



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ  
CAMPUS POETA TORQUATO NETO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA

Jardene Morais De Sá Silva

# Proposta de Ensino de Momento Linear com o Uso de Arduino, Simulação e *Kahoot!*

TCC

Teresina(PI), Novembro de 2025



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO PIAUÍ  
CAMPUS POETA TORQUATO NETO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA  
COORDENAÇÃO DO CURSO DE FÍSICA

Jardene Morais De Sá Silva

## Proposta de Ensino de Momento Linear com o Uso de Arduino, Simulação e *Kahoot!*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual do Piauí, Campus Poeta Torquato Neto, como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Licenciando em Física.

Orientador: Prof. Dr. Hillysson Bruno Sampaio Dos Santos

Teresina(PI), Novembro de 2025

S586p Silva, Jardene Morais de sa.

Proposta de ensino de momento linear com o uso de Arduino,  
simulação e Kahoot! / Jardene Morais de sa Silva. - 2025.  
93 f.: il.

Monografia (graduação) - Licenciatura em Física, Universidade  
Estadual do Piauí, 2025.

"Orientador: Prof. Dr. Hillysson Bruno Sampaio dos Santos".

1. Ensino de Física. 2. Momento linear. 3. Aprendizagem  
Significativa. 4. Metodologias Ativas. 5. Sequência Didática. I.  
Santos, Hillysson Bruno Sampaio dos . II. Título.

CDD 531

Jardene Morais De Sá Silva

# **Proposta de Ensino de Momento Linear com o Uso de Arduino, Simulação e *Kahoot!***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Estadual do Piauí, Campus Poeta Torquato Neto, como parte dos requisitos obrigatórios para a obtenção do título de Licenciando em Física.

## **BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Hillysson Bruno Sampaio Dos Santos  
Universidade Estadual do Piauí – UESPI

---

Prof. Dr. Antonio De Macedo Filho  
Universidade Estadual do Piauí – UESPI

---

Profa. Dra. Mariana Richelle Pereira Da Cunha  
Universidade Estadual do Piauí – UESPI

---

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho de conclusão de curso aos meus pais, que nunca tiveram muitas oportunidades, mas que fizeram tudo o que estava ao alcance deles para que eu tivesse as minhas. Que trabalharam com esforço e amor para que eu pudesse sonhar mais alto, acreditando em mim mesmo quando eu duvidava. Àquela criança que um dia sonhou em ser professora e, entre tropeços e esperanças, não desistiu do caminho. E a todos que me ensinaram que a ciência é mais que números: é ponte, é vida, é amor partilhado.*

---

## EPÍGRAFE

*"Se vi mais longe, foi por estar sobre os ombros de gigantes." (Isaac Newton)*

---

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida, pela esperança e pela força em cada passo desta caminhada. Sem Ele, nada faria sentido, pois foi a Sua graça que transformou sonhos em realidade e me sustentou nos momentos de fraqueza.

Aos meus pais, Rita Silva e João Silva, que oraram por mim e me sustentaram com fé, amor e coragem em cada etapa desta caminhada. À minha irmã Jaciane Silva, por me acompanhar, estar ao meu lado e ser apoio constante nos dias difíceis. À minha família, meu porto seguro, que acreditou em mim mesmo quando eu duvidei. Obrigada pelo amor, pelo apoio incondicional e pela paciência e compreensão diante das minhas ausências.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Hillysson Bruno Sampaio dos Santos, pelo incentivo constante. Sua dedicação, paciência e confiança não apenas orientaram a construção deste trabalho, mas também me fizeram refletir sobre a profissional que desejo ser. Por todo o tempo investido por cada conselho, correção e palavra de encorajamento, e pela seriedade com que me conduziu nesta jornada, registro minha sincera gratidão e respeito.

Aos professores que me inspiraram e aos amigos que estiveram comigo nesta jornada, compartilhando saberes, desafios e alegrias.

Às oportunidades que recebi ao longo da graduação e que marcaram profundamente minha formação: o PET, que ampliou minha visão acadêmica; o PIBID, que me aproximou da sala de aula e do compromisso com o ensino; o PIBIC, que despertou minha paixão pela pesquisa; o PARFOR, que reforçou meu senso de responsabilidade e dedicação à formação docente; e a experiência como representante discente, que contribuiu para meu crescimento pessoal e institucional.

A cada lágrima transformada em aprendizado, a cada sorriso que me lembrou que valeu a pena, deixo aqui a certeza de que nada foi em vão..

E a todos que, de alguma forma, contribuíram direta ou indiretamente para a realização desta monografia, expresso minha mais sincera gratidão.

---

## RESUMO

Neste trabalho, é apresentado uma proposta de ensino sobre momento linear por meio de uma Sequência Didática fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel e nas metodologias ativas. A proposta busca superar as dificuldades observadas no ensino tradicional, que tende a apresentar os conceitos de forma abstrata e descontextualizada, dificultando a compreensão por parte dos estudantes. Para isso, foram elaborados recursos didáticos diversificados, como experimentos com Arduino, simulações computacionais em *Python* e o uso de estratégias de gamificação, como o *Kahoot!*, planejados para aplicação em turmas do 1º ano do Ensino Médio. Propomos uma Sequência Didática onde as decisões pedagógicas iniciais são guiadas por uma avaliação diagnóstica inicial, voltada à identificação das dificuldades dos estudantes em relação aos conceitos de massa, velocidade e conservação do momento linear. Os resultados esperados dessas etapas orientam a intervenção didática, feita através de aula expositiva, experimento, simulação e gamificação, favorecendo a reconstrução conceitual a partir da integração entre teoria e prática. Por fim, a avaliação somativa permite analisar a evolução da aprendizagem e o alcance dos objetivos propostos. Embora ainda não tenha sido implementada, a proposta demonstra potencial para contribuir com práticas pedagógicas inovadoras no Ensino de Física, oferecendo um caminho promissor para aulas dinâmicas, participativas e alinhadas à aprendizagem significativa, crítica e contextualizada.

**Palavras-chave:** Momento linear; Aprendizagem Significativa; Metodologias Ativas; Ensino de Física; Sequência Didática

---

## ABSTRACT

In this work, it is presented a teaching proposal on linear momentum through a Didactic Sequence based on David Ausubel's Theory of Meaningful Learning and on active methodologies. The proposal seeks to overcome the difficulties observed in traditional teaching, which tends to present concepts in an abstract and decontextualized way, making it difficult for students to understand. To this end, diversified teaching resources were developed, such as Arduino experiments, computational simulations in *Python*, and the use of gamification strategies, such as *Kahoot!*, planned for application in 1st-year high school classes. We propose a Didactic Sequence in which the initial pedagogical decisions are guided by an initial diagnostic assessment aimed at identifying students' difficulties regarding the concepts of mass, velocity, and conservation of linear momentum. The expected results of these stages guide the didactic intervention, carried out through the expository lesson, experiment, simulation, and gamification, favoring conceptual reconstruction through the integration between theory and practice. Finally, the summative assessment allows analyzing the evolution of learning and the achievement of the proposed objectives. Although it has not yet been implemented, the proposal demonstrates potential to contribute to innovative pedagogical practices in Physics teaching, offering a promising path for more dynamic, participatory classes aligned with meaningful, critical, and contextualized learning.

**Keyword:** Linear momentum; Meaningful learning; Active Methodologies; Physics teaching; Didactic Sequence.

---

# LISTA DE TABELAS

2.1	Relação entre tipo de colisão, energia cinética e coeficiente de restituição . . . . .	20
3.1	Fases da pesquisa e método de avaliação . . . . .	23
3.2	Características técnicas da placa Arduino MEGA 2560 utilizada . . . . .	25
3.3	Ligações elétricas entre sensores e Arduino Uno R3. . . . .	28
4.1	Dados do Experimento 1 . . . . .	51
4.2	Dados do Experimento 2 . . . . .	51
4.3	Dados do Experimento 3 . . . . .	52
C.1	Registro das cinco medições experimentais do trio . . . . .	75

---

# LISTA DE FIGURAS

2.1	Arduino utilizado no experiemnto.	12
2.2	Interface inicial da plataforma <i>Kahoot!</i> , mostrando os <i>quizzes</i> disponíveis para uso em sala de aula.	15
2.3	Ambiente inicial do <i>Kahoot!</i> , utilizado neste estudo para organizar e aplicar <i>quizzes</i> sobre momento linear.	16
3.1	Preparação do ambiente experimental com a pista retilínea de 30 cm posicionada sobre superfície plana e estável.	24
3.2	Estrutura de montagem do experimento. A montagem se baseia em uma pista retilínea para travessia do carrinho. Na realização de cada experimento, o carrinho atravessa a pista da direita para a esquerda. Dois sensores estão posicionados próximos à pista. Cada um dos sensores está apontado para um ponto pré-definido. Na figura, o sensor 1 está apontado para a posição 3 cm e o sensor 2 está apontado para a posição de 25 cm da pista.	25
3.3	<i>Protoboard</i> utilizada na montagem do circuito.	26
3.4	Sensor óptico infravermelho LM393.	27
3.5	Conexão do sensor infravermelho LM393 na <i>protoboard</i> , com ligações de VCC, GND e saída digital interligadas aos pinos correspondentes do Arduino.	28
3.6	Montagem do circuito elétrico conectando os sensores ópticos à placa Arduino para leitura e processamento dos sinais.	29
3.7	Exemplo da saída exibida no <i>Monitor Serial</i> durante a execução do experimento.	31
3.8	Ambiente de desenvolvimento em <i>Python</i> (PyCharm) utilizado para programar e validar o modelo físico das colisões.	32
3.9	Tela inicial do simulador de colisões desenvolvido para o projeto.	33

3.10	Interface do laboratório do simulador de colisões, permitindo ajuste de parâmetros e análise gráfica. . . . .	34
3.11	Ambiente <i>PyCharm</i> exibindo a pasta do projeto. . . . .	35
3.12	Ambiente <i>PyCharm</i> exibindo a estrutura do projeto <code>colisoes-site</code> , com o arquivo <code>index.html</code> selecionado e a opção <i>Open In → Browser</i> , utilizada para executar e testar o simulador de colisões diretamente no navegador. .	36
3.13	Painel de parâmetros do simulador web, no qual o usuário define massas, velocidades e o coeficiente de restituição para iniciar a simulação da colisão unidimensional. . . . .	37
3.14	Versão web interativa da simulação, mostrando a animação dos blocos e os parâmetros ajustáveis utilizados para analisar diferentes tipos de colisão. .	38
3.15	Exemplo de criação <i>quiz</i> usando a ferramenta <i>Kahoot!</i> . Esse exemplo ilustra o momento que o professor cria uma pergunta de múltipla escolha com quatro opções de resposta, sendo somente uma delas a correta. . . . .	39
3.16	Interface inicial da plataforma <i>Kahoot!</i> , onde é possível visualizar os <i>quizzes</i> criados, organizar atividades e acessar ferramentas de gamificação utilizadas na revisão dos conteúdos. . . . .	40
3.17	Tela inicial do <i>Kahoot!</i> , exibindo o <i>quiz</i> “Revisão – Momento Linear” na seção “Meus kahoots”. . . . .	41
3.18	Tela de seleção do “Modo clássico” no <i>Kahoot!</i> , utilizada para iniciar a sessão do <i>quiz</i> em que cada estudante participa individualmente por meio de seu próprio dispositivo. . . . .	42
3.19	Tela exibida pelo <i>Kahoot!</i> contendo o PIN do jogo e o QR <i>Code</i> para ingresso na sala virtual, projetada para que os estudantes accessem rapidamente a atividade avaliativa. . . . .	43
4.1	O momento linear para diferentes velocidades. Os círculos em vermelho, preto e azul representam o valor médio do momento linear calculado para três alturas diferentes, altura 1, 2 e 3, respectivamente. A barra de erro delimita a região $2-\sigma$ , calculadas a partir das cinco realizações. A reta sólida preta é o ajuste linear para as médias dos momentos lineares. . . .	52
4.2	Gráficos gerados a partir da execução da simulação. O gráfico superior à esquerda mostra os momentos lineares antes e depois da colisão para os corpos 1 e 2. O gráfico superior à direita mostra o momento linear total e a energia total antes e depois da colisão. O gráfico inferior mostra a evolução com o tempo dos momentos lineares do corpo 1 e 2, e o momento linear total do sistema. . . . .	54

4.3 Exemplo de questão do <i>quiz</i> abordando colisões totalmente inelásticas, em que dois corpos se unem após o impacto e passam a mover-se com a mesma velocidade. . . . .	57
B.1 Exemplo de interface do <i>Kahoot!</i> utilizada na revisão dos conceitos de momento linear, com a pergunta, imagem explicativa e opções de múltipla escolha. . . . .	70
D.1 Versão web interativa da simulação, mostrando a animação dos blocos e os parâmetros ajustáveis utilizados para analisar diferentes tipos de colisão. . . . .	79

---

# SÚMARIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	Introdução . . . . .	1
1.2	Objetivos . . . . .	5
1.2.1	Objetivo Geral . . . . .	5
1.2.2	Objetivos Específicos . . . . .	5
<b>2</b>	<b>REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>6</b>
2.1	Teorias da Aprendizagem . . . . .	7
2.1.1	Behaviorismo . . . . .	8
2.1.2	Construtivismo de Piaget . . . . .	9
2.1.3	Construtivismo Sociocultural de Vygotsky . . . . .	9
2.1.4	Aprendizagem Significativa de Ausubel . . . . .	10
2.2	Metodologias Ativas e Tecnologias Educacionais . . . . .	11
2.2.1	Recursos Experimentais com Arduino . . . . .	12
2.2.2	Simulações Computacionais em <i>Python</i> . . . . .	13
2.2.3	Gamificação com <i>Kahoot!</i> . . . . .	14
2.3	Sequência Didática no Ensino de Física . . . . .	16
2.3.1	Momento Linear . . . . .	17
<b>3</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>21</b>
3.1	A Pesquisa . . . . .	21
3.1.1	Local de Pesquisa . . . . .	21
3.1.2	Tipo de Pesquisa . . . . .	22
3.1.3	Instrumentos de Coleta de Dados e Etapas da Pesquisa . . . . .	23
3.2	Ambientes de Desenvolvimento . . . . .	23
3.2.1	Ambiente Experimental . . . . .	23

3.2.2	Ambiente Computacional . . . . .	31
3.2.3	Ambiente Gamificado – <i>Kahoot!</i> . . . . .	39
3.3	Estrutura da Sequência Didática . . . . .	43
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>45</b>
4.1	Aula 1 – Diagnóstico Inicial: . . . . .	46
4.2	Aula 2 – Movimento, Velocidade, Massa e Força: . . . . .	47
4.3	Aula 3 – Momento Linear, Colisões e Conservação: . . . . .	48
4.4	Aula 4 – Aula Prática: . . . . .	49
4.4.1	Procedimentos Técnicos do Experimento com Arduino . . . . .	49
4.4.2	Simulações Computacionais em <i>Python</i> e HTML . . . . .	53
4.4.3	<i>Kahoot!</i> : Gamificação para Fixação dos Conteúdos . . . . .	55
4.5	Aula 5 – Avaliação Final: . . . . .	57
4.6	Aula 6 – Devolutiva e Discussão dos Resultados: . . . . .	58
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>59</b>
<b>A</b>	<b>Avaliação</b>	<b>66</b>
<b>B</b>	<b>Quiz do <i>Kahoot!</i></b>	<b>69</b>
<b>C</b>	<b>Roteiro do Arduíno</b>	<b>73</b>
<b>D</b>	<b>Roteiro da Simulação</b>	<b>76</b>

---

# CAPÍTULO 1

---

## INTRODUÇÃO

### 1.1 Introdução

O ensino do momento linear possui grande relevância para a compreensão dos fenômenos relacionados ao movimento. No entanto, embora os estudantes muitas vezes consigam recordar conceitos como força, velocidade ou aceleração, quando o assunto é quantidade de movimento, poucos conseguem explicar o que significa ou identificar sua presença nas situações cotidianas.

Essa dificuldade faz com que o estudo do momento linear seja frequentemente percebido como um conteúdo distante e pouco concreto. Alguns alunos até lembram da equação matemática associada, mas não conseguem estabelecer relações entre o conceito e os fenômenos físicos que vivenciam, o que contribui para que o tema seja facilmente esquecido.

A conservação do momento linear constitui um dos princípios mais fundamentais da dinâmica. Como explicam Halliday, Resnick e Walker:

O conceito de momento linear (também conhecido como quantidade de movimento) é essencial para o estudo da transferência de movimento de um corpo para o outro, como ocorre, por exemplo, nas colisões. O momento linear depende da massa e da velocidade que o corpo possui e é uma grandeza que sempre se conserva em um sistema isolado na ausência de forças externas (HALLIDAY, 2006, apud VIEIRA *et al.*, 2020, p. 2402.3).

Esse princípio é essencial para compreender as interações físicas entre os corpos, especialmente em situações que envolvem colisões, forças e variações de movimento. Além de sua relevância teórica, possui ampla aplicação prática, permitindo analisar desde

fenômenos cotidianos, como o impacto entre veículos ou o choque entre atletas em uma partida esportiva, até sistemas complexos, como a propulsão de foguetes e a movimentação de partículas em escalas microscópicas. De acordo com Halliday, Resnick e Walker (2016), o momento linear não é apenas uma grandeza vetorial associada ao produto da massa pela velocidade, mas um princípio que assegura consistência e previsibilidade às leis da Física, sustentando desde a Mecânica Clássica até áreas aplicadas da Ciência e da Engenharia.

Apesar de sua importância científica, o ensino desse conteúdo ainda enfrenta diversos desafios. Em grande parte das salas de aula, os conceitos são apresentados de forma abstrata e descontextualizada, o que dificulta a aprendizagem dos estudantes. Segundo Moreira (2011, p. 7), “a Física escolar tende a ser ensinada como um conjunto de fórmulas e leis a serem memorizadas, desprovidas de sentido e afastadas da realidade do aluno”. Essa distância entre teoria e prática no ensino de Física é uma das principais causas das dificuldades conceituais, exigindo metodologias que favoreçam a contextualização e a significação do conteúdo.

Vieira *et al.* (2020) destacam que o ensino tradicional<sup>1</sup> limita a compreensão dos fenômenos físicos ao reduzir a aprendizagem à manipulação algébrica, sem a vivência experimental. Os autores defendem que o contato direto com experimentos simples e acessíveis permite que o estudante observe de forma concreta princípios abstratos, como a conservação do momento linear, tornando o aprendizado envolvente e investigativo. De modo semelhante, Carvalho (2022) aponta que a ausência de recursos experimentais e tecnológicos adequados nas escolas públicas contribui para o distanciamento entre o conhecimento científico e o cotidiano dos estudantes. Em sua dissertação, o autor demonstra que o uso de microcontroladores, como o Arduino, permite que o estudante “assuma o papel de protagonista no processo de investigação científica, compreendendo as leis físicas a partir de situações concretas e mensuráveis” CARVALHO (2022, p. 45).

Araya, Gibin e Souza Filho (2021) reforçam essa visão ao defenderem que as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) no contexto educacional. As TDIC compreendem ferramentas e dispositivos digitais que permitem acessar, produzir e compartilhar informações. Na educação, elas ampliam as possibilidades de ensino ao tornar as aulas interativas, dinâmicas e próximas da realidade dos estudantes. Recursos como vídeos, simulações, jogos e plataformas online favorecem o engajamento, a autonomia e a colaboração. Para o ensino de Física, as TDIC são ferramentas poderosas, auxiliando na visualização de fenômenos, na realização de experimentos virtuais e na análise digital de dados, contribuindo para uma aprendizagem significativa e conectada ao cotidiano. Para os autores as TDIC podem transformar a maneira como o estudante se relaciona com o conhecimento científico, o uso de simuladores, *softwares* interativos e recursos

<sup>1</sup>O ensino tradicional é um modelo pedagógico centrado na figura do professor, responsável pela transmissão dos conteúdos. Nesse paradigma, o estudante desempenha um papel predominantemente passivo, baseado na escuta, memorização e reprodução das informações apresentadas.

digitais estimula a aprendizagem ativa e crítica, além de possibilitar a observação de fenômenos que, muitas vezes, não seriam acessíveis no contexto escolar. Esses estudos evidenciam que superar as dificuldades do ensino de Física requer integrar teoria e prática, tecnologia e experimentação, de modo a construir um ambiente de aprendizagem dinâmico e significativo.

Nesse contexto, a Teoria da Aprendizagem Significativa, proposta por David Ausubel (2003), oferece um caminho promissor para superar os desafios do ensino tradicional. De acordo com o autor, “a aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura de conhecimento do indivíduo” (AUSUBEL, 2003, p. 58). Em outras palavras, aprender não é apenas acumular informações, mas integrá-las de modo coerente ao que o estudante já sabe.

Seguindo essa perspectiva, o ensino de momento linear deve partir das concepções prévias dos estudantes sobre movimento, força e colisões, conduzindo-os à reconstrução desses significados por meio de situações contextualizadas e experimentais. Moreira (2010, p. 24) complementa que o papel do professor, nesse processo, é o de mediador, alguém que cria condições para que o estudante “relacione o novo conhecimento com o que já possui, atribuindo sentido próprio ao conteúdo aprendido”.

Em uma visão ampliada, MOREIRA, (2021, p. 3) propõe a Aprendizagem Significativa Crítica, que não se restringe à compreensão conceitual, mas busca desenvolver uma postura reflexiva e questionadora diante do conhecimento científico. Para o autor, a educação em Física deve estimular “a autonomia intelectual, a criticidade e a capacidade de o estudante compreender a Ciência como construção humana e social”. Seguindo essa perspectiva, o ensino de momento linear deve partir das concepções prévias dos estudantes sobre movimento, força e colisões, conduzindo-os à reconstrução desses significados por meio de situações contextualizadas e experimentais. Inspirado em Freire (1996), o processo de ensino deve ser dialógico e libertador, valorizando as Concepções Alternativas dos estudantes e promovendo a construção coletiva do conhecimento.

As metodologias ativas surgem, nesse cenário, como instrumentos pedagógicos que concretizam os princípios da aprendizagem significativa. Segundo Moran (2015), elas “colocam o aluno como protagonista do processo de aprendizagem, desafiando-o a pesquisar, refletir e resolver problemas reais com apoio do professor”. Berbel (2011) reforça que a problematização é um caminho potente para desenvolver a autonomia e a consciência crítica, permitindo que o estudante perceba o sentido do que aprende. Cunha (2022) destaca ainda que o uso de metodologias como a sala de aula invertida e a aprendizagem baseada em projetos favorece o engajamento e o desempenho em disciplinas de Física, especialmente quando articuladas a recursos digitais e experimentais.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2018) corrobora essas perspectivas

ao afirmar que o ensino de Ciências da Natureza deve promover a resolução de problemas, a experimentação e o desenvolvimento de competências, estimulando a autonomia intelectual e o protagonismo dos estudantes. Nesse sentido, o uso de tecnologias educacionais torna-se um aliado essencial. Para Mizukami (1986) e Valente (2002), os recursos digitais podem transformar a dinâmica da sala de aula, desde que empregados com intencionalidade pedagógica e integrados a objetivos de aprendizagem claros.

Além disso, a BNCC da Computação, homologada em 2022, complementa a BNCC ao estabelecer competências e habilidades específicas de Educação Digital para toda a Educação Básica. Estruturada em três eixos, o Pensamento Computacional, Cultura Digital e Mundo Digital, essa norma orienta o desenvolvimento de habilidades como resolução de problemas, raciocínio lógico, uso ético da tecnologia e compreensão técnica e social do ambiente digital. Ao incorporar esses princípios, a escola passa a preparar os estudantes para um mundo cada vez mais influenciado pela transformação tecnológica.

Nesse cenário, diferentes tecnologias educacionais têm se destacado por ampliar as possibilidades de investigação em sala de aula. As simulações computacionais e o uso do Arduino, por exemplo, permitem ao estudante explorar fenômenos físicos a partir da manipulação de parâmetros e da observação imediata dos resultados além de favorecem a integração entre teoria e prática e a construção coletiva do conhecimento. Gould, Tobochinik e Christian (2006) demonstram que as simulações permitem manipular variáveis e observar resultados em tempo real, favorecendo a compreensão conceitual. Coluci (2022) complementa que ferramentas como o *Python* e o *Manim*<sup>2</sup> possibilitam representar conceitos abstratos de forma animada, tornando-os mais acessíveis e envolventes. No campo experimental, Silva e Barbosa (2019) mostram que o uso do Arduino permite coletar dados de modo acessível, envolvendo os estudantes em todas as etapas do processo experimental. Franzolin *et al.* (2018) observam que essa prática estimula a aprendizagem ativa, aproximando teoria e prática, o que é corroborado por Carvalho (2022), ao demonstrar que experiências com Arduino e softwares de apoio promovem motivação e melhoria na compreensão conceitual.

Diante desse panorama, o presente trabalho, intitulado “*Metodologias Ativas no Ensino de Momento Linear: Uma Proposta de Aprendizagem Potencialmente Significativa com o Uso de Simulações e Arduino no Ensino Médio*”, fundamenta-se na teoria da Aprendizagem Significativa e nas metodologias ativas, articuladas ao uso de recursos digitais e experimentais. O objetivo é tornar o ensino de momento linear concreto, acessível e conectado à realidade dos estudantes, promovendo um aprendizado ativo e investigativo.

A elaboração de uma Sequência Didática mostrou-se fundamental para organizar

---

<sup>2</sup>Manim é uma biblioteca do *python* que permite a criação de animações digitais, facilitando a visualização de conceitos abstratos, especialmente em áreas como matemática.

as aulas de maneira estruturada e coerente, permitindo uma progressão lógica no ensino do momento linear. Como explica Cardoso (2024), uma Sequência Didática consiste em um conjunto de atividades interligadas que orientam o processo de ensino-aprendizagem em etapas sucessivas, possibilitando ao professor acompanhar o progresso dos estudantes e realizar ajustes quando necessário. Assim, a proposta apresentada contempla desde o diagnóstico inicial até a avaliação e a devolutiva, articulando aulas expositivas dialogadas, simulações computacionais em *Python* e HTML, experimentos com Arduino e momentos de gamificação digital, com o uso do *Kahoot!*.

A realização da etapa prática desta proposta foi inviabilizada pelo atraso na emissão do parecer do Comitê de Ética em Pesquisa, requisito indispensável para a condução das atividades com estudantes. Em face dessa condição, o presente trabalho caracteriza-se como uma investigação teórico-metodológica, dedicada ao desenvolvimento, sustentação teórica e análises preliminares dos materiais produzidos, os quais poderão orientar pesquisas e intervenções posteriores no ensino de Física.

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo Geral

Propor de uma Sequência Didática baseada nas metodologias ativas e na Teoria da Aprendizagem Significativa no ensino de momento linear.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Desenvolver uma Sequência Didática utilizando simulações computacionais e experimentos com Arduino;
- Estimular a análise e interpretação de situações cotidianas e experimentais que envolvem a conservação do momento linear;
- Contribuir para o aprimoramento das práticas pedagógicas de ensino de Física, aproximando a teoria da prática e fortalecendo uma educação científica crítica e participativa.

---

## CAPÍTULO 2

---

### REVISÃO DA LITERATURA

O Ensino de Física, historicamente, tem enfrentado desafios relacionados à abstração dos conceitos, à falta de contextualização e à escassez de práticas experimentais acessíveis no ambiente escolar. Muitos estudantes veem a disciplina como um conjunto de fórmulas e procedimentos a serem memorizados, o que dificulta a compreensão conceitual e o desenvolvimento do raciocínio científico. Segundo Moreira (2011), essas dificuldades decorrem, em grande parte, da distância entre teoria e prática nas aulas de Física, que tendem a apresentar o conhecimento de forma fragmentada e descontextualizada. Para o autor, práticas pedagógicas que integrem a experimentação, o uso de tecnologias e a mediação docente são essenciais para tornar o aprendizado mais significativo e autônomo.

Além disso, um dos maiores obstáculos à aprendizagem da Física está na sua natureza fortemente conceitual e matemática. Muitos estudantes apresentam dificuldades em relacionar as expressões algébricas aos fenômenos físicos que representam, o que gera um aprendizado mecânico, desvinculado da realidade. Essa limitação é reforçada pela ausência de laboratórios equipados, pela carência de recursos didáticos diversificados. Dessa forma, o ensino tradicional, centrado na exposição e na resolução de exercícios, tende a desestimular o interesse dos estudantes e a restringir o desenvolvimento da curiosidade científica. Nesse contexto, o uso de estratégias inovadoras como experimentos didáticos, simulações computacionais e gamificação tem se destacado como alternativas promissoras para a superação das dificuldades históricas do ensino de Física.

Os experimentos didáticos constituem um dos pilares do ensino de Ciências, pois possibilitam ao aluno observar fenômenos, formular hipóteses, testar previsões e comparar resultados, desenvolvendo o pensamento científico. Mesmo em escolas que não dispõem de laboratórios estruturados, é possível realizar atividades experimentais de baixo custo, utilizando materiais simples e acessíveis. Essas práticas, além de despertar o interesse

dos alunos, promovem o aprendizado por meio da experiência direta, fortalecendo a relação entre teoria e prática. Já as simulações computacionais, por sua vez, ampliam as possibilidades do ensino ao permitir a visualização e manipulação de fenômenos que seriam difíceis ou inviáveis de reproduzir em laboratório. Além disso, o uso de simulações favorece a autonomia do aprendiz, que pode testar variáveis, repetir experimentos e analisar resultados de modo dinâmico, desenvolvendo tanto a compreensão conceitual quanto habilidades tecnológicas.

A gamificação representa uma estratégia pedagógica que busca incorporar elementos típicos dos jogos, como desafios, recompensas, rankings e feedbacks imediatos, ao processo de ensino-aprendizagem. No ensino de Física, jogos digitais e plataformas interativas, como o PhET Interactive Simulations, Algodoo, GeoGebra, Crocodile Physics, Simuladores do LabVirt, Quizizz e *Kahoot!*, podem ser utilizados para revisar conceitos, aplicar avaliações formativas e estimular a cooperação entre os estudantes.

Essas abordagens, quando integradas ao planejamento pedagógico, podem transformar o ensino de Física em um processo dinâmico e contextualizado, aproximando o estudante da prática científica e desenvolvendo competências investigativas, tecnológicas e colaborativas. Assim, o papel do professor deixa de ser o de mero transmissor de conteúdo, tornando-se um professor mediador que propicia situações de aprendizagem significativas e contextualizadas com a realidade dos alunos.

Compreender as dificuldades enfrentadas no ensino e na aprendizagem da Física exige o respaldo das teorias da aprendizagem, que oferecem fundamentos para a construção de práticas pedagógicas mais eficazes. Essas teorias auxiliam o professor a compreender como o estudante aprende, de que forma atribui significado ao que estuda e quais estratégias podem favorecer a assimilação e a retenção do conhecimento. A partir delas, é possível compreender que a aprendizagem não ocorre apenas pela transmissão de informações, mas pela interação entre o novo e o já conhecido, pela experimentação e pela mediação do professor. Dessa forma, a análise das principais teorias da aprendizagem torna-se essencial para embasar propostas didáticas que promovam uma aprendizagem verdadeiramente significativa no ensino de Física.

## 2.1 Teorias da Aprendizagem

As teorias da aprendizagem constituem um conjunto de concepções e modelos explicativos que buscam compreender como o ser humano adquire, organiza e aplica o conhecimento. Elas oferecem fundamentos para o trabalho pedagógico, orientando as práticas de ensino, a elaboração de estratégias didáticas e a mediação entre professor e aluno. Ao longo do tempo, diferentes teorias surgiram com o objetivo de explicar os mecanismos mentais, comportamentais e sociais envolvidos no processo de aprender,

revelando que a aprendizagem é um fenômeno complexo e multifacetado.

A compreensão dos processos de ensino e aprendizagem envolve o estudo das principais concepções teóricas que, ao longo da história, contribuíram para explicar como o conhecimento é adquirido, transformado e aplicado. Essas teorias forneceram as bases para o desenvolvimento das práticas pedagógicas e para a reflexão sobre o papel do professor e do estudante no processo educativo.

No contexto da educação científica, especialmente no ensino de Física, tais concepções ajudam a compreender os diferentes modos de construir o conhecimento e de atribuir significado aos fenômenos observados. Entre as abordagens que mais influenciaram a prática docente destacam-se o Behaviorismo, o Construtivismo de Piaget, o Construtivismo Sociocultural de Vygotsky, a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e, mais recentemente, as Metodologias Ativas de Aprendizagem.

Cada uma dessas perspectivas apresenta uma visão particular sobre como ocorre a aprendizagem: enquanto o Behaviorismo enfatiza a influência do ambiente e dos estímulos externos sobre o comportamento do aprendiz, o Construtivismo valoriza os processos internos de construção do conhecimento. Já Vygotsky acrescenta a dimensão social e cultural da aprendizagem, destacando a importância da interação e da mediação. Ausubel, por sua vez, enfatiza o papel dos conhecimentos prévios na assimilação de novos conteúdos, princípio fundamental para a aprendizagem significativa. Por fim, as Metodologias Ativas surgem como uma síntese contemporânea dessas ideias, centrando o processo educativo no protagonismo do estudante e na construção colaborativa do saber. A seguir, serão apresentadas essas principais teorias e suas contribuições para o campo educacional.

### 2.1.1 Behaviorismo

O Behaviorismo, desenvolvido a partir dos estudos de Ivan Pavlov e posteriormente aprofundado por B. F. Skinner (1972), concebe a aprendizagem como um processo de condicionamento estímulo-resposta. Nessa perspectiva, o comportamento do indivíduo é resultado direto das interações com o meio, sendo moldado por reforços positivos ou negativos que fortalecem determinadas respostas. A repetição e o controle de estímulos tornam-se, portanto, elementos centrais para a formação de hábitos e aquisição de novos comportamentos.

No campo educacional, essa abordagem influenciou práticas pedagógicas baseadas na memorização, na repetição de exercícios e na recompensa por desempenho, estratégias voltadas principalmente à fixação de conteúdos. Apesar de ter contribuído para o entendimento dos mecanismos do comportamento e para o desenvolvimento de técnicas de ensino sistematizadas, o Behaviorismo apresenta limitações significativas quando aplicado ao ensino de Física. Ao reduzir a aprendizagem à simples resposta a estímulos, essa concepção tende a desconsiderar os processos cognitivos e reflexivos que envolvem a

compreensão conceitual dos fenômenos físicos, restringindo o aluno a um papel passivo e reprodutivo no processo educativo.

### 2.1.2 Construtivismo de Piaget

O Construtivismo, desenvolvido por Jean Piaget (1896–1980), surgiu no início do século XX como uma reação às teorias behavioristas que dominavam o campo da psicologia e da educação. Enquanto o Behaviorismo via a aprendizagem como uma resposta a estímulos externos, Piaget propôs uma abordagem centrada no sujeito que aprende, defendendo que o conhecimento é resultado da ação e da interação contínua entre o indivíduo e o meio. Suas pesquisas sobre o desenvolvimento infantil contribuíram para compreender a aprendizagem como um processo dinâmico e evolutivo, no qual o pensamento se estrutura em estágios que refletem diferentes formas de compreender o mundo.

Para Piaget (1973), o conhecimento não é transmitido pronto, mas construído ativamente pelo sujeito a partir de suas experiências. Esse processo ocorre por meio de dois mecanismos fundamentais: a assimilação, em que o indivíduo integra novas informações aos esquemas mentais já existentes, e a acomodação, que envolve a modificação desses esquemas diante de situações novas que não se encaixam nas concepções anteriores.

No ensino de Física, essa teoria reconhece que o estudante chega à sala de aula com conceitos espontâneos ou intuitivos sobre os fenômenos naturais, como acreditar que objetos mais pesados caem mais rapidamente ou que é preciso uma força constante para manter um corpo em movimento. O papel do professor, nesse contexto, é promover situações de conflito cognitivo que levem o estudante a questionar suas concepções alternativa e a reconstruir seu entendimento com base em evidências observáveis e raciocínio lógico.

### 2.1.3 Construtivismo Sociocultural de Vygotsky

O Construtivismo Sociocultural, desenvolvido por Lev S. Vygotsky (1896–1934), surgiu nas primeiras décadas do século XX como uma importante ampliação das ideias construtivistas. Em contraposição à ênfase piagetiana no desenvolvimento individual, Vygotsky destacou o papel essencial do contexto social, cultural e linguístico no processo de aprendizagem. Para ele, o conhecimento não é construído de forma isolada, mas em interação com o outro, sendo o aprendizado um fenômeno profundamente mediado pelas relações sociais e pela linguagem.

Vygotsky (1987) introduziu o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), definida como a distância entre aquilo que o estudante é capaz de realizar de forma autônoma e o que consegue realizar com a mediação de um adulto ou de um

colega mais experiente. Essa mediação pode ocorrer por meio de explicações, exemplos, perguntas orientadoras ou atividades cooperativas, que auxiliam o aluno a alcançar níveis mais elevados de compreensão.

No ensino de Física, essa concepção assume grande relevância, pois a mediação pedagógica se manifesta no diálogo, na experimentação e no uso de instrumentos e linguagens científicas, como gráficos, equações e simulações, que permitem ao estudante apropriar-se dos conceitos de maneira gradual e significativa. Ao favorecer a interação social e o trabalho colaborativo, a perspectiva vygotskiana transforma a aprendizagem em um processo participativo, contextualizado e coletivo, no qual o conhecimento emerge da cooperação e da troca entre sujeitos.

#### **2.1.4 Aprendizagem Significativa de Ausubel**

A Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida por David Paul Ausubel (1918–2008), surgiu como uma resposta às limitações das abordagens tradicionais de ensino que priorizavam a memorização e a repetição de conteúdos. Fundamentada na psicologia cognitivista, essa teoria propõe que o aprendizado ocorre de forma mais efetiva quando novas informações se relacionam, de maneira não arbitrária e substantiva, com os conhecimentos prévios do estudante. Em outras palavras, aprender significativamente implica integrar o novo ao que já se sabe, modificando e ampliando a estrutura cognitiva do aprendiz.

Para Ausubel (2003), o ponto de partida de qualquer processo educativo deve ser aquilo que o estudante já conhece, pois é a partir dessa base que os novos conceitos podem adquirir sentido. Assim, o professor assume o papel de mediador, criando condições para que o estudante relate ideias, estabeleça conexões e reconstrua significados. Esse processo de ancoragem cognitiva diferencia a Aprendizagem Significativa da aprendizagem mecânica, esta última restrita à memorização de fórmulas e procedimentos sem compreensão conceitual.

Essa concepção foi posteriormente ampliada por Moreira (2021), que formulou a proposta da Aprendizagem Significativa Crítica, direcionada não apenas à compreensão conceitual, mas também à reflexão sobre a ciência como uma construção humana, histórica e social. Nessa perspectiva, aprender não se limita à aquisição de informações, mas envolve um processo de transformação e emancipação, em diálogo com os princípios freirianos. A educação, portanto, deve promover a criticidade, a autonomia intelectual e o compromisso ético com o conhecimento.

De forma complementar, Zabala (1998) reforça que a aprendizagem se consolida quando o estudante é desafiado a pensar e agir ativamente, assumindo um papel central na construção do próprio saber. Essa visão integra-se aos princípios das metodologias ativas, que retomam e operacionalizam muitos fundamentos da Aprendizagem Significativa ao

propor práticas que colocam o estudante como protagonista do processo educativo, articulando teoria, prática e reflexão crítica.

## 2.2 Metodologias Ativas e Tecnologias Educacionais

As Metodologias Ativas de Aprendizagem representam uma mudança paradigmática na educação contemporânea, ao deslocar o foco do professor como transmissor de informações para o estudante como sujeito ativo da própria aprendizagem. Essa abordagem se fundamenta na ideia de que o conhecimento é construído de forma mais significativa quando o aluno participa ativamente do processo, tomando decisões, investigando, debatendo e aplicando conceitos em situações concretas.

De acordo com Berbel (2011) e Moran (2015), as metodologias ativas favorecem o desenvolvimento da autonomia intelectual, do pensamento crítico e da capacidade de resolver problemas complexos. Nessa perspectiva, o professor atua como mediador e orientador, criando condições para que os estudantes experimentem, reflitam e construam o conhecimento por meio de experiências colaborativas. Estratégias como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), os projetos investigativos, a sala de aula invertida e o uso de simulações e experimentos interativos configuram ambientes dinâmicos que aproximam o estudante do contexto real de aplicação do conhecimento científico.

No ensino de Física, o uso dessas metodologias mostra-se especialmente promissor. Cunha (2022) observa que a adoção de estratégias ativas, associadas a recursos tecnológicos como simulações computacionais, sensores e experimentos digitais, contribui para um aprendizado mais engajador e contextualizado, permitindo que o aluno relate teoria e prática de maneira mais natural e motivadora. Essa orientação vai ao encontro dos princípios da aprendizagem significativa, na medida em que valoriza o conhecimento prévio, a investigação e o envolvimento ativo do aluno na construção de saberes.

Nesse contexto, o uso das tecnologias educacionais assume papel fundamental na implementação das metodologias ativas, especialmente no ensino de Física. Ferramentas como simulações computacionais interativas, plataformas digitais de aprendizagem, softwares de modelagem e dispositivos experimentais com Arduino ampliam as possibilidades de investigação. Esses recursos tecnológicos fortalecