

## Aprendizagem Ativa de Cinemática por Meio da Robótica Educacional

Joana Felizardo da Silva<sup>1</sup>, Rafael Pinheiro Barroso Filho<sup>1</sup>, Gustavo Gabriel Santos Silva<sup>1</sup>, Ianne Lima Nogueira<sup>1</sup>, Ana Cecilia Soja<sup>1</sup>, Anderson Veiga da Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense – *Campus* Bom Jesus do Itabapoana (IFF)

CEP 28360-000 – Bom Jesus do Itabapoana – RJ – Brasil

{joana.f, pinheiro.filho, gabriel.gustavo}@gsuite.iff.edu.br,  
{ianne.nogueira, ana.soja, anderson.silva}@iff.edu.br.

**Abstract.** *Physics education faces challenges due to the abstract nature of its concepts and the difficulty of relating them to real-world phenomena. This paper presents the use of Educational Robotics to study motion on an inclined plane with LEGO® Mindstorms kits and ultrasonic sensors. Students programmed the sensors to record displacement and time, enabling the calculation of average velocity. The results show that students successfully implemented the codes, understood the physical concepts, and reported more meaningful learning compared to traditional methods. The experience demonstrates that integrating programming with robotics enhances concrete understanding of Physics and promotes active student engagement.*

**Resumo.** *O ensino de Física enfrenta desafios devido à abstração dos conceitos e à dificuldade de relacioná-los com fenômenos reais. Este trabalho descreve o uso de Robótica Educacional para estudar o movimento em plano inclinado com kits LEGO® Mindstorms e sensores ultrassônicos. Os estudantes programaram os sensores para registrar deslocamento e tempo, permitindo calcular a velocidade média. Os resultados indicam que os alunos implementaram os códigos com sucesso, compreenderam os conceitos físicos envolvidos e relataram aprendizagem mais significativa comparado a métodos tradicionais. A experiência mostra que a integração entre programação e robótica favorece a compreensão concreta da Física e o engajamento ativo.*

### 1. Introdução

No cenário educacional contemporâneo, o ensino de Física enfrenta o desafio de superar a fragmentação entre conceitos teóricos, como o estudo do movimento em um plano inclinado, e a realidade vivenciada pelos estudantes. A abordagem tradicional, frequentemente centrada na transmissão passiva de conteúdos, mostra-se limitada ao demonstrar a aplicabilidade prática do conhecimento científico, distanciando o aluno da compreensão fenomenológica necessária à apropriação dos conceitos físicos [Teixeira, E. S. et al. 2018]. Esse distanciamento torna-se especialmente evidente no ensino de conteúdos de cinemática, cuja compreensão depende da observação, medição e análise de fenômenos reais.

Nesse contexto, a Robótica Educacional apresenta-se como uma alternativa pedagógica promissora para aproximar teoria e prática. Mais do que um recurso lúdico, a literatura especializada define a robótica como um campo pertencente às ciências informáticas, caracterizado pela interação de sistemas computacionais com o mundo físico por meio da aplicação integrada de conhecimentos de microeletrônica, engenharia

mecânica, física e inteligência artificial [Cardoso, M. G. et al. 2020]. Essa natureza interdisciplinar possibilita a construção de ambientes de aprendizagem nos quais o estudante atua de forma ativa na investigação de fenômenos físicos mediada pela tecnologia.

Sob a ótica da Computação, a inserção da robótica no ambiente escolar transforma a sala de aula em um espaço de experimentação tecnológica, no qual o aprendizado vai além da simples montagem de artefatos. O processo envolve o projeto, a programação e a depuração de sistemas que integram software e hardware, exigindo do estudante o desenvolvimento do raciocínio lógico e algorítmico [Stoppa, M. H. 2012]. Ambientes de programação educacionais permitem a criação de rotinas estruturadas para o controle de atuadores e a leitura de sensores, possibilitando a simulação, a visualização de erros e o ajuste de parâmetros em tempo real, práticas fundamentais à formação tecnológica [Santos, T. N., Pozzebon, E. and Frigo, L. B. 2013].

A validação de hipóteses físicas, nesse cenário, ocorre por meio da execução de códigos computacionais. Erros de programação resultam em comportamentos físicos inesperados, estabelecendo um ciclo de feedback imediato em que o estudante precisa revisar a lógica do algoritmo para alcançar o efeito desejado. A utilização de sensores para a aquisição automática de dados e a parametrização de variáveis, como potência de motores, tempo e deslocamento, aproxima o aluno da prática científica, permitindo a coleta e a análise de dados cinemáticos de forma sistematizada [Teixeira, E. S. et al. 2018].

Diante disso, o presente trabalho descreve uma experiência desenvolvida com estudantes do primeiro ano do ensino médio integrado ao curso técnico em Informática. A proposta consiste na utilização do kit LEGO® Mindstorms (modelo 51515) para a automação do estudo experimental do movimento de um corpo em um plano inclinado. Por meio da programação de sensores e do controle de motores, os alunos coletaram dados de tempo e deslocamento, possibilitando a análise de grandezas cinemáticas, como velocidade e aceleração, a partir de dados reais.

O objetivo central deste trabalho é demonstrar como a robótica educacional, aliada à programação, pode automatizar experimentos de Física no estudo do plano inclinado, tornando o aprendizado mais concreto e integrado à formação técnica. Para além da construção do protótipo, a proposta enfatiza a modelagem algorítmica do experimento, estabelecendo correspondência entre variáveis computacionais como tempo, leitura de sensores e estruturas condicionais, e grandezas físicas da Cinemática.

Ao articular programação, validação experimental e análise de resultados, a experiência busca evidenciar a mobilização do pensamento computacional no contexto da aprendizagem [Cardoso et al. 2020]. Diferentemente de abordagens centradas apenas na montagem de dispositivos, o foco recai sobre a elaboração, teste e depuração de algoritmos como parte constitutiva da construção do conhecimento.

## **2. Trabalhos Relacionados**

Estudos na área de ensino de Física apontam dificuldades recorrentes relacionadas à abstração excessiva dos conceitos e à limitada articulação com situações concretas, o

que favorece desinteresse e consolidação de concepções equivocadas sobre fenômenos como movimento e força [Fornaza & Webber 2014; Teixeira et al. 2018]. Tais desafios demandam estratégias pedagógicas que aproximem teoria e experimentação, especialmente em contextos educacionais permeados por tecnologias digitais [Tavares et al. 2021].

A Robótica Educacional caracteriza-se como estratégia pedagógica alinhada ao Construcionismo proposto por Seymour Papert (1980), no qual a aprendizagem ocorre por meio da construção de artefatos concretos e da programação de seus comportamentos, favorecendo a participação ativa do estudante. Ao projetar, programar e testar robôs, o aluno assume papel central na produção do conhecimento. Nesse contexto, a inserção da robótica modifica a dinâmica da sala de aula, aproximando-a de um espaço de experimentação em engenharia. Morales, Giacomelli e Costa (2017) destacam que a construção e o uso desses sistemas permitem associar conceitos físicos abstratos a estruturas mecânicas concretas, contribuindo para a ancoragem de novos conhecimentos na estrutura cognitiva do estudante, conforme os princípios da Aprendizagem Significativa de Ausubel.

A precisão instrumental de kits educacionais, como o LEGO® Mindstorms, amplia seu potencial como ferramenta experimental e viabiliza investigações mais consistentes em atividades de Cinemática, incluindo o estudo do movimento em plano inclinado [Teixeira et al. 2018]. Sensores ultrassônicos e a leitura das rotações dos servomotores possibilitam a obtenção precisa de dados de posição e tempo, permitindo o cálculo de grandezas como velocidade média e aceleração a partir de registros automatizados, superando limitações típicas da coleta manual de dados.

A integração entre Computação e Física manifesta-se de maneira central na etapa de programação dos robôs. Para a execução de experimentos cinemáticos, os estudantes desenvolvem algoritmos responsáveis pelo controle de parâmetros associados diretamente às grandezas físicas envolvidas, como potência dos motores, tempo e deslocamento. Inconsistências no algoritmo resultam em comportamentos físicos inesperados, demandando revisão do código e promovendo reflexão conceitual. Dessa forma, a programação atua como processo de modelagem e validação científica, no qual o erro computacional induz ao aprimoramento do raciocínio lógico e à consolidação conceitual [Tavares et al. 2018].

Resultados quantitativos presentes na literatura corroboram a eficácia da integração entre hardware, software e conteúdos de Física. Em estudo conduzido por Teixeira et al. (2018) com estudantes do ensino médio, observou-se impacto significativo na percepção discente em relação à disciplina, com aumento expressivo da motivação e melhoria no processo de aprendizagem. Esses dados indicam que a Robótica Educacional, ao articular programação, instrumentação e conceitos físicos, promove envolvimento cognitivo consistente e evidencia a aplicabilidade do conhecimento científico na compreensão e intervenção sobre o mundo físico.

### **3. Delineamento Metodológico da Proposta**

A presente pesquisa caracteriza-se como um relato de experiência pedagógica, com abordagem qualitativa e quantitativa, desenvolvido no contexto do ensino médio integrado. O estudo teve como foco a análise das potencialidades da Robótica Educacional como mediadora da aprendizagem de conceitos de Cinemática, a partir da percepção dos estudantes, dos registros produzidos durante a atividade e dos produtos finais desenvolvidos ao longo da intervenção.

A intervenção foi realizada com uma turma composta por 27 estudantes do primeiro ano do ensino médio integrado ao curso técnico em Informática. A escolha da turma ocorreu em função da compatibilidade entre os conteúdos de Física previstos no período letivo, com ênfase no estudo do movimento em um plano inclinado, e os conteúdos introdutórios de programação e robótica já trabalhados no curso técnico, o que favoreceu uma proposta interdisciplinar articulada.

#### **3.1 Estrutura da Intervenção Pedagógica**

A proposta pedagógica apresentou caráter interdisciplinar integrando os componentes curriculares de Física, Robótica Educacional e Programação. A intervenção ocorreu ao longo de um bimestre letivo com encontros semanais destinados às oficinas de robótica educacional, cada uma composta por duas aulas consecutivas de 50 minutos, realizadas no laboratório maker da instituição.

De forma paralela, a professora responsável pela disciplina de Física utilizou sua carga horária regular, duas aulas semanais de 50 minutos para realizar a articulação entres os conteúdos conceituais da cinemática e as atividades praticas desenvolvidas nas oficinas. Essa organização possibilitou uma integração contínua entre teoria e prática evitando a fragmentação do processo de ensino-aprendizagem e favorecendo a retomada conceitual à medida que os experimentos eram desenvolvidos

Os estudantes foram organizados em sete grupos promovendo o trabalho colaborativo e a divisão de responsabilidades relacionadas à montagem do aparato experimental, ao desenvolvimento dos algoritmos e à análise dos dados obtidos. Essa dinâmica favoreceu a troca de conhecimentos entre os participantes e o desenvolvimento de habilidades como comunicação, cooperação e resolução de problemas.

#### **3.2 Etapa de Familiarização com Robótica e Programação**

Inicialmente, os estudantes participaram de oficinas introdutórias de Robótica Educacional, com o objetivo de familiarizá-los com o kit LEGO® Mindstorms (modelo 51515). Nessas oficinas, foram abordados aspectos relacionados à montagem de estruturas básicas, à configuração da unidade de controle e à utilização de sensores ultrassônicos.

No âmbito da programação, foram trabalhados conceitos fundamentais de lógica algorítmica, utilizando um ambiente de programação por blocos. Os estudantes desenvolveram programas simples para controle de motores e leitura de sensores, garantindo um nível mínimo de autonomia técnica necessário para a execução da

atividade experimental proposta. Essa etapa foi fundamental para reduzir dificuldades operacionais e permitir que o foco da atividade recaísse sobre a análise dos fenômenos físicos envolvidos.

### 3.3 Aparato Experimental e Materiais

Para a atividade experimental, foi utilizada uma rampa desenvolvida especificamente para o projeto, como mostra a Figura 1, modelada digitalmente e produzida por meio de impressão 3D em material plástico. A rampa possui 27 cm de comprimento e foi projetada de modo a permitir a variação do ângulo de inclinação, assumindo valores de 30°, 45° e 60°, possibilitando a análise da influência do ângulo sobre o movimento do objeto.

Dois sensores ultrassônicos foram posicionados no início e no final da rampa, com a finalidade de detectar a passagem do objeto e registrar automaticamente os tempos associados ao movimento. Essa configuração permitiu reduzir erros relacionados à medição manual e ampliar a confiabilidade dos dados obtidos.

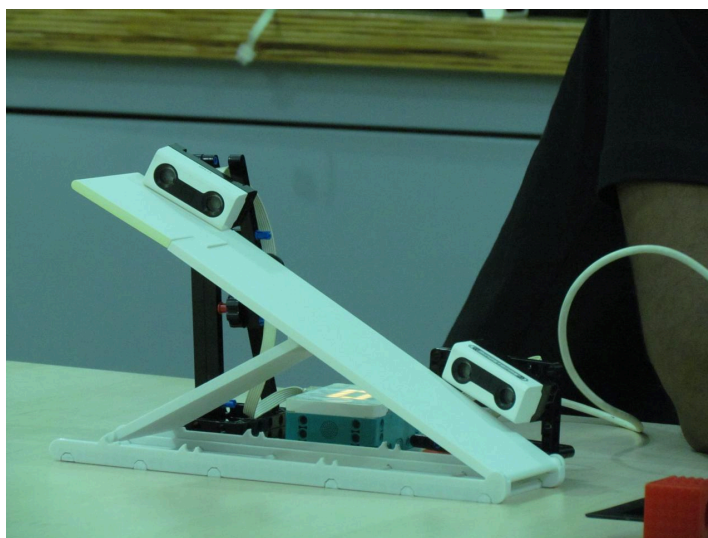


Figura 1 - Protótipo da rampa impressa utilizada no experimento.

### 3.4 Desenvolvimento do Experimento Automatizado

A partir desse material, cada grupo foi orientado a desenvolver um programa responsável por automatizar a execução do experimento. A modelagem do problema exigiu a explicitação de uma estrutura algorítmica organizada em termos de entradas, processamentos e saídas, envolvendo a leitura dos sensores ultrassônicos, o controle temporal e verificação de condições, bem como o registro e exibição dos valores calculados.

O programa deveria identificar a passagem de um cubo no início e no término da rampa, registrar automaticamente o intervalo de tempo entre as detecções e, a partir desses dados, calcular o ângulo de inclinação, o respectivo valor do seno, a velocidade média, a velocidade final e a aceleração teórica do movimento ao longo do plano inclinado, articulando dados experimentais e modelos físicos. A lógica do algoritmo desenvolvido encontra-se representada no pseudocódigo apresentado na Figura 2.

```

Algoritmo Experimento de Rampa
  Definir distância da rampa (s)
  Definir gravidade (g)
  Definir ângulo de inclinação ( $\theta$ )
  Calcular aceleração teórica
     $a = g * \text{sen}(\theta)$ 
  Calcular previsões teóricas
     $v_{\text{prev}} = \sqrt{2 * a * s}$ 
     $t_{\text{prev}} = v_{\text{prev}} / a$ 
     $v_{\text{media\_prev}} = s / t_{\text{prev}}$ 
  Aguardar detecção no sensor superior
  Iniciar temporizador
  Aguardar detecção no sensor inferior
  Registrar tempo medido (t)
  Calcular valores experimentais
     $v_{\text{final}} = a * t$ 
     $v_{\text{media}} = s / t$ 
  Imprimir comparação entre valores previstos e medidos
Fim Algoritmo Experimento de Rampa

```

**Figura 2 - Pseudocódigo do algoritmo para cálculo e comparação dos valores teóricos e experimentais no plano inclinado.**

O processo de depuração ocorreu de forma iterativa, envolvendo testes sucessivos, ajustes nas estruturas condicionais e refinamento da lógica de controle temporal. As inconsistências observadas nos dados levaram os estudantes a revisitar tanto o código quanto os modelos físicos utilizados, promovendo uma análise crítica da correspondência entre o comportamento do algoritmo e o fenômeno observado. Esse movimento de revisão contribuiu para consolidar a compreensão conceitual e evidenciar a integração entre modelagem computacional e explicação física.

### 3.5 Mediação Pedagógica Interdisciplinar

A professora de Física, que atua regularmente na turma, e o professor de Introdução à Programação acompanharam todas as etapas da atividade. A professora de Física realizou intervenções orientadoras, retomadas conceituais e discussões relacionadas aos princípios do movimento retilíneo, à força resultante no plano inclinado e à relação entre aceleração e inclinação. O professor de Introdução à Programação atuou no suporte ao desenvolvimento dos algoritmos, orientando os estudantes na organização da lógica de programação, na manipulação de variáveis, na leitura dos sensores e na depuração dos códigos desenvolvidos. Essa atuação conjunta foi essencial para garantir que a robótica não fosse utilizada apenas como um recurso tecnológico, mas como um instrumento de investigação científica, capaz de articular programação e conceitos físicos e apoiar a compreensão dos conteúdos trabalhados.

### 3.6 Procedimentos de Avaliação e Coleta de Dados

A avaliação da proposta foi realizada a partir de três instrumentos principais:

- Relatórios escritos, elaborados por cada grupo, nos quais os estudantes descreveram o funcionamento do sistema desenvolvido, os procedimentos

adotados, os dados coletados e a interpretação dos resultados à luz dos conceitos de cinemática estudados;

- Apresentações finais, nas quais os grupos expuseram o projeto desenvolvido, demonstraram o funcionamento do programa e explicitaram a articulação entre os aspectos computacionais e físicos envolvidos;
- Questionário final, de natureza qualitativa, aplicado com o objetivo de identificar a percepção dos estudantes acerca do processo de aprendizagem, da integração entre robótica, programação e Física, e da contribuição da atividade para a compreensão dos conceitos abordados.

Os dados obtidos por meio desses instrumentos subsidiaram a análise dos resultados apresentados na seção seguinte, permitindo compreender os impactos pedagógicos da proposta a partir das evidências produzidas pelos próprios estudantes.

#### 4. Resultados da Intervenção Pedagógica

A análise dos resultados foi realizada a partir de múltiplas fontes de evidência, com o objetivo de obter uma visão abrangente dos impactos pedagógicos do projeto interdisciplinar. Foram considerados: (i) as respostas ao questionário final aplicado aos estudantes, estruturado em escala Likert de cinco pontos, variando de “discordo totalmente” (1) a “concordo totalmente” (5); (ii) os relatórios escritos elaborados pelos grupos; e (iii) as apresentações finais realizadas ao término das atividades. Essas produções foram analisadas à luz de critérios conceituais e computacionais previamente definidos, sendo compreendidas como evidências qualitativas de aprendizagem, o que ampliou a validade e a consistência dos resultados obtidos por meio do questionário.

No que se refere à aprendizagem de Física, conforme apresentado no gráfico 1, a maioria dos estudantes percebeu contribuição positiva do projeto para a compreensão do movimento em plano inclinado, ainda que uma parcela tenha indicado neutralidade ou discordância.. Resultado semelhante foi observado quanto à compreensão das grandezas cinemáticas: 70% indicaram que a coleta automatizada de tempo e deslocamento facilitou o entendimento de conceitos como velocidade e aceleração, ao passo que 22% mantiveram-se neutros e 8% relataram dificuldades. Esses dados indicam que, embora a maioria tenha se beneficiado da abordagem experimental, uma parcela dos estudantes ainda enfrenta obstáculos na assimilação dos conceitos físicos.

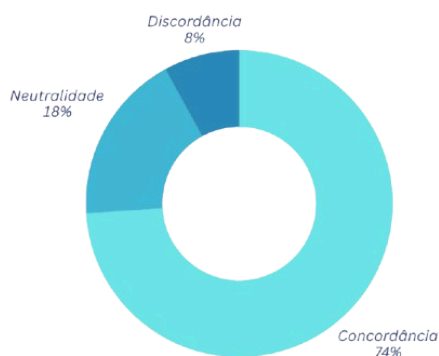
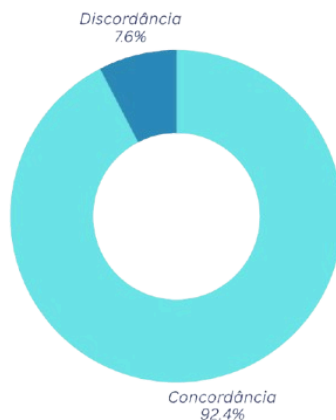


Gráfico 1. Aprendizagem Conceitual em Física.

Em relação à integração entre Física, Programação e Robótica, os resultados evidenciam uma percepção predominantemente positiva. 81% dos respondentes concordaram que conseguiram perceber a articulação entre as áreas no experimento, enquanto 11% indicaram neutralidade e 8% discordaram. De forma complementar, 78% afirmaram que a programação auxiliou na compreensão da representação de variáveis físicas em código, embora 15% tenham se mantido neutros e 7% tenham avaliado negativamente essa relação. Entretanto, ao analisar a afirmação de que os erros de programação contribuíram para a revisão de conceitos físicos, observou-se maior dispersão nas respostas: 59% concordaram, 26% permaneceram neutros e 15% discordaram, sugerindo que nem todos os estudantes conseguiram transformar as dificuldades computacionais em oportunidades de aprendizagem conceitual.

No eixo relacionado ao engajamento e à motivação, os resultados foram expressivos. Conforme ilustrado no gráfico 2, a abordagem baseada em robótica educacional foi avaliada como mais motivadora em comparação a metodologias tradicionais. Além disso, 82% avaliaram que as aulas se tornaram mais dinâmicas em comparação a metodologias tradicionais, com 11% de respostas neutras e 7% de discordância. Esses dados reforçam o potencial da robótica educacional como elemento mediador para o aumento do engajamento no ensino de Física.



**Gráfico 2. Engajamento e Motivação.**

Quanto ao uso de sensores e à coleta de dados experimentais, 68% dos estudantes concordaram que a tecnologia permitiu uma coleta mais precisa em comparação aos métodos manuais, 22% mantiveram posição neutra e 10% discordaram. Comentários abertos indicam que parte das avaliações negativas está associada à percepção de imprecisão dos sensores em medições de intervalos de tempo muito curtos, evidenciando limitações técnicas do aparato experimental que impactaram a experiência de alguns grupos.

No âmbito do trabalho colaborativo, 77% dos estudantes concordaram que o trabalho em grupo foi fundamental para o desenvolvimento do projeto, enquanto 15% apresentaram posicionamento neutro e 8% discordaram. Entretanto, nas respostas abertas, emergiram críticas relacionadas à divisão desigual de tarefas e à participação limitada de alguns integrantes, indicando que, embora o trabalho colaborativo tenha sido majoritariamente positivo, também gerou tensões e desafios organizacionais.

Além dos dados quantitativos do questionário, os relatórios escritos constituíram um importante instrumento de avaliação qualitativa. Observou-se que a maioria dos grupos foi capaz de descrever adequadamente o funcionamento do sistema automatizado, os procedimentos metodológicos adotados e os dados experimentais coletados, articulando-os com os conceitos de Cinemática estudados. Contudo, identificaram-se dificuldades recorrentes na interpretação matemática dos resultados e na formalização escrita, especialmente na explicitação de hipóteses e na análise crítica dos dados, apontando para a necessidade de maior mediação docente nesse aspecto.

As apresentações finais também contribuíram para a consolidação da aprendizagem. Cerca de 74% dos estudantes afirmaram que esse momento auxiliou na consolidação dos conhecimentos adquiridos, enquanto 19% mantiveram-se neutros e 7% discordaram. Durante as exposições, foi possível observar que a maioria dos grupos conseguiu demonstrar o funcionamento do programa e explicitar a articulação entre os aspectos computacionais e físicos do experimento, ainda que com diferentes níveis de profundidade conceitual.

De forma geral, 79% dos participantes declararam satisfação com o resultado final do protótipo e da automação desenvolvida, enquanto 14% apresentaram avaliação intermediária e 7% relataram insatisfação. Esses resultados indicam que o projeto atingiu seus objetivos formativos centrais, ao mesmo tempo em que evidenciam aspectos técnicos, pedagógicos e organizacionais passíveis de aprimoramento em futuras edições.

## **5. Análise Crítica da Proposta**

A implementação da proposta de Aprendizagem Ativa em Cinemática mediada pela Robótica Educacional evidenciou não apenas suas potencialidades pedagógicas, mas também um conjunto de desafios inerentes à integração entre tecnologia, programação e conteúdos conceituais de Física no contexto escolar. A análise articulada dos dados quantitativos do questionário final, das produções dos estudantes (relatórios e apresentações) e das observações realizadas durante o desenvolvimento das atividades permite uma reflexão crítica sobre os obstáculos enfrentados, a receptividade da proposta no ambiente escolar e as possibilidades de ampliação futura do projeto.

### **5.1 Obstáculos Enfrentados Durante a Implementação**

Um dos principais desafios observados refere-se à heterogeneidade do nível de conhecimento prévio dos estudantes, especialmente no que diz respeito à lógica de programação. Embora a turma estivesse inserida em um curso técnico em Informática, os resultados do questionário indicam que 15% dos estudantes não perceberam os erros de programação como oportunidades de revisão conceitual, enquanto 26% mantiveram-se neutros quanto a esse aspecto. Esse dado corrobora as observações realizadas durante as atividades, nas quais diferenças individuais na familiaridade com estruturas algorítmicas impactaram o ritmo de desenvolvimento dos grupos, exigindo intervenções docentes mais frequentes na resolução de dificuldades técnicas.

Nos produtos desenvolvidos, observou-se que a maioria dos grupos estruturou corretamente a sequência algorítmica de controle por eventos e o uso de variáveis para

armazenamento dos dados experimentais, evidenciando apropriação dos fundamentos da lógica de programação. As dificuldades identificadas concentraram-se sobretudo na organização de estruturas condicionais mais complexas e na interpretação crítica dos resultados gerados pelo próprio código, especialmente quando os valores experimentais divergiam das previsões teóricas.

Outro obstáculo relevante esteve relacionado à gestão do tempo pedagógico. A integração entre robótica, programação e Física demanda um tempo ampliado de planejamento e execução, aspecto evidenciado pelo fato de que 22% dos estudantes apresentaram posicionamento neutro quanto à contribuição da coleta automatizada de dados para a compreensão dos conceitos físicos. O processo de montagem do aparato experimental, realização de testes, ajustes nos algoritmos e análise dos dados requer um ritmo de trabalho que nem sempre se adequa de forma imediata à estrutura curricular regular, especialmente em contextos com carga horária limitada.

Aspectos relacionados à infraestrutura também se configuraram como desafios pontuais. Embora 68% dos estudantes tenham avaliado positivamente a precisão da coleta de dados por meio dos sensores, 10% discordaram dessa afirmação, associando suas dificuldades à percepção de imprecisão em medições de intervalos temporais curtos. Esse resultado evidencia limitações técnicas do aparato experimental e reforça a necessidade de planejamento cuidadoso quanto ao uso e à calibração dos sensores, bem como à discussão dos limites dos modelos experimentais adotados.

Do ponto de vista conceitual, os resultados indicam que, apesar de 74% dos estudantes reconhecerem avanços na compreensão do movimento em plano inclinado, uma parcela ainda encontrou dificuldades em articular os dados experimentais aos modelos teóricos da Cinemática. Essas dificuldades, entretanto, configuraram-se também como oportunidades pedagógicas, uma vez que favoreceram revisões conceituais, discussões orientadas e reflexões sobre as diferenças entre modelos idealizados e sistemas físicos reais.

A análise qualitativa dos relatórios confirmou essa tendência: a maioria dos grupos conseguiu estabelecer a relação entre aceleração e seno do ângulo de inclinação, bem como interpretar discrepâncias entre valores previstos e medidos. Entretanto, observaram-se diferentes níveis de formalização matemática e argumentativa, indicando que, embora a compreensão conceitual tenha sido mobilizada, ainda há espaço para aprofundamento na explicitação teórica dos resultados.

## **5.2 Aceitação da Proposta pelo Corpo Docente**

Apesar dos desafios identificados, a proposta foi bem aceita pelos docentes envolvidos. A professora de Física destacou o potencial da robótica educacional como ferramenta de mediação para a compreensão de conceitos tradicionalmente abstratos, percepção alinhada aos resultados que indicam elevado engajamento dos estudantes (85%) e aumento da dinamicidade das aulas (82%). O uso de dados produzidos pelos próprios alunos ampliou as possibilidades de discussão conceitual e favoreceu a problematização dos resultados experimentais.

O professor de Introdução à Programação também avaliou positivamente a inserção de problemas físicos reais como contexto para o desenvolvimento de

algoritmos. Os resultados mostram que 78% dos estudantes perceberam a programação como elemento facilitador da compreensão de variáveis físicas, reforçando o potencial da interdisciplinaridade para atribuir significado aos conteúdos computacionais, frequentemente considerados abstratos quando trabalhados de forma isolada.

De forma mais ampla, a experiência favoreceu o diálogo entre os docentes e evidenciou a importância do planejamento colaborativo. A articulação entre as disciplinas permitiu alinhar objetivos pedagógicos e estratégias de avaliação, aspecto reconhecido como um diferencial da proposta, embora demande maior esforço organizacional e coordenação entre os professores envolvidos.

### **5.3 Oportunidades Futuras e Possibilidades de Expansão**

Os resultados obtidos apontam para diversas possibilidades de continuidade e aprimoramento do projeto. Uma delas refere-se ao aprofundamento da mediação pedagógica nos momentos de análise dos dados experimentais, considerando que parte dos estudantes apresentou dificuldades na interpretação matemática e conceitual dos resultados, evidenciadas tanto nos questionários quanto nos relatórios escritos.

Outra perspectiva promissora envolve a ampliação do escopo conceitual da proposta, com a incorporação de novos conteúdos da Física, como o estudo do atrito, do movimento uniformemente variado em diferentes condições ou de movimentos bidimensionais. Tais extensões podem ser viabilizadas por meio de adaptações no aparato experimental e nos algoritmos desenvolvidos, aumentando gradualmente o nível de complexidade das atividades.

Adicionalmente, o aprofundamento do uso da programação, com a introdução de estratégias mais avançadas de modelagem computacional, pode contribuir para fortalecer ainda mais a integração entre Física e Computação, especialmente em cursos técnicos da área de Informática. A sistematização da proposta em sequências didáticas e materiais de apoio também pode favorecer sua replicação em outros contextos educacionais, inclusive em instituições com diferentes perfis de estudantes.

De forma mais ampla, a experiência evidencia que a integração entre robótica educacional, programação e experimentação física favoreceu a mobilização de processos característicos do pensamento computacional, tais como abstração, modelagem, decomposição do problema e refinamento iterativo por meio da depuração. Ao articular dados experimentais e previsões teóricas em um mesmo sistema automatizado, os estudantes foram instigados a confrontar modelo e realidade, revisando hipóteses e ajustando algoritmos. Assim, a proposta supera o uso meramente instrumental da tecnologia, consolidando-se como estratégia pedagógica capaz de promover aprendizagem conceitual e procedimental de forma integrada.

## **6. Considerações Finais**

Este trabalho apresentou o planejamento, a implementação e a análise de uma proposta pedagógica interdisciplinar que integrou Física, Programação e Robótica Educacional no ensino de conceitos de Cinemática, com foco no estudo do movimento em plano inclinado. A partir da utilização do kit LEGO® Mindstorms 51515, da programação em Python e de um aparato experimental personalizado, buscou-se promover uma

abordagem de aprendizagem ativa, investigativa e alinhada às demandas contemporâneas da educação científica.

Os resultados obtidos indicam que a proposta apresentou impactos positivos predominantes no processo de ensino-aprendizagem. A maioria dos estudantes relatou avanços na compreensão dos conceitos físicos abordados, especialmente no que se refere à relação entre deslocamento, tempo, velocidade e aceleração, bem como reconheceu a integração entre os conhecimentos de Física, Programação e Robótica. Além disso, os elevados índices de engajamento e motivação observados sugerem que a robótica educacional atua como um importante elemento mediador para tornar o ensino de Física mais significativo e contextualizado.

Entretanto, os dados também evidenciaram limitações relevantes. Parte dos estudantes apresentou dificuldades na articulação entre os dados experimentais e os modelos teóricos da Cinemática, bem como desafios relacionados à programação, à interpretação dos resultados e ao trabalho colaborativo. Esses aspectos reforçam que a inserção de tecnologias no ensino não garante, por si só, a aprendizagem conceitual, demandando mediação docente constante, planejamento cuidadoso e estratégias avaliativas coerentes com metodologias ativas.

As análises qualitativas dos relatórios escritos e das apresentações finais complementaram os dados do questionário, evidenciando que, apesar das dificuldades, os estudantes foram capazes de materializar os conhecimentos adquiridos em produções acadêmicas e exposições orais, demonstrando apropriação conceitual, desenvolvimento do pensamento computacional e capacidade de comunicação científica. Esses resultados reforçam o potencial da interdisciplinaridade como estratégia formativa no Ensino Médio, especialmente em cursos técnicos integrados.

Por fim, conclui-se que a proposta desenvolvida se mostra viável e pedagogicamente relevante, contribuindo para o fortalecimento da aprendizagem ativa e para a integração entre diferentes áreas do conhecimento. Como perspectivas futuras, destaca-se a necessidade de aprimorar a mediação pedagógica, ampliar o escopo conceitual do experimento e sistematizar a proposta em materiais didáticos que possibilitem sua replicação em outros contextos educacionais. Assim, este trabalho contribui para o debate sobre o uso da Robótica Educacional como estratégia interdisciplinar no ensino de Física, apontando caminhos para práticas pedagógicas mais integradas, investigativas e significativas.

### **Uso de Inteligência Artificial**

Este trabalho contou com o apoio de ferramentas de Inteligência Artificial generativa exclusivamente para fins de revisão textual e aprimoramento da clareza da redação. As tecnologias utilizadas não participaram da concepção metodológica, da coleta ou análise de dados, nem da interpretação dos resultados científicos apresentados. Todas as decisões acadêmicas, análises e conclusões são de responsabilidade dos autores.

## **7. Referências**

Cardoso, M. G., Lança, J. F., Sanada, V. R. S., & Araújo, V. S. (2020). Robótica educacional enquanto recurso pedagógico: prática e teoria no processo de

ensino-aprendizagem. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática (REnCiMa)*.

Fornaza, R., & Webber, C. G. (2014). *Robótica educacional aplicada à aprendizagem em física*. Novas Tecnologias na Educação. Porto Alegre: CINTED/UFRGS.

Morales, A. C., Giacomelli, P., & Costa, G. M. da. (2017). *Relações entre a robótica educacional e a física do ensino médio*. *Scientia cum Industria*.

Papert, S. (1980). *Mindstorms: children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.

Santos, T. N. dos, Pozzebon, E., and Frigo, L. B. (2013). *A utilização de robótica nas disciplinas da educação básica*. In *Anais do Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense (SICT-Sul)*.

Stoppa, M. H. (2012). *A robótica educacional em experimentos elementares de física*. *Revista de Estudo e Pesquisa em Educação*.

Tavares, M. F. C., Pinto, J. A., & Magalhães, C. S. de. (2021). *A utilização da robótica educacional e gamificação empregando o kit EV3 LEGO: buscando alternativas para o ensino de física em sintonia com os alunos da geração atual*. *Revista Valore*.

Teixeira, E. S. dos, Mota, F. A. X. da, Alexandria, A. R. de, & Alves, F. R. V. (2018). *A robótica educacional como ferramenta para o ensino de cinemática*. *Revista Eletrônica DECT*.