo **E-mail:**
silvio.araujo@ufersa.edu.br

Endereço: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CCEN, sala 35, campus leste, R. Francisco Mota, 572 – Pres. Costa e Silva, Mossoró – RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz **E-mail:** pgabriel@ufersa.edu.br

Endereço: Universidade Federal Rural do Semi-Árido, CCEN, sala 32, campus leste, R. Francisco Mota, 572 – Pres. Costa e Silva, Mossoró – RN

Proposta de Pré-Teste: Integração de Conceitos e Avaliação Interdisciplinar

(Baseada nas Taxonomias de Bloom e Fink)

I. Objetivo e Instruções Gerais

Objetivo

Avaliar o conhecimento prévio dos alunos e sua capacidade de conectar conceitos de Robótica, Matemática e Física. Este pré-teste é direcionado a alunos do Fundamental II ou do Ensino Médio e busca estimular o pensamento crítico e a integração dos conteúdos.

Método

O teste pode ser realizado individualmente ou em grupo. As respostas serão avaliadas segundo as dimensões das taxonomias de Bloom (recordação, compreensão,

aplicação, análise, avaliação e criação) e de Fink (conhecimento fundamental, integração, desenvolvimento humano e aprender a aprender), utilizando uma rubrica com critérios definidos na Seção IV deste anexo.

Antes do início do teste, será feita uma breve explicação para instruir os alunos sobre como preencher o questionário. Serão abordados aspectos como o que é um mapa conceitual e como elaborá-lo, a fim de esclarecer possíveis dúvidas e evitar erros no preenchimento.

Registro e correção

Todas as respostas serão registradas e avaliadas com base em critérios que medem engajamento, desempenho cognitivo, trabalho em equipe (quando aplicável) e criatividade. Os feedbacks serão compartilhados ao final do experimento (após a aplicação do pré e pós-teste) para ajudar os alunos a aprimorarem seu aprendizado.

II. Lista de Termos para Conexão

Utilize os termos abaixo para estabelecer conexões e desenvolver as atividades:

Robótica

Sensor; Atuador; Microcontrolador; Algoritmo; Programação; Feedback; Interface; Circuitos; Protótipo; Automação; Robô.

Matemática

Equação; Função; Geometria; Estatística; Medida; Álgebra; Cálculo; Probabilidade; Padrão; Gráfico.

Física

Força; Energia; Movimento; Lei de Newton; Circuitos; Velocidade; Aceleração; Gravidade; Impulso; Trabalho.

III. Questões para Conexão e Integração

(Substitua “[ASSUNTO]” pelo tema específico, se necessário.)

A. Lembrar e Compreender

Identificação e associação inicial

1. Escolha três termos de cada área (Robótica, Matemática e Física) que você já conhece.
2. Selecione dois termos de áreas diferentes (por exemplo, “Sensor” e “Equação”) e explique, com suas palavras, como eles podem se relacionar no contexto de [ASSUNTO].

Mapeamento conceitual

Crie um mapa conceitual simples conectando pelo menos quatro termos (de áreas diferentes) e explique brevemente como essas relações podem ajudar a resolver um problema em [ASSUNTO].

B. Analisar e Aplicar

Projeto interdisciplinar

Imagine um projeto que une conceitos de Robótica, Matemática e Física para resolver um problema real relacionado a [ASSUNTO].

- Descreva o problema.
- Explique como pelo menos quatro termos da lista serão usados na solução do problema.

Comparação de processos

Imagine que você segue uma receita simples para jogar um jogo no computador e, em outra situação, resolve uma conta de matemática.

1. Quais passos ou regras você percebe que são parecidos nessas duas situações?
2. Em que momentos os passos são diferentes?

3. Como entender essas semelhanças e diferenças pode ajudar a enfrentar os desafios de [ASSUNTO]?

C. Avaliar e Criar

Avaliação crítica

Avalie a importância de integrar os conceitos de Robótica com [ASSUNTO].

- Quais são os benefícios dessa abordagem para o seu aprendizado?
- Quais desafios podem surgir?
- Sugira estratégias para superar esses desafios.

Proposição de atividade

Crie uma proposta de atividade prática que utilize os conceitos da lista para explorar [ASSUNTO] e resolver um problema do cotidiano.

- Descreva a atividade, suas etapas, os recursos necessários e os resultados esperados.
- Indique os indicadores qualitativos (por exemplo, engajamento, criatividade) e quantitativos (por exemplo, cálculos, medições) que serão usados na avaliação.
- Justifique como a atividade ajuda a desenvolver competências importantes.

IV. Rubrica de Avaliação

Instruções gerais para correção

Divisão por dimensões

As respostas serão avaliadas em três grandes dimensões, que correspondem aos diferentes níveis da aprendizagem:

- Lembrar e Compreender
- Aplicar e Analisar
- Avaliar e Criar

Crêterios de avaliação

Cada dimensão possui cr terios específicos, e cada cr terio deve ser pontuado de 0 a 10, conforme descrito nas tabelas a seguir. O corretor deve ler a resposta do aluno e comparar com os descritores para atribuir a nota adequada.

Rubrica de avaliação

1. Lembrar e Compreender

Cr�terio	Excelente (10)	Bom (7–9)	Satisfatório (4–6)	Fraco (0–3)
Precisão dos conceitos	O aluno define os termos corretamente e estabelece conexões claras entre as áreas.	Os termos são definidos corretamente, mas as conexões são superficiais.	Algumas defini�es apresentam erros e as conexões são parciais.	Os termos são definidos de forma equivocada ou ausentes.
Integração conceitual	As relações entre os conceitos estão integradas de forma lógica e consistente.	As relações são identificadas, mas faltam profundidade na integração.	A integração entre os conceitos � fraca ou desconexa.	Não há integração ou as conexões estão incorretas.

2. Analisar e Aplicar

Critério	Excelente (10)	Bom (7–9)	Satisfatório (4–6)	Fraco (0–3)
Aplicação prática	Propõe uma solução viável, bem fundamentada e completa para o problema apresentado.	Apresenta uma solução viável, mas com algumas falhas ou lacunas.	A solução é superficial ou incompleta, sem fundamentação adequada.	Não apresenta solução prática ou a proposta é inviável.
Análise interdisciplinar	Integra os conhecimentos de forma inovadora, evidenciando relações consistentes entre as áreas.	Identifica a integração entre as áreas, mas a análise é pouco aprofundada.	A integração é limitada e a análise não evidencia conexões claras.	Não há evidência de análise ou integração entre os conceitos.

3. Avaliar e Criar

Critério	Excelente (10)	Bom (7–9)	Satisfatório (4–6)	Fraco (0–3)
Avaliação crítica	Demonstra uma reflexão profunda, identificando claramente benefícios, desafios e estratégias para superá-los.	Apresenta uma avaliação adequada, mas sem profundidade ou clareza total.	A avaliação é superficial, sem aprofundamento nas ideias.	Não há reflexão crítica ou a avaliação é inadequada.
Criatividade e inovação	Propõe ideias originais e criativas, mostrando soluções inovadoras e coerentes com os conceitos estudados.	As propostas são adequadas, porém faltam elementos inovadores res.	As ideias são pouco originais e apresentam pouca coerência com os conceitos.	Não há criatividade ou as ideias são incoerentes.
Metacognição	Reflete claramente sobre o próprio processo de aprendizagem e identifica pontos de melhoria.	A reflexão existe, mas é pouco detalhada e deixa a desejar em profundidade.	A autocrítica é superficial, com poucas evidências de reflexão.	Não há autocrítica ou reflexão sobre o próprio processo.

Cálculo da nota final

Após pontuar cada critério, soma-se as pontuações para obter a nota final do aluno.

Orientações para os corretores

- **Leitura atenta:** Leia cada resposta com atenção e compare o desempenho do aluno com os descritores da tabela.

- **Atribuição de pontos:** Para cada critério, atribua uma nota de 0 a 10, baseando-se no quanto a resposta se aproxima dos descritores do “Excelente”. Utilize a faixa de “Bom”, “Satisfatório” ou “Fraco” conforme apropriado.
- **Feedback detalhado:** Além da pontuação, é recomendável que o corretor forneça comentários específicos para orientar o aluno sobre como melhorar. Essa etapa deve ocorrer apenas após a conclusão da coleta de dados (pré e pós-teste) para evitar possíveis vieses no andamento da pesquisa.
- **Consistência e transparência:** Garanta que a correção seja feita de forma consistente entre os avaliadores. Uma reunião prévia entre os corretores para alinhar a interpretação dos descritores pode ser muito útil.

APÊNDICE F – PRÉ/PÓS TESTE APLICADO

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz / E-mail: isaulucasdequeiroz@gmail.com Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo/ E-mail: silvio.araujo@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 35, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz / E-mail: pgabriel@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 32, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO:

I. Objetivo e Instruções Gerais

- **Objetivo:**

Avaliar o conhecimento dos alunos após as atividades realizadas e verificar sua capacidade de conectar conceitos de Matemática, especialmente de cálculo algébrico. Este pós-teste é direcionado a alunos do Ensino Médio e busca identificar avanços no pensamento crítico, na aplicação prática e na integração dos conteúdos trabalhados.

- **Método:**

O teste deve ser realizado individualmente. As respostas serão avaliadas segundo as dimensões das taxonomias de Bloom (recordação, compreensão, aplicação, análise, avaliação e criação) e de Fink (conhecimento fundamental, integração, desenvolvimento humano e aprender a aprender), utilizando uma rubrica com critérios definidos na seção IV deste anexo.

Antes do início do teste, será feita uma breve explicação para instruir os alunos sobre como preencher o questionário. Serão abordados aspectos como o que é um mapa conceitual e como elaborá-lo, a fim de esclarecer possíveis dúvidas e evitar erros no preenchimento.

- **Registro e Correção:**

Todas as respostas serão registradas e avaliadas com base em critérios que medem engajamento, desempenho cognitivo, trabalho em equipe (quando aplicável) e criatividade. Os feedbacks serão compartilhados ao final do experimento (após a aplicação do pré e pós-teste) para ajudar os alunos a aprimorarem seu aprendizado.

II. Lista de Termos para Conexão

Utilize os termos abaixo para estabelecer conexões e desenvolver as atividades em algumas das questões:

- **Robótica:**

Sensor, motor, comando, instrução, trajetória, rota, caminho, estratégia de solução, previsão, estimativa, robô seguidor de linha, transporte de objetos, desvio de obstáculos, parada em ponto exato, repetição de movimentos, kit LEGO, robô LEGO, montagem simples, movimento automático, estrutura do robô, desafio de robótica, programação visual, lógica de movimento, comportamento do robô

- **Matemática:**

Medidas de distância, estimativa de trajetórias, proporções, escalas, ângulos, giros, velocidade média, tempo, distância, sequência lógica, ordenação, algoritmos simples, relações de causa e efeito, cálculo básico, previsão de tempo, contagem de passos, comparação de valores, multiplicação, divisão, adição, subtração

III. Questões para Conexão e Integração

Lembrar e Compreender (Bloom: *Remember & Understand* / Fink: *Conhecimento Fundamental*)

Identificação e Associação Inicial (foco em matemática):

a) Escolha até três termos da lista de **Matemática** que você já conhece ou acha interessantes.

- Escreva cada termo.

- Depois, **explique com suas próprias palavras** o que você entende sobre cada termo..
(Exemplo: se escolher “fração”, pode explicar como ela representa uma parte de um todo.)

Aplicar e Integrar (Bloom: *Apply & Analyze* / Fink: *Integração*)

b) Escolha **um termo de Matemática** da lista que você achar mais interessante.

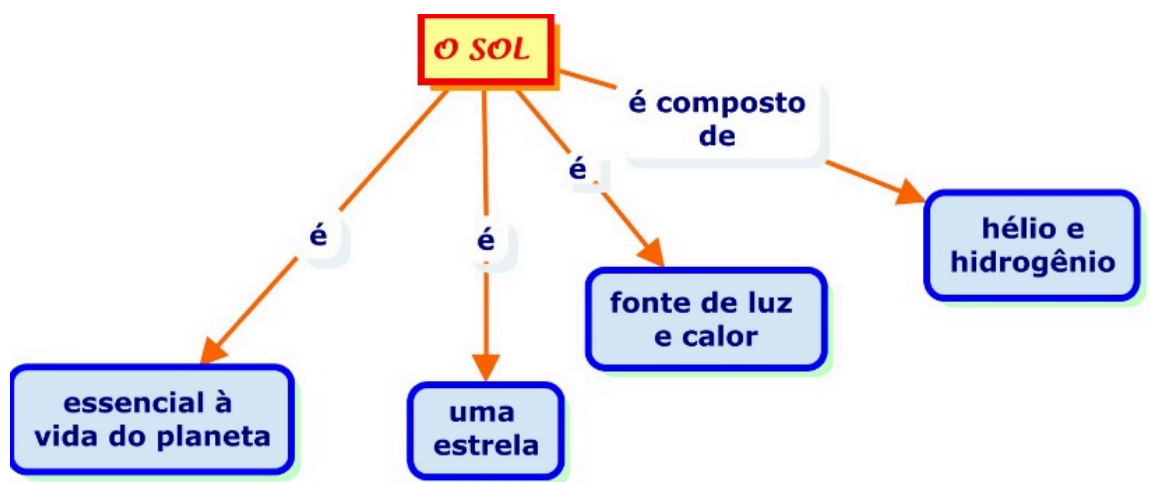
- Agora, **pense em uma situação de tecnologia ou robótica** onde esse termo seria útil. Pode ser algo como um robô que precisa calcular distâncias, medir ângulos ou repetir movimentos.
- **Explique com suas palavras** como esse conceito matemático ajudaria o robô (ou a tecnologia escolhida) a resolver o problema. *Exemplo: “O cálculo de distância ajuda o robô a saber até onde deve andar para chegar no destino.”*

Mapeamento Conceitual:

Agora vamos tentar ligar algumas ideias de Matemática com outras áreas, como tecnologia, ciências ou situações do dia a dia.

- Escolha quatro palavras da lista que estão no início deste teste (podem ser só de Matemática ou misturadas com outras áreas).
- Ligue essas palavras com setas ou linhas e escreva curtinho o que uma tem a ver com a outra.
Exemplo: “Medida → distância → tempo” (a medida mostra quanto o objeto andou em certo tempo).
- Depois, escreva uma frase dizendo como o seu desenho pode ajudar a resolver um problema de Matemática.
Pode ser sobre valor numérico, dízima periódica ou semelhança de triângulos.
Exemplo: “Relacionar distância, tempo e número ajuda a calcular a velocidade de um objeto.”

Abaixo temos um exemplo de como é feito um mapa conceitual:



fonte: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/4/a-utilizacao-dos-mapas-conceituais-como-ferramenta-didatica-nas-licenciaturas-de-fisica-e-matematica-do-ccerj>

C. Avaliar e Criar – Pós-Teste (Assunto: Cálculo Algébrico)

Parte 1 – Avaliação Crítica

Responda de forma simples e com suas próprias palavras:

1. Por que pode ser útil juntar ideias de diferentes áreas para entender melhor **cálculo algébrico**?
2. Que benefícios isso pode trazer para o seu aprendizado?
3. Que dificuldades podem aparecer quando tentamos fazer essas conexões?
4. Que ideias ou estratégias você usaria para lidar com essas dificuldades?

Parte 2 – Criando uma Atividade

Agora pense em uma **atividade prática** que use alguns dos termos da lista do início do teste para trabalhar **cálculo algébrico** em uma situação do dia a dia.

Descreva com suas palavras:

1. **Qual é a atividade** e o que ela pretende ensinar.
2. **Como a atividade seria feita**, explicando o passo a passo.
3. **O que seria necessário usar** (materiais, dados, ferramentas, objetos, etc.).
4. **O que as pessoas devem aprender** ao realizar essa atividade.
5. **Como seria possível medir os resultados com números** (exemplo: contas, comparações, medidas, expressões algébricas).
6. **Como seria possível avaliar os resultados sem números** (exemplo: clareza da explicação, criatividade, organização).
7. **Por que essa atividade ajuda** a desenvolver habilidades importantes em **cálculo algébrico**.

Exemplo: Criar um desafio onde o aluno ou grupo deve montar um percurso com obstáculos e resolver expressões algébricas em cada etapa para avançar no caminho. Pode ser feito com papel, tabuleiro, objetos ou até com um robô (se for o caso). Cada acerto libera o próximo movimento.

APÊNDICE G – DIÁRIO DE BORDO ANONIMIZADO

Coleta de Dados – 23 de Outubro de 2025

No dia 23 de outubro foi realizada a primeira coleta de dados. Na ocasião, foram aplicados os pré - testes e a assinatura TALE a dezesseis alunos que estavam presentes.

Devido a problemas com o transporte público, alguns estudantes não puderam comparecer.

Os alunos presentes no momento da aplicação foram:

- Q667q9L0ys
- ckZpTLsmf6
- TqHpWtkVzY
- 5f6OpP0jAn
- Elv5VD4HMI
- XSUaVJo3hE
- zd6Q1554Gh
- gVdi8DOWas
- BAcdUFRhVn
- YNjxl7kMME
- TDI0FEQmnY
- Yt8e3aZ4Oz
- W0qHyTk4GF
- KPdGO1WcbZ
- YaO8Jbn7H5
- K4SXVI6TQx

Os demais alunos serão visitados antes da aplicação inicial da primeira aula, a fim de coletar seus dados e registros, caso seja possível.

Coleta de dados - 30 de outubro de 2025

Hoje pela manhã estive na escola para recolher os pré-testes dos alunos que não puderam comparecer na semana passada. Na ocasião, além da coleta dos pré-testes, também obtive a assinatura dos Termos de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) dos seguintes alunos que estavam presentes:

- u83YWK5qRC
- MwgeUNvJr8
- aE7nmTMrmK
- G2F7KDLk3b
- fsuC8hdRjW
- 7zRS7WI5OQ
- AJJWV1zSI6

Nesse dia, ainda não foi possível iniciar o experimento devido a problemas logísticos da própria escola, mas a expectativa é de que o início ocorra no dia 06 de novembro.

Coleta de dados - 06 de novembro de 2025

No dia de hoje realizamos a primeira aula! Ela foi gravada e enviada para o Drive. Também fizemos a primeira coleta de dados utilizando o protocolo STEM-COPUS. Assim, a expectativa é que, na próxima semana, iniciemos o experimento com os dois grupos separados.

Separação dos Grupos - 10 de novembro de 2025

Hoje, para realizar a separação dos grupos em duas amostras compatíveis, foi necessário “corrigir por cima” os pré-testes. Na prática, fiz uma análise das respostas dadas por cada aluno e atribuí uma nota conforme o preenchimento do pré-teste e o grau de alinhamento das respostas às questões propostas. Assim, a nota atribuída serviu apenas como um indicador do nível de compreensão de cada estudante sobre o assunto, permitindo que a divisão dos grupos não ficasse desigual.

Após essa etapa, realizei o sorteio aleatório dos nomes e repeti o procedimento, ajustando quando necessário, para que as médias dos dois grupos ficassem o mais próximas possível.

As notas foram atribuídas conforme o grau de conclusão e coerência das respostas apresentadas pelos alunos. O critério adotado seguiu uma escala simples, baseada no nível de completude e de alinhamento com o que se esperava em cada questão. De forma geral, a distribuição foi a seguinte:

- **Nota 6:** o aluno respondeu todas as questões, mas deixou a última em branco;
- **Nota 7:** o aluno respondeu todas as questões e tentou responder a última, mas não conseguiu concluí-la adequadamente;
- **Nota 8:** o aluno respondeu todas as questões, porém deixou alguma resposta incompleta (exceto a última);
- **Nota 9:** o aluno respondeu todas as questões, incluindo a última, mas não estruturou corretamente o mapa solicitado;
- **Nota 10:** o aluno respondeu integralmente todas as questões e montou corretamente o mapa proposto.

Cada caso foi analisado individualmente, e algumas exceções foram avaliadas à parte. Por exemplo, um aluno que respondeu à última questão, mas deixou várias outras em branco, foi avaliado com nota 6, pois seria injusto, para fins de amostragem, enquadrá-lo como nota 8.

Grupo de controle

Yt8e3aZ4Oz - 10
gVdi8DOWas - 10
G2F7KDLk3b - 10
u83YWK5qRC - 10
zd6Q1554Gh - 9
K4SXVl6TQx - 9
fsuC8hdRjW - 8
YaO8Jbn7H5 - 8
Q667q9L0ys - 7
ckZpTLsmf6 - 6
W0qHyTk4GF - 6
MwgeUNvJr8 - 6

Grupo robótica

aE7nmTMrmK - 10
EIv5VD4HMI - 10
XSUaVJo3hE - 10
AJJWV1zSI6 - 10
TqHpWtkVzY - 10
L7bhNFvLGm - 9
TDl0FEQmnY - 9
BAcDUFRhVn - 8
YNjxl7kMME - 7
5f6OpP0jAn - 7
KPdGO1WcbZ - 6
7zRS7WI5OQ - 6

Procedimento de formação e verificação de equivalência dos grupos

Para a etapa experimental da pesquisa, foi necessária a divisão dos alunos em dois grupos, grupo experimental (robótica) e grupo controle (ensino tradicional), assegurando que ambos apresentassem níveis iniciais de conhecimento semelhantes. Esse cuidado metodológico teve como objetivo garantir que quaisquer diferenças observadas após a intervenção pudessem ser atribuídas ao uso do sistema **SCIENCE**, e não a discrepâncias pré-existentes entre os participantes.

1. Correção e atribuição de notas ao pré-teste

Inicialmente, realizou-se a correção analítica dos pré-testes, adotando critérios qualitativos de completude e coerência das respostas. Cada aluno recebeu uma pontuação indicativa do seu nível de compreensão sobre o conteúdo avaliado, conforme a seguinte lógica:

- **Nota 6:** respondeu todas as questões, mas deixou a última em branco;
- **Nota 7:** respondeu todas as questões e tentou a última, mas sem concluí-la adequadamente;
- **Nota 8:** respondeu todas as questões, deixando alguma incompleta (exceto a última);
- **Nota 9:** respondeu todas as questões, incluindo a última, mas estruturou incorretamente o mapa solicitado;
- **Nota 10:** respondeu integralmente todas as questões e montou corretamente o mapa proposto.

Essas notas não tiveram caráter avaliativo somativo, mas serviram como **indicadores do nível de entendimento prévio** dos alunos antes da intervenção.

2. Aplicação do teste de equivalência estatística

Antes de qualquer redistribuição ou balanceamento, foi aplicada uma análise estatística preliminar para verificar se os grupos formados aleatoriamente já apresentavam níveis semelhantes de desempenho.

Devido à natureza discreta das notas (escala de 6 a 10) e ao tamanho reduzido das amostras, optou-se pelo teste não paramétrico de Mann–Whitney U, mais apropriado para comparar duas amostras independentes sem pressupor normalidade.

O resultado obtido foi:

$U = 65$, $p = 0,697$, indicando que não houve diferença estatisticamente significativa entre as notas do grupo experimental e do grupo controle ($p > 0,05$).

Esse resultado confirma que as distribuições das notas eram **equivalentes**, isto é, ambos os grupos apresentavam desempenho inicial semelhante antes de qualquer ajuste.

3. Sorteio e pequeno ajuste de balanceamento

Com base nessa equivalência, procedeu-se apenas a um leve balanceamento, mantendo a aleatoriedade do processo, para assegurar médias próximas entre os grupos e evitar possíveis vieses. Esse ajuste envolveu apenas a troca de um ou dois alunos entre as turmas, sem alterar substancialmente a composição inicial.

Ao término dessa etapa, os grupos permaneceram assim compostos:

Grupo Experimental (Robótica): aE7nmTMrmK, EIV5VD4HmI, XSUaVJo3hE, TqHpWtkVzY, L7bhNFvLGm, TDl0FEQmnY, BAcDUFRhVn, YNjxl7kMME, 5f6OpP0jAn, KPdGO1WcbZ, 7zRS7WI5OQ.

Grupo Controle: Yt8e3aZ4Oz, gVdi8DOWas, G2F7KDLk3b, u83YWK5qRC, zd6Q1554Gh, K4SXVl6TQx, fsuC8hdRjW, YaO8Jbn7H5, Q667q9L0ys, ckZpTLsmf6, W0qHyTk4GF, MwgeUNvJr8.

4. Interpretação dos resultados

A análise estatística ($U = 65$, $p = 0,697$) e as medidas descritivas —

Média Controle = 8,25; DP = 1,43; $n = 12$

Média Experimental = 8,50; DP = 1,60; $n = 12$ —

mostram que não houve diferenças significativas entre os grupos no pré-teste.

Assim, as duas amostras podem ser consideradas estatisticamente equivalentes em termos de conhecimento inicial, permitindo que qualquer diferença observada após a intervenção seja atribuída ao efeito do sistema SCIENCE, e não a desigualdades prévias.

Em síntese, o processo metodológico envolveu:

1. Correção qualitativa dos pré-testes;
2. Atribuição de notas indicativas de compreensão;
3. Aplicação do teste de Mann–Whitney U antes de ajustes;
4. Pequeno balanceamento apenas para garantir médias próximas;
5. Confirmação da equivalência estatística inicial entre os grupos.

Esses procedimentos asseguram rigor metodológico e validade causal, fortalecendo a confiabilidade das análises posteriores de desempenho e aprendizagem.

Aula Prática 01 - 13 de novembro de 2025

Hoje tivemos as primeiras aulas práticas, tanto com o grupo de robótica quanto com o grupo de controle. Na ocasião, ambos os grupos foram apresentados à metodologia que irão seguir até o fim do experimento.

Embora nenhum dos grupos tenha concluído todos os exercícios, ambos avançaram consideravelmente. A expectativa é que, na próxima aula, finalizem essa etapa e avancem para o próximo assunto.

Uma coisa que vale salientar é que, de forma impressionante, todos os grupos de robótica pararam exatamente no mesmo passo, ou apenas um passo antes. Ou seja, mesmo trabalhando separados, todos mantiveram praticamente o mesmo ritmo na montagem do robô.

27 de novembro

Hoje finalizamos o primeiro ciclo de aulas. Em razão do tempo disponível e do encerramento do ano letivo, o fluxo de atividades precisou ser concluído nesta etapa. Ainda assim, já dispomos de dados suficientes para realizar as análises previstas na pesquisa.

11 de dezembro

Hoje realizei a coleta dos pós-testes dos alunos que estavam presentes. Os estudantes registrados foram os seguintes:

Grupo de Controle (código - nota)

Yt8e3aZ4Oz - 10
gVdi8DOWas - 10
G2F7KDLk3b - 10
u83YWK5qRC - 10
K4SXVI6TQx - 9
YaO8Jbn7H5 - 8
Q667q9L0ys - 7
ckZpTLsmf6 - 6

Grupo de Robótica (código - nota)

aE7nmTMrmK - 10
XSUaVJo3hE - 10
AJJWV1zSI6 - 10
TqHpWtkVzY - 10
L7bhNFvLGm - 9
YNjxl7kMME - 7
KPdGO1WcbZ - 6
7zRS7WI5OQ - 6

APÊNDICE H – EXEMPLO DE TESTE PREENCHIDO (GRUPO ROBÓTICA)

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isau Lucas Abreu Fernandes de Queiroz / E-mail: isaulucasdequeiroz@gmail.com Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo/ E-mail: silvio.araujo@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 35, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz / E-mail: pgabriel@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 32, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO:

I. Objetivo e Instruções Gerais

- **Objetivo:**

Avaliar o conhecimento dos alunos após as atividades realizadas e verificar sua capacidade de conectar conceitos de Matemática, especialmente de cálculo algébrico. Este pós-teste é direcionado a alunos do Ensino Médio e busca identificar avanços no pensamento crítico, na aplicação prática e na integração dos conteúdos trabalhados.

- **Método:**

O teste deve ser realizado individualmente. As respostas serão avaliadas segundo as dimensões das taxonomias de Bloom (recordação, compreensão, aplicação, análise, avaliação e criação) e de Fink (conhecimento fundamental, integração, desenvolvimento humano e aprender a aprender), utilizando uma rubrica com critérios definidos na seção IV deste anexo.

Antes do início do teste, será feita uma breve explicação para instruir os alunos sobre como preencher o questionário. Serão abordados aspectos como o que é um mapa conceitual e como elaborá-lo, a fim de esclarecer possíveis dúvidas e evitar erros no preenchimento.

- **Registro e Correção:**

Todas as respostas serão registradas e avaliadas com base em critérios que medem engajamento, desempenho cognitivo, trabalho em equipe (quando aplicável) e criatividade. Os feedbacks serão compartilhados ao final do experimento (após a aplicação do pré e pós-teste) para ajudar os alunos a aprimorarem seu aprendizado.

II. Lista de Termos para Conexão

Utilize os termos abaixo para estabelecer conexões e desenvolver as atividades em algumas das questões:

- **Robótica:**

Sensor, motor, comando, instrução, trajetória, rota, caminho, estratégia de solução, previsão, estimativa, robô seguidor de linha, transporte de objetos, desvio de obstáculos, parada em ponto exato, repetição de movimentos, kit LEGO, robô LEGO, montagem simples, movimento automático, estrutura do robô, desafio de robótica, programação visual, lógica de movimento, comportamento do robô

- **Matemática:**

Medidas de distância, estimativa de trajetórias, proporções, escalas, ângulos, giros, velocidade média, tempo, distância, sequência lógica, ordenação, algoritmos simples, relações de causa e efeito, cálculo básico, previsão de tempo, contagem de passos, comparação de valores, multiplicação, divisão, adição, subtração

III. Questões para Conexão e Integração

Lembrar e Compreender (Bloom: *Remember & Understand* / Fink: *Conhecimento Fundamental*)

Identificação e Associação Inicial (foco em matemática):

a) Escolha até três termos da lista de Matemática que você já conhece ou acha interessantes.

- Escreva cada termo.

multiplicação
divisão
subtração

- Depois, explique com suas próprias palavras o que você entende sobre cada termo..

(Exemplo: se escolher "fração", pode explicar como ela representa uma parte de um todo.)

multiplicação serve para calcular valores mais altos e multiplicados
divisão: o próprio nome já diz divide os valores
subtração: diminui os números
ex: $5 - 5 = 0$

Aplicar e Integrar (Bloom: Apply & Analyze / Fink: Integração)

b) Escolha um termo de Matemática da lista que você achar mais interessante.

✓ multiplicação

- Agora, pense em uma situação de tecnologia ou robótica onde esse termo seria útil. Pode ser algo como um robô que precisa calcular distâncias, medir ângulos ou repetir movimentos.

✓ a multiplicação é útil para tudo na matemática
Seria útil na robótica, seja para calcular
distâncias medir ângulos e até repetir movimentos
uma determinada
quantos vezes

- Explique com suas palavras como esse conceito matemático ajudaria o robô (ou a tecnologia escolhida) a resolver o problema. Exemplo: "O cálculo de distância ajuda o robô a saber até onde deve andar para chegar no destino."

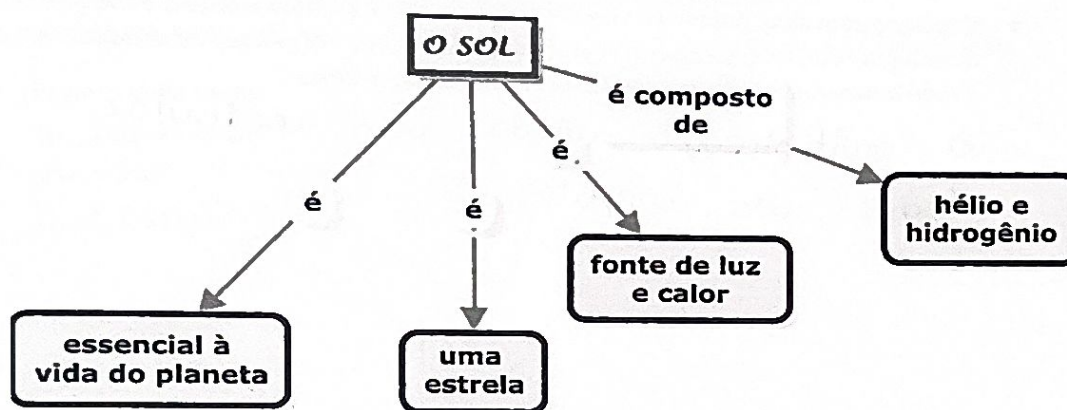
✓ a multiplicação ajuda a calcular
todos os ângulos

Mapeamento Conceitual

Agora vamos tentar ligar algumas ideias de Matemática com outras áreas, como tecnologia, ciências ou situações do dia a dia.

- Escolha quatro palavras da lista que estão no início deste teste (podem ser só de Matemática ou misturadas com outras áreas).
- Ligue essas palavras com setas ou linhas e escreva curtinho o que uma tem a ver com a outra.
Exemplo: "Medida $\rightarrow$ distância $\rightarrow$ tempo" (a medida mostra quanto o objeto andou em certo tempo).
- Depois, escreva uma frase dizendo como o seu desenho pode ajudar a resolver um problema de Matemática.
Pode ser sobre valor numérico, dízima periódica ou semelhança de triângulos.
Exemplo: "Relacionar distância, tempo e número ajuda a calcular a velocidade de um objeto."

Abaixo temos um exemplo de como é feito um mapa conceitual:



fonte: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/4/a-utilizacao-dos-mapas-conceituais-como-ferramenta-didatica-nas-licenciaturas-de-fisica-e-matematica-do-ccerj>

C. Avaliar e Criar – Pós-Teste (Assunto: Cálculo Algébrico)

Parte 1 – Avaliação Crítica

Responda de forma simples e com suas próprias palavras:

1. Por que pode ser útil juntar ideias de diferentes áreas para entender melhor cálculo algébrico?

para o aprendizado
ser mais rápido e fácil

2. Que benefícios isso pode trazer para o seu aprendizado?

facilidade de compreensão

3. Que dificuldades podem aparecer quando tentamos fazer essas conexões?

pode ler algo que não sei, ou não aprendi

4. Que ideias ou estratégias você usaria para lidar com essas dificuldades?

o estudo.

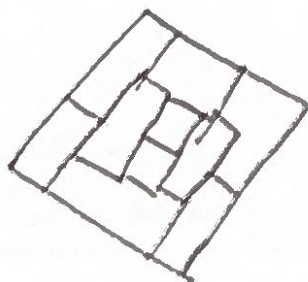
Parte 2 – Criando uma Atividade

Agora pense em uma atividade prática que use alguns dos termos da lista do início do teste para trabalhar cálculo algébrico em uma situação do dia a dia.

Descreva com suas palavras:

1. Qual é a atividade e o que ela pretende ensinar.
uma com robôs para ensinar e criar prática
2. Como a atividade seria feita, explicando o passo a passo.
com um robô para cada grupo de alunos
3. O que seria necessário usar (materiais, dados, ferramentas, objetos, etc.).
robôs de lego e um Raspberry Pi
4. O que as pessoas devem aprender ao realizar essa atividade.
um pouco de robótica e informática
5. Como seria possível medir os resultados com números (exemplo: contas, comparações, medidas, expressões algébricas).
através de calculos em que o turma tem dificuldade
6. Como seria possível avaliar os resultados sem números (exemplo: clareza da explicação, criatividade, organização).
através de como o aluno despende
7. Por que essa atividade ajuda a desenvolver habilidades importantes em cálculo algébrico.
pois que a maioria dos alunos não sabe

Exemplo: Criar um desafio onde o aluno ou grupo deve montar um percurso com obstáculos e resolver expressões algébricas em cada etapa para avançar no caminho. Pode ser feito com papel, tabuleiro, objetos ou até com um robô (se for o caso). Cada acerto libera o próximo movimento.



tabuleiro
com questões
e robôs

APÊNDICE I – EXEMPLO DE TESTE PREENCHIDO (GRUPO CONTROLE)

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz / E-mail: isaulucasdequeiroz@gmail.com Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor orientador: Prof. Dr. Sílvio Roberto Fernandes de Araújo/ E-mail: silvio.araujo@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, CCEN sala 35, campus leste, R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz / E-mail: pgabriel@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO, CCEN sala 32, campus leste, R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

CÓDIGO DE IDENTIFICAÇÃO:

I. Objetivo e Instruções Gerais

- **Objetivo:**

Avaliar o conhecimento dos alunos após as atividades realizadas e verificar sua capacidade de conectar conceitos de Matemática, especialmente de cálculo algébrico. Este pós-teste é direcionado a alunos do Ensino Médio e busca identificar avanços no pensamento crítico, na aplicação prática e na integração dos conteúdos trabalhados.

- **Método:**

O teste deve ser realizado individualmente. As respostas serão avaliadas segundo as dimensões das taxonomias de Bloom (recordação, compreensão, aplicação, análise, avaliação e criação) e de Fink (conhecimento fundamental, integração, desenvolvimento humano e aprender a aprender), utilizando uma rubrica com critérios definidos na seção IV deste anexo.

Antes do início do teste, será feita uma breve explicação para instruir os alunos sobre como preencher o questionário. Serão abordados aspectos como o que é um mapa conceitual e como elaborá-lo, a fim de esclarecer possíveis dúvidas e evitar erros no preenchimento.

- **Registro e Correção:**

Todas as respostas serão registradas e avaliadas com base em critérios que medem engajamento, desempenho cognitivo, trabalho em equipe (quando aplicável) e criatividade. Os feedbacks serão compartilhados ao final do experimento (após a aplicação do pré e pós-teste) para ajudar os alunos a aprimorarem seu aprendizado.

II. Lista de Termos para Conexão

Utilize os termos abaixo para estabelecer conexões e desenvolver as atividades em algumas das questões:

- **Robótica:**
Sensor, motor, comando, instrução, trajetória, rota, caminho, estratégia de solução, previsão, estimativa, robô seguidor de linha, transporte de objetos, desvio de obstáculos, parada em ponto exato, repetição de movimentos, kit LEGO, robô LEGO, montagem simples, movimento automático, estrutura do robô, desafio de robótica, programação visual, lógica de movimento, comportamento do robô
- **Matemática:**
Medidas de distância, estimativa de trajetórias, proporções, escalas, ângulos, giros, velocidade média, tempo, distância, sequência lógica, ordenação, algoritmos simples, relações de causa e efeito, cálculo básico, previsão de tempo, contagem de passos, comparação de valores, multiplicação, divisão, adição, subtração

III. Questões para Conexão e Integração

Lembrar e Compreender (Bloom: *Remember & Understand* / Fink: *Conhecimento Fundamental*)

Identificação e Associação Inicial (foco em matemática):

a) Escolha até três termos da lista de Matemática que você já conhece ou acha interessantes.

- Escreva cada termo.

• Adição, divisão, multiplicação

- Depois, explique com suas próprias palavras o que você entende sobre cada termo..
(Exemplo: se escolher "fração", pode explicar como ela representa uma parte de um todo.)

Adição para somar

Divisão para dividir

multiplicação para multiplicar

Aplicar e Integrar (Bloom: *Apply & Analyze* / Fink: *Integração*)

b) Escolha um termo de Matemática da lista que você achar mais interessante.

Cálculo Bário

- Agora, pense em uma situação de tecnologia ou robótica onde esse termo seria útil. Pode ser algo como um robô que precisa calcular distâncias, medir ângulos ou repetir movimentos.

*Eu acho que cálculo Bário porque
você precisa de um cálculo Bário pra
mentar o ROBO.*

- Explique com suas palavras como esse conceito matemático ajudaria o robô (ou a tecnologia escolhida) a resolver o problema. Exemplo: "O cálculo de distância ajuda o robô a saber até onde deve andar para chegar no destino."

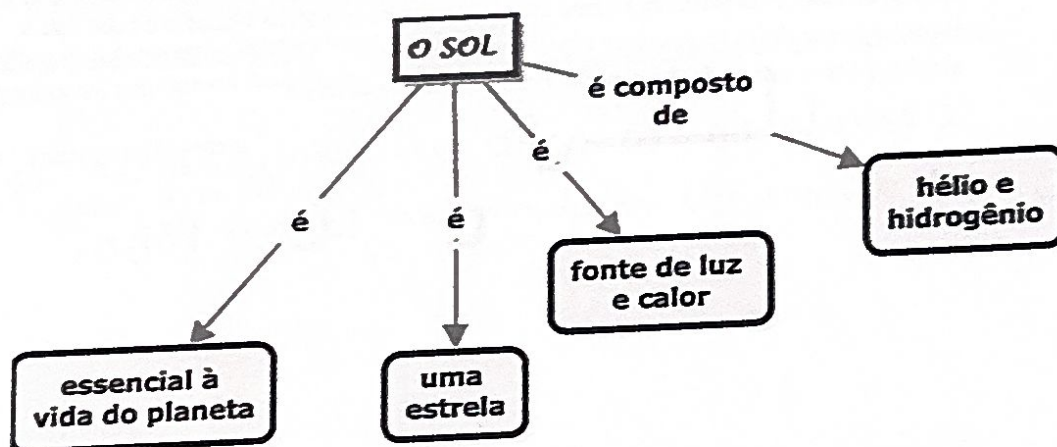
*O cálculo Bário acho que funcionaria com
precisão de matemática para o ROBO.*

Mapeamento Conceitual:

Agora vamos tentar ligar algumas ideias de Matemática com outras áreas, como tecnologia, ciências ou situações do dia a dia.

- Escolha quatro palavras da lista que estão no início deste teste (podem ser só de Matemática ou misturadas com outras áreas).
- Ligue essas palavras com setas ou linhas e escreva curtinho o que uma tem a ver com a outra.
Exemplo: "Medida $\rightarrow$ distância $\rightarrow$ tempo" (a medida mostra quanto o objeto andou em certo tempo).
- Depois, escreva uma frase dizendo como o seu desenho pode ajudar a resolver um problema de Matemática.
Pode ser sobre valor numérico, dízima periódica ou semelhança de triângulos.
Exemplo: "Relacionar distância, tempo e número ajuda a calcular a velocidade de um objeto."

Abaixo temos um exemplo de como é feito um mapa conceitual:



fonte: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/4/a-utilizacao-dos-mapas-conceituais-como-ferramenta-didatica-nas-licenciaturas-de-fisica-e-matematica-do-ccc-erj>

C. Avaliar e Criar – Pós-Teste (Assunto: Cálculo Algébrico)

Parte 1 – Avaliação Crítica

Responda de forma simples e com suas próprias palavras:

1. Por que pode ser útil juntar ideias de diferentes áreas para entender melhor cálculo algébrico? *porque é importante saber ali para saber melhor de matemática*
2. Que benefícios isso pode trazer para o seu aprendizado? *em matemática, física, química e melhor mais de matemática*
3. Que dificuldades podem aparecer quando tentamos fazer essas conexões? *eu acho que muita*
4. Que ideias ou estratégias você usaria para lidar com essas dificuldades?

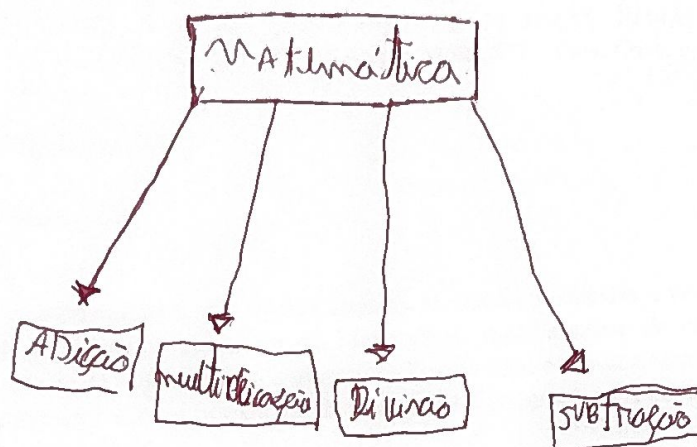
Parte 2 – Criando uma Atividade

Agora pense em uma atividade prática que use alguns dos termos da lista do início do teste para trabalhar cálculo algébrico em uma situação do dia a dia.

Descreva com suas palavras:

1. Qual é a atividade e o que ela pretende ensinar.
2. Como a atividade seria feita, explicando o passo a passo.
3. O que seria necessário usar (materiais, dados, ferramentas, objetos, etc.).
4. O que as pessoas devem aprender ao realizar essa atividade.
5. Como seria possível medir os resultados com números (exemplo: contas, comparações, medidas, expressões algébricas).
6. Como seria possível avaliar os resultados sem números (exemplo: clareza da explicação, criatividade, organização).
7. Por que essa atividade ajuda a desenvolver habilidades importantes em cálculo algébrico.

Exemplo: Criar um desafio onde o aluno ou grupo deve montar um percurso com obstáculos e resolver expressões algébricas em cada etapa para avançar no caminho. Pode ser feito com papel, tabuleiro, objetos ou até com um robô (se for o caso). Cada acerto libera o próximo movimento.



AJUDA NA conta de matemática

APÊNDICE J – QUESTIONÁRIO TAM (PRÉ-USO)

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz / E-mail: isaulucasdequeiroz@gmail.com Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo/ E-mail: silvio.araujo@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 35, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz / E-mail: pgabriel@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 32, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Prezado(a) Professor(a),

Este questionário tem como objetivo conhecer seu perfil, sua experiência prévia com tecnologias educacionais e suas expectativas em relação ao uso do software SCIENCE como ferramenta de apoio à robótica educacional. O conteúdo deste questionário foi adaptado de uma pesquisa realizada por Silveira et al. (2022), aplicada em uma versão anterior deste sistema. Todas as informações coletadas serão tratadas de forma estritamente anônima, contribuindo para uma análise inicial da utilização dessa tecnologia em ambientes educacionais.

Para garantir a sua privacidade e a proteção de seus dados, nenhum dado pessoal identificável (como nome, e-mail ou outros) será registrado neste instrumento. Em seu lugar, um código único será atribuído no início do experimento. Esse código, que não possui qualquer vínculo reversível com sua identidade, será utilizado para agrupar suas respostas no pré-teste, no pós-teste e nos registros das ações realizadas em sala de aula durante as intervenções. Assim, seu anonimato será preservado durante toda a pesquisa.

Caso deseje maiores esclarecimentos sobre a forma de geração e utilização deste código ou sobre qualquer aspecto do procedimento de anonimização, entre em contato com o aluno responsável, Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz, ou com o pesquisador responsável, Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz.

Se tiver dúvidas, não quiser responder ou decidir desistir de sua participação no experimento, por favor, comunique imediatamente o pesquisador responsável, Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz. Ressaltamos que, de acordo com as diretrizes estabelecidas no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) previamente assinado, todos os dados já coletados e as participações serão tratados conforme as normas éticas e as exigências legais vigentes.

SEÇÃO 01 - PERFIL DO PARTICIPANTE PERGUNTAS

1.1 Insira o código único que lhe foi fornecido para garantir seu anonimato -

- 1.2 Faixa etária (em intervalos de 10 anos com ex: 20 a 30 anos)?
- 1.3 Região em que leciona ?
- 1.4 Em que tipo de instituição você ministra aula?
- 1.5 Quais segmentos você leciona?
- 1.6 Qual disciplina(s) você leciona na escola ?
- 1.7 A escola em que você trabalha tem laboratório de informática?
- 1.8 Você utiliza computador nas suas aulas?
- 1.9 Você utiliza alguma ferramenta tecnológica nas suas aulas?
- 1.10 Se a sua resposta anterior (1.9) foi sim, quais?
- 1.11 Com qual frequência você utiliza o computador?
- 1.12 Você tem acesso à internet no seu local de trabalho?
- 1.13 Como você conheceu a robótica educacional ?

SEÇÃO 02 - SUA DISCIPLINA E A ROBÓTICA EDUCACIONAL

- 2.1 Qual o seu grau de conhecimento em relação à robótica educacional?
- 2.2 Você tem alguma dificuldade ou resistência de utilizar uma ferramenta computacional como recurso em suas aulas?
- 2.3 Caso tenha respondido anteriormente sim, indique o(s) motivo(s).
- 2.4 Você acredita que a instituição onde você trabalha tem estrutura para aderir a novas tecnologias como recurso para as suas aulas?
- 2.5 Você acredita que seus alunos teriam dificuldade para utilizar uma ferramenta computacional ou outra tecnologia voltada para auxiliar nas suas aulas?
- 2.6 Caso você concorde que existam dificuldades, quais seriam?
- 2.7 Você conhece ou sabe qual a utilidade da robótica educacional para o auxílio na sua disciplina?
- 2.8 Você ministraria uma aula utilizando recursos de robótica educacional?
- 2.9 O quanto você se sentiria seguro em ministrar uma aula que tenha como recurso a robótica educacional?
- 2.10 Na sua opinião, qual a relevância de se incluir a robótica educacional nos currículos escolares?
- 2.11 Na sua opinião, quão difícil é ensinar utilizando a robótica educacional como recursos em suas aulas?
- 2.12 O que você acha que é mais difícil na robótica educacional?
- 2.13 Na sua opinião, utilizando prática de robótica nas aulas, o aprendizado seria melhorado?

SEÇÃO 03 - SUAS PERSPECTIVAS SOBRE O SISTEMA SCIENCE ANTES DA UTILIZAÇÃO

- 3.1 Você utilizaria um sistema que recomendasse planos de aula?
- 3.2 Você acredita que os alunos teriam mais interesse nas aulas utilizando atividades de práticas de robótica?
- 3.3 Com o seu conhecimento atual, conseguiria elaborar uma aula prática com assuntos da sua matéria correspondente utilizando a robótica educacional?
- 3.4 Com o seu conhecimento atual, conseguiria lecionar uma aula prática com assuntos da sua matéria correspondente utilizando a robótica educacional?

3.5 Com o seu conhecimento atual, você acredita que qualquer conteúdo da sua matéria correspondente poderia ser abordado usando a robótica educacional?

3.6 Você utilizaria um sistema onde professores pudessem compartilhar planos de aula utilizando a robótica educacional?

3.7 Você utilizaria um sistema que lhe retornasse ou apresentasse planos de aulas utilizando robótica educacional?

3.8 Você teria interesse em utilizar robótica educacional nas suas aulas se houvesse um guia ou planos de aulas detalhados?

APÊNDICE K – QUESTIONÁRIO TAM (PÓS-USO)

Trabalho relacionado: Investigação da Eficácia do SCIENCE na Integração da Robótica Educacional no Ensino Básico

Aluno responsável: Isaú Lucas Abreu Fernandes de Queiroz / E-mail: isaulucasdequeiroz@gmail.com Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor orientador: Prof. Dr. Silvio Roberto Fernandes de Araújo/ E-mail: silvio.araujo@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 35, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Professor, co-orientador e pesquisador responsável: Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz / E-mail: pgabriel@ufersa.edu.br Endereço: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO. CCEN sala 32, campus leste. R. Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN

Prezado(a) Professor(a),

Este questionário tem como objetivo avaliar o impacto do uso do software SCIENCE na robótica educacional após um período de utilização. Suas respostas serão fundamentais para analisar as mudanças observadas no ensino, no aprendizado dos alunos e na prática pedagógica dos professores. O questionário é baseado na pesquisa realizada por Silveira et al. (2022), aplicada a uma versão anterior deste sistema.

O objetivo agora é compreender e captar as percepções dos docentes sobre o uso do software SCIENCE. Conforme descrito por Silveira et al. (2022), o pós-teste foi estruturado para avaliar o modelo de aceitação de tecnologias (TAM), com o intuito de entender o tipo de utilização desejado pelos usuários do sistema e identificar possíveis melhorias e novas funcionalidades a serem implementadas no SCIENCE.

Assim como no questionário anterior (Diagnóstico Inicial), o código utilizado anteriormente será novamente aplicado neste teste, pois o objetivo é verificar se as percepções acerca do SCIENCE mudaram ao longo do período de utilização.

Caso tenha alguma dúvida, não queira responder ou opte por desistir de sua participação no experimento, por favor, entre em contato com o pesquisador responsável, o Professor Dr. Paulo Gabriel Gadelha Queiroz, para que seus dados, bem como sua participação, sejam devidamente tratados de acordo com as diretrizes estabelecidas no TCLE (Termo de Consentimento Livre e Esclarecido) previamente assinado.

PERGUNTAS

Seção 01 - Perfil do Participante

1.1 Insira o código único que lhe foi fornecido para garantir seu anonimato -

Seção 02 - Com Relação ao Sistema

- 4.1 O sistema retorna as aulas de acordo com a busca realizada?
- 4.2 Você está satisfeito com a precisão dos planos de aula retornados ou apresentados pelo sistema?
- 4.3 O sistema apresenta erros nas aulas geradas?
- 4.4 As aulas apresentadas utilizando a robótica educacional se adaptam facilmente aos conteúdos dados em sala de aula?
- 4.5 Informe algum problema enfrentado no uso do SCIENCE e insira sugestões para melhorá-lo.

Seção 03 - Com Relação às Aulas Utilizando a Robótica Educacional

- 5.1 Você acredita que os planos de aula podem estar de acordo com as suas necessidades?
- 5.2 O sistema apresenta aulas suficientes?
- 5.3 O quanto você se sentiria seguro em ministrar uma aula que tenha como recurso a robótica educacional?
- 5.4 Na sua opinião, qual a relevância de se incluir a robótica educacional nos currículos escolares?
- 5.5 Na sua opinião, quão difícil é ensinar utilizando a robótica educacional como recurso em suas aulas?

Seção 04 - SCIENCE

- 6.1 Você utilizaria o SCIENCE nas suas aulas?
- 6.2 O SCIENCE ajudaria na utilização da robótica educacional como recurso didático nas suas aulas?
- 6.3 Para você, é possível utilizar o sistema SCIENCE como ferramenta para auxiliar nos seus planos de aula?

Seção 05 - Pós-teste

- 7.1 Você utilizaria um sistema que recomendasse planos de aula?
- 7.2 Você acredita que os alunos teriam mais interesse nas aulas se utilizassem atividades práticas de robótica?
- 7.3 Após os testes efetuados no sistema SCIENCE, você conseguiria elaborar uma aula utilizando a robótica educacional?

7.4 Após os testes efetuados no sistema SCIENCE, você conseguiria lecionar uma aula utilizando a robótica educacional?

7.5 Após os testes efetuados no sistema SCIENCE, você acredita que qualquer assunto da sua matéria de domínio pode ser abordado utilizando robótica educacional?

7.6 Você utilizaria um sistema onde professores pudessem compartilhar planos de aula utilizando robótica educacional?

7.7 Você utilizaria um sistema que lhe retornasse ou apresentasse planos de aula utilizando robótica educacional?

7.8 Você teria interesse em utilizar robótica educacional nas suas aulas se houvesse um guia ou planos de aula detalhados?

26/01/2026, 09:41

APÊNDICE L – PRINT DA PÁGINA COMPLETA (SCIENCEMAT)

Robótica Educacional – Home

SCIENCE

Início

Sobre

Editar Perfil

Sair

Robótica Educacional

Sua busca...

BUSCAR

ESCONDER FILTROS

PRÓXIMO

Disciplina:

Matemática



Série:

7º Ano



Assunto:

Números



Conteúdo:

Números Inteiros



BUSCAR

OU

VER RECOMENDAÇÕES

Aula De Números Inteiros

Disciplina: Matemática

Série: 7º Ano

Assunto(s): Números

Conteúdo: Números Inteiros

Duração: 2 horas

Referência: Home EV3 <http://ev3lessons.com/pt/>

Objetivos

Ao longo da aula os alunos irão:

Montar um robô utilizando o kit Lego Mindstorms;

Programar o robô montado utilizando o software Lego Mindstorms;

Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, valorizando a ajuda dos integrantes do grupo na resolução da atividade;

Interpretar situação-problema proposto na atividade, relacionando e contextualizando assuntos matemáticos vistos em sala de aula;

Utilizar os conhecimentos de números inteiros introduzindo a matemática com a robótica educacional.

Descrição Geral

Atividade de Números Inteiros

Descrição da atividade.

1 - Organização da turma: O professor deve organizar a turma em grupos. Sugere-se formar grupos de cinco alunos para um melhor desempenho da atividade, entretanto, a atividade pode ser feita com qualquer número de alunos por grupo.

2 - Apresentação da aula: O professor deve seguir o guia de aula utilizando a matemática e a Robótica Educacional.

3 - Montagem do robô: O professor deve disponibilizar o manual de montagem para os alunos construírem o robô. Todos os alunos devem montar uma parte do robô e separar as peças. Sugere-se fazer um rodízio, a cada momento que o manual pedir peças novas troca o integrante que está montando.

4 - Explicação do programa: O professor deverá seguir o guia de aula na página em que tinha parado, nessa parte será explicado algumas funções básicas do programa.

5 - Programar: Nesse momento os alunos irão programar. O professor deve incentivar que todos os alunos programem, a sugestão é que os alunos conversem e discutam ideias de como irão fazer a programação, pra que todos possam participar e entender como será feita, depois um aluno constrói o programa e os demais observam e conferem se está de acordo com o que foi planejado pelo grupo.

6 - Desmontar robô: Esta é a última tarefa da aula, os alunos devem desmontar o robô em equipe.

- Exercício -

Faça o robô percorrer entre a cidade A.

Dois robô partem de uma mesma cidade A, mas em direções opostas. O primeiro percorre 50 cm à esquerda de A, e o segundo, 90 cm à direita de A. A que distância um robô está do outro?

Qual foi a distância que o robô entre os dois robôs.

Sequência de Programação

1. Bloco: Bloco Start

Descrição Tarefa:

TAREFA DE STAR.

Na tarefa de Start marca o início da sequência de programação fazendo com que o programa inicie automaticamente. Um projeto que não inicie com o bloco start, nenhum bloco de comando será executado.

Tarefa: TarefaDeStart

Iniciar

Nome: Start

Descrição: O bloco Start marca o início da sequência de programação fazendo com que o programa inicie automaticamente. Um projeto que não inicie com o bloco start, nenhum bloco de comando será executado.



Peças para este passo: 1

2. Bloco: Bloco Mover Direção

Descrição Tarefa:

TAREFA DE MOVIMENTO EM LINHA RETA

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender como fazer o robô ir pra frente.
2. Aprende como usar o bloco Mover Direção.
3. Aprenda como ler os valores do sensor usando a visualização de Porta (Port View).

- Bloco de mover direção

1. Modo de Operação.
2. Direção em linha reta.
3. Potência/Velocidade.
4. Duração/Distância.
5. Brake (frear)/Cost (frear descontinuamente).

- Como você usa o mover em linha reta.

1. Etapa: Aba bloco verde, clique e segure Mover Direção e arraste para área de programação.
2. Etapa: Deixe próximo do Bloco Inicial (Seta verde).
3. Etapa: Selecione opções de mover em segundos.
4. Etapa: Conecte o cabo na USB do EV3 e no Laptop.
5. Etapa: Baixe para o EV3.

Tarefa: TarefaDeLinhaReta

Mover Direção

Nome: Move Steering

Descrição: Localizado na aba Action (verde) O Mover Sterring controla dois Large Motors simultaneamente e possibilita configurar a direção na qual que o robôs emove.

Parâmetros configuráveis:

1. Motor Esquerdo
2. Motor Direito

- > Selecione seu modo de controle e portas de motor

1. Seletor da Porta
2. Modo Seletor
3. Entradas

Selecione os dois motores (A, B, C ou D) que você quer que o Mover direção controle usando o Seletor de porta na parte superior do bloco. Clique na letra de cada motor para escolher a porta para este motor. A primeira porta deve ser a do motor no lado esquerdo do veículo e a segunda porta deve ser a do motor no lado direito.

Use o Modo seletor para escolher como deseja controlar os motores. Depois de selecionar o modo, você pode escolher os valores para as entradas. As entradas disponíveis irão mudar dependendo

26/01/2026, 09:41

Robótica Educacional – Home

Modos: Ligado para rotações "ON FOR ROTATIONS"

- > Modos

O Bloco Ligado para rotações "ON FOR ROTATIONS" aciona ambos os motores, aguarda até que um deles tenha girado o número de rotações presente na entrada Rotações e depois desliga ambos os motores. Isso pode ser usado para fazer com que seu robô percorra uma distância específica ou gire em uma quantidade específica.

Você pode controlar a velocidade e a direção de seu robô usando as entradas Força e Direção. Use Travar ao finalizar para parar seu robô exatamente após o número especificado de rotações do motor.

Entradas usadas: Força, Direção, Rotações, Travar ao finalizar

- > Direção e força do Motor

A entrada Força aceita um número de -100 a 100. Números negativos e positivos para Força fazem o Motor grande girar em diferentes direções, como exibido no gráfico abaixo.

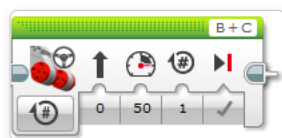
1. Força Positiva
2. Força Negativa

Você pode alterar a direção de rotação normal de um motor usando o bloco Inverter Motor. Se a direção de um motor for invertido, o efeito dos níveis de força negativa e positiva será o oposto ao exibido acima.

- > VELOCIDADE DO MOTOR E DIREÇÃO

A entrada Direção aceita um número de -100 a 100. Um valor 0 (zero) fará com que seu robô se mova reto. Um número positivo (maior que zero) fará com que seu robô se mova para a direita e, um número negativo, para a esquerda. Quanto mais distante de zero for o valor para a direção, mais fechada a curva será.

O Bloco Mover direção faz seu robô virar acionando os dois motores a diferentes velocidades. Para curvas muito fechadas, um dos motores rodará no sentido inverso.



Peças para este passo: 1

Outras Informações

Recurso Didático: Pincel, Quadro, Giz, Data Show, computador ou notebook e Kit da Lego EV3 Mindstorms.

Objetivo: Ao longo da aula os alunos irão:

Montar um robô utilizando o kit Lego Mindstorms;

26/01/2026, 09:41

Robótica Educacional – Home

Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, valorizando a ajuda dos integrantes do grupo na resolução da atividade;

Interpretar situação-problema proposto na atividade, relacionando e contextualizando assuntos matemáticos vistos em sala de aula;

Utilizar os conhecimentos de números inteiros introduzindo a matemática com a robótica educacional.



Bem-vindo(a) à Robótica Educacional!

Aqui você encontra tudo para turbinar seus estudos e projetos de robótica.

BNCC

Todos os conteúdos aqui presentes foram elaborados com base na BNCC (Base Nacional Comum Curricular).

[Ver detalhes](#)

Contato

Envie sugestões e dúvidas para nossa equipe ! Basta clicar no link abaixo.

[Entrar em contato](#)

UERN e UFERSA

Criado em colaboração com a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC).

[Acessar site](#)

26/01/2026, 09:44

APÊNDICE M – PRINT DA PÁGINA - SCIENCE FÍSICA

Robótica Educacional – Home

SCIENCE

[Início](#)[Sobre](#)[Editar Perfil](#)[Sair](#)

Robótica Educacional

BUSCAR**ESCONDER FILTROS****PRÓXIMO**

Disciplina:

Física



Série:

1º Ano Do Ensino Médio



Assunto:

Cinematica



Conteúdo:

Aceleracao

**BUSCAR**

OU

VER RECOMENDAÇÕES

Aula Aceleracao

Disciplina: Física

Série: 1º Ano Do Ensino Médio

Assunto(s): Cinematica

Conteúdo: Aceleracao

Duração: 2 horas

Referência: Home EV3 www.ev3lessons.com/pt/

Objetivos

Ao longo da aula os alunos irão:

Montar um robô utilizando o kit Lego Mindstorms;

Programar o robô montado utilizando o software Lego Mindstorms EV3 Classroom;

Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, valorizando a ajuda dos integrantes do grupo na resolução da atividade;

Interpretar situação-problema proposto na atividade, relacionando e contextualizando assuntos físicos vistos em sala de aula;

Utilizar os conhecimentos de aceleração utilizando robótica, física e matemática.

Descrição Geral

Atividade de Aceleração

- Atividade -

1 - Organização da turma: O professor deve organizar a turma em grupos. Sugere-se formar grupos de cinco alunos para um melhor desempenho da atividade, entretanto, a atividade pode ser feita com qualquer número de alunos por grupo.

2 - Apresentação da aula: O professor deve seguir o guia de aula utilizando a matemática e a Robótica Educacional.

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home

3 - Montagem do robô: O professor deve disponibilizar o manual de montagem para os alunos construírem o robô. Todos os alunos devem montar uma parte do robô e separar as peças. Sugere-se fazer um rodízio, a cada momento que o manual pedir peças novas troca o integrante que está montando.

4 - Explicação do programa: O professor deverá seguir o guia de aula na página em que tinha parado, nessa parte será explicado algumas funções básicas do programa.

5 - Programar: Nesse momento os alunos irão programar. O professor deve incentivar que todos os alunos programem, a sugestão é que os alunos conversem e discutam ideias de como irão fazer a programação, pra que todos possam participar e entender como será feita, depois um aluno constrói o programa e os demais observam e conferem se está de acordo com o que foi planejado pelo grupo.

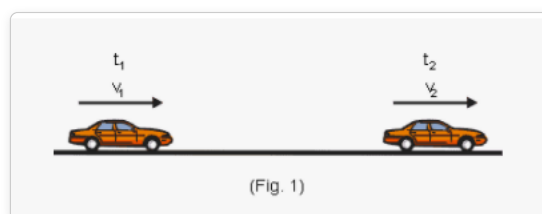
6 - Desmontar robô: Esta é a última tarefa da aula, os alunos devem desmontar o robô em equipe.

- Exercícios -

Imagem associada a atividade:

1) Com base no conteúdo visto em sala de aula, faça com que o robô acelere utilizando apenas comandos de ir para frente. Altere a força dos motores de 5 em 5, começando de 0 até 100. Após isso explique o que ocorreu e o que pode ser melhorado na programação.

2) Refine sua programação utilizando blocos do menu "controle" e "operadores".



Sequência de Programação

1. Bloco: Definir Motores

Descrição Tarefa:

TAREFA DE DEFINIR MOTORES

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a definir motores de deslocamento

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Movimento.

2. Etapa: Coloque o bloco "Definir Motores de Movimento" na sua pilha de programação.

3. Etapa: Escolha as portas que os motores desejados estão conectados.

Tarefa: TarefaDefinirMotores

Bloco Definir Motores de Movimento

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home

Descrição: Define os motores que serão utilizados nos blocos de movimento. As portas padrão dos motores são B e C.



2. Bloco: Início

Descrição Tarefa:

TAREFA DE INICIAR

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a fazer o robô iniciar uma programação.

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Eventos.

2. Etapa: Coloque o bloco "Quando Programa Iniciar" no início da sua programação.

Tarefa: TarefaIniciar

Bloco Quando Programa Iniciar

Descrição: Deve ser sempre o primeiro bloco utilizado em uma programação, pois permite executar os blocos que vem na sequência.



3. Bloco: Variável

Descrição Tarefa:

TAREFA DE VARIÁVEL

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a utilizar variáveis na programação.

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Variáveis.

2. Etapa: Coloque o bloco "Variável" na sua pilha de programação.

OBSERVAÇÕES

- Antes de utilizar esse bloco você deve definir as variáveis.

- As variáveis podem ser utilizadas dentro de blocos que recebam valores, esses blocos são identificados por terem um formato elíptico dentro deles.

Tarefa: TarefaVariavel

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home

Bloco Variável

Descrição: Retorna o valor de uma variável.



4. Bloco: Parar De Mover

Descrição Tarefa:

TAREFA DE PARAR MOVIMENTO DO ROBÔ

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a fazer o robô parar de locomover-se.

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Movimento.

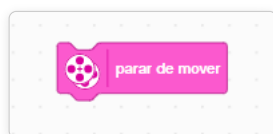
2. Etapa: Coloque o bloco "Parar de Mover" na sua pilha de programação.

Tarefa: TarefaPararMovimento

Bloco Parar de Mover

Descrição: Para todo o movimento do robô.

É correto utilizar o bloco de definir motores de movimento antes desse bloco.



5. Bloco: Adiciona Variavel

Descrição Tarefa:

TAREFA DE ADICIONAR VARIÁVEL

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a adicionar uma variável

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Variáveis.

2. Etapa: Clique em "Criar uma variável".

3. Etapa: Dê um nome a sua variável.

Tarefa: TarefaAdicionaVariavel

Bloco Adiciona a Variável

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home



6. Bloco: Espera

Descrição Tarefa:

TAREFA DE ESPERA

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a fazer o robô a esperar.

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Controle.
2. Etapa: Coloque o bloco "Esperar por Segundos" na sua pilha de programação.
3. Etapa: Digite o tempo em segundos que o robô deve esperar até seguir para o bloco seguinte.

Tarefa: TarefaEspera

Bloco Esperar por segundos

Descrição: Pausa a programação por um determinado tempo em segundos.



7. Bloco: Iniciar Velocidade Tanque

Descrição Tarefa:

TAREFA DE MOVER ROBÔ A UMA DETERMINADA VELOCIDADE

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a fazer o robô locomover-se a uma determinada velocidade.

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Movimento.
2. Etapa: Coloque o bloco "Iniciar Movimento a uma Velocidade de" na sua pilha de programação.
3. Etapa: Defina a velocidade que o robô irá locomover-se em percentual.

OBSERVAÇÃO

É importante utilizar esse bloco em conjunto com outro que possa condicionar a sua parada, como por exemplo, blocos de sensores e condicionais.

Tarefa: TarefaMoverVelocidade

Bloco Iniciar Movimento a uma Velocidade de

Descrição: Começa a mover o robô a uma velocidade específica, podendo ser diferente em cada

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home

motor.

Se colocar uma velocidade negativa e outra positiva ou uma velocidade 0 e outra diferente de 0, é possível realizar curvas.



8. Bloco: Altera Variavel

Descrição Tarefa:

TAREFA DE ALTERAR VARIÁVEL

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a alterar uma variável

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Variáveis.
2. Etapa: Utilize o comando "Alterar variável por".
3. Etapa: Escreva um valor que deseja atribuir a variável.
4. Etapa: Coloque o comando na sua pilha de programação.

Tarefa: TarefaAlteraVariavel

Bloco Altera Variável Por

Descrição: Altera a variável por um valor específico.



9. Bloco: Repete Ate Que

Descrição Tarefa:

TAREFA DE REPETIÇÃO

- Objetivo do Objetivo da Lição

1. Aprender a fazer o robô realizar repetições e parar com uma determinada condição.

PROCEDIMENTO

1. Etapa: Abre a aba de Controle.
2. Etapa: Coloque o bloco "Repetir Até que o Ciclo" na sua pilha de programação.
3. Etapa: Coloque um bloco que deseja realizar a condição.

OBSERVAÇÃO

É interessante utilizar esse bloco em união com sensores, para que a condição seja estabelecida

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home

Tarefa: TarefaRepeteAteQue

Bloco Repetir Até que o Ciclo

Descrição: Repete a programação dentro do bloco até que a condição desejada seja satisfeita.



Outras Informações

Recurso Didático: Pincel, Quadro, Régua, Data Show, Computador e Kit da Lego EV3 Mindstorms.**Objetivo:** Ao longo da aula os alunos irão:

Montar um robô utilizando o kit Lego Mindstorms;

Programar o robô montado utilizando o software Lego Mindstorms EV3 Classroom;

Desenvolver a capacidade de trabalhar em grupo, valorizando a ajuda dos integrantes do grupo na resolução da atividade;

Interpretar situação-problema proposto na atividade, relacionando e contextualizando assuntos físicos vistos em sala de aula;

Utilizar os conhecimentos de aceleração utilizando robótica, física e matemática.



Bem-vindo(a) à Robótica Educacional!

Aqui você encontra tudo para turbinar seus estudos e projetos de robótica.

BNCC

Todos os conteúdos aqui presentes foram elaborados com base na BNCC (Base Nacional Comum Curricular).

[Ver detalhes](#)

Contato

Envie sugestões e dúvidas para nossa equipe ! Basta clicar no link abaixo.

[Entrar em contato](#)

UERN e UFERSA

Criado em colaboração com a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e com

26/01/2026, 09:44

Robótica Educacional – Home

Semi-Árido (UFERSA) pelo
Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Computação
(PPGCC).

[Acessar site](#)

© 2018-2025 Robótica Educacional. Todos os direitos reservados.

26/01/2026, 09:45

APÊNDICE N – PRINT DA PÁGINA SCIENCE ROBÓTICA

Robótica Educacional – Home

SCIENCE

Início

Sobre

Editar Perfil

Sair

Robótica Educacional

Sua busca...

BUSCAR

ESCONDER FILTROS

PRÓXIMO

Disciplina:

Robótica



Série:

N/A (Robótica)



Assunto:

N/A (Robótica)



Conteúdo:

Robo Educador



BUSCAR

OU

VER RECOMENDAÇÕES

Robo Educador

Disciplina: Robótica

Robô: Robo Educador

Descrição Geral

Robô tradicional da Lego que serve para várias aplicações que são realizadas de formas simples e intuitivas. Além de que sua base pode ser utilizadas para a criação de outros robôs, pois, possui uma facilidade de encaixe de anexos possibilitando várias criações.

Link da montagem:

<https://education.lego.com/v3/assets/blt293eea581807678a/bltaad05439b54bbede/5ec7c8f13d12bb3e9be2067c/ev3-rem-driving-base.pdf>

Link da imagem:



Peças do Robô "Robo Educador"

Bloco Ev 3

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home

Peça Bloco Ev3

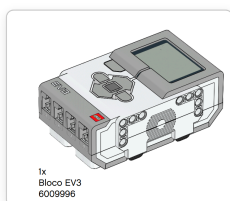
Descrição: BLOCO EV3: o bloco programável controla motores e sensores, além de proporcionar a comunicação sem fios. O monitor mostra o que está acontecendo dentro do Bloco EV3 e permite a utilização da Interface do Bloco. Ele também permite adicionar textos e respostas numéricas ou gráficas em sua programação ou experimentos.

Os Botões do Bloco permitem navegar dentro da Interface do Bloco EV3.

As portas de entrada 1, 2, 3 e 4 servem para conectar os sensores.

As portas de saída A, B, C e D servem para conectar os motores.

Link da imagem:

**Bloco Conversor 2 Cinza**

(Qtd: 2)

Peça Bloco conversor de 2

Descrição: Esta parte é composta por dois orifícios redondos e, em seguida, um orifício transversal de cada lado, a 90 graus abaixo dele.

Link da Imagem:

**Bloco Conversor Duplo 3 Preto**

(Qtd: 2)

Peça Bloco conversor duplo de 3

Descrição: Esta peça muito útil para juntar algumas peças. Tem dois furos transversais de cada lado, com um furo redondo do outro lado.

Link da imagem:

**Cabo 25**

(Qtd: 2)

Peça: Cabo 25, 35 e 50

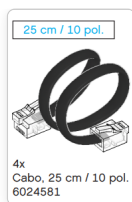
Descrição: Utilizando os cabos conectores pretos achatados, faça a ligação dos sensores ao Bloco EV3 utilizando as portas de entrada 1, 2, 3 e 4.

Utilizando os cabos conectores pretos achatados, faça a ligação dos motores ao Bloco EV3 utilizando as portas de saída A, B, C e D.

Link da imagem:

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home

**Eixo 3 Cinza**

(Qtd: 2)

Peça Eixo de 3

Descrição: Os eixos são muito importantes, pois além de juntar peças de montagem, eles ainda são os responsáveis por levar a força do motor pra as rodas ou garras.

Link da imagem:

**Eixo 4 Preto**

(Qtd: 2)

Peça Eixo de 4

Descrição: Os eixos são muito importantes, pois além de juntar peças de montagem, eles ainda são os responsáveis por levar a força do motor pra as rodas ou garras.

Link da imagem:

**Eixo Com Limitador 4 Cinza**

(Qtd: 2)

Peça: Eixo com limitador de 4

Descrição: Possui 4 dentes para encaixes em outras engrenagens ou conectores dentados possibilitando realizar montagem em graus.

Link da imagem:

**Eixo Com Limitador 8 Cinza**

(Qtd: 2)

Peça: Eixo com limitador 8

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home

Link da imagem:

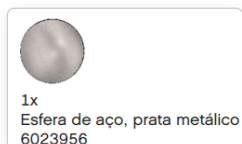
**Esfera De Aço**

(Qtd: 1)

Peça esfera de aço.

Descrição: Esta bola forma uma espécie de roda esférica para a criação de Lego MINDSTORMS.

Link da imagem:

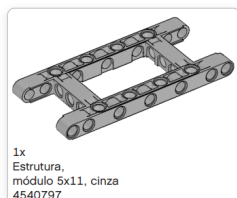
**Estrutura 5X 11**

(Qtd: 1)

Peça Estrutura 5x11

Descrição: A estrutura de 5x11 é semelhante ao 5 x 7, também possui vários orifícios.

Link da imagem:

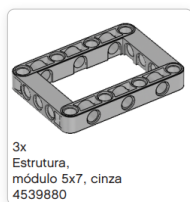
**Estrutura 5X 7**

(Qtd: 1)

Peça: Estrutura de 5x7

Descrição: Uso para fixação dos motores, de forma simétrica, e também na estrutura do robô.

Link da imagem:

**Indicador Branco**

(Qtd: 2)

Peça Indicador

Descrição: Esta peça permite a conexão a um eixo, e é boa para todos os tipos de coisas, principalmente para mostrar a direção.

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home



4x
Indicador, 3 módulos, branco
4173941

Motor Grande

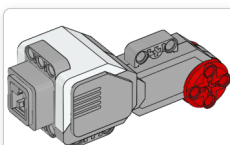
(Qtd: 2)

Peça Motor Grande

Descrição: O Motor Grande é um potente motor "inteligente". Ele possui um Sensor de Rotação embutido com resolução de 1 grau, para um controle preciso.

O Motor Grande é otimizado para ser a base motriz dos seus robôs. Ao utilizar os Blocos de Programação Mover direção ou Mover o tanque, os Motores Grandes irão coordenar a ação simultaneamente.

Link da imagem:



2x
Motor Grande
6009430

Pino Conector Com Friccao 3 Modulo Azul

(Qtd: 7)

Peça Pino Conector com Fricção de 3 módulo azul

Descrição: Utilizar para aumentam a fricção entre suas conexões com as vigas.

Link da imagem:



30x
Pino conector com fricção,
3 módulos, azul
4514553

Pino Conector Com Friccao Eixo 2 Modulos Azul

(Qtd: 12)

Peça Pino conector com fricção de Eixo 2 módulo Azul

Descrição: Este é o pino do conector / eixo transversal com algum atrito, por isso gira um pouco livremente.

Link da imagem:



20x
Pino conector com fricção/eixo,
2 módulos, azul
4206482

Pino Conector Com Friccao 2 Modulo Preto

(Qtd: 18)

Peça Pino conector com fricção 2 módulos preto

Descrição: Assim como o outro tipo de conector, isso tem algum atrito. Como diria que uso essa parte, juntamente com os arbustos, o máximo com as criações LEGO Technic e MINDSTORMS, pois é a maneira mais fácil de vincular duas partes com orifícios redondos.

Link da imagem:

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home



60x
Pino conector com fricção,
2 módulos, preto
4121715

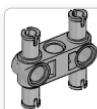
Pino Conector Angular Duplo 3X 3 Cinza

(Qtd: 2)

Peça: Pino Conector Duplo 3x3

Descrição: Oferecem uma mais ampla conexão entre as peças, o que gera uma incrível possibilidade de construção.

Link da Imagem:



6x
Pino conector duplo,
módulo 3x3, cinza
4225033

Pino Conector Com Bucha 3 Vermelho

(Qtd: 4)

Pino Conector com bucha de 3 vermelha

Descrição: O pino do conector que você vê aqui tem algum atrito, para que você possa travar duas coisas juntas com segurança, e elas não girarão muito livremente. A seção do furo transversal na extremidade forma um apêndice interessante em forma de pino.

Link da Imagem:



22x
Pino conector com bucha,
3 módulos, vermelho
4140806

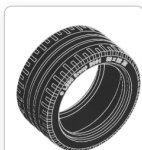
Pneu De Perfil Baixo

(Qtd: 2)

Peça Pneu de Perfil Baixo

Descrição: Os pneus grandes têm suas dimensões impressas na borda.

Link da imagem:



2x
Pneu de perfil baixo,
56x28 mm, preto
6035364

Roda 43

(Qtd: 2)

Peça Roda 43

Descrição: As rodas do carrinho de compras, essas rodas algumas vezes giram quando o robô inverte a direção, fazendo com que ele se mexa.

Link da Imagem:

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home



Rolamento De Esfera

(Qtd: 1)

Peça de Rolamento de Esfera

Descrição: Essa peça tem como estrutura para montar a bola de metal.

Link da imagem:



Viga 3 Preta

(Qtd: 2)

Peça: Viga de 3 preta

Descrição: Serve para a sustentação e também para a estrutura do robô.

Link da imagem:



Viga 5 Cinza

(Qtd: 1)

Peça: Viga de 5

Descrição: Serve para a sustentação e também para a estrutura do robô.

Link da imagem:



Viga Angular 2 X 4 Vermelha

(Qtd: 2)

Peça de Angular 2x4 Vermelho

Descrição: Esta é a fusão de duas vigas para formar uma viga de 4 x 2 em um ângulo reto perfeito. Isso funciona bem ao criar criações quadradas ou retangulares. Você notará que um dos orifícios é em forma de cruz, perfeito para um eixo.

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home

Link da imagem:

**Viga Angular 2X 1 Vermelha**

(Qtd: 2)

Peça Viga angular 2x1

Descrição: A viga angular 2x1 é uma peça composta por dois eixos 1M que se cruzam em um furo redondo.

Link da imagem:

**Viga Angular 3X 7 Cinza**

(Qtd: 2)

Peça Viga Angular 3x7

Descrição: A viga angular tem o mesmo ângulo em 53,1 graus, mas mede 3 x 7.

Link da imagem:

**Viga Angular Dupla Modulo 3X 7 Branca**

(Qtd: 2)

Peça viga angular módulo 3x7 branco.

Descrição: Esta viga em particular possui dois ângulos de 45 graus, portanto é essencialmente um ângulo de 90 graus com uma boa curva.

Link da imagem:

**Viga Angular Modulo 4 X 4 Branca**

(Qtd: 2)

Peça Viga Angular módulo 4x4

Descrição: A viga angular 4x4 está em um ângulo de 53.1 graus. Observe os grifos transversais em cada extremidade

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home

Link da imagem:

**Viga Angular 3X 5 Cinza**

(Qtd: 2)

Peça Viga angular 3x5 cinza

Descrição: Como a viga angular 4 x 2, esse é outro viga angular de 90 graus, ligeiramente maior a 5 x 3. Ao contrário do viga angular 4 x 2, não há orifício em forma de cruz em uma extremidade.

Link da imagem:

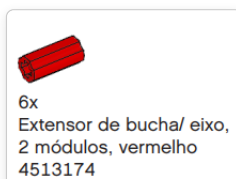
**Extensor De Bucha Eixo Vermelho**

(Qtd: 2)

Peça Extensor de Bucha / Extensor de bucha de eixo

Descrição: é um tipo de extensão de eixo transversal, que permite unir dois eixos.

Link da imagem:

**Bem-vindo(a) à Robótica Educacional!**

Aqui você encontra tudo para turbinar seus estudos e projetos de robótica.

26/01/2026, 09:45

Robótica Educacional – Home

BNCC

Todos os conteúdos aqui presentes foram elaborados com base na BNCC (Base Nacional Comum Curricular).

[Ver detalhes](#)**Contato**

Envie sugestões e dúvidas para nossa equipe ! Basta clicar no link abaixo.

[Entrar em contato](#)**UERN e UFERSA**

Criado em colaboração com a Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) e com a Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC).

[Acessar site](#)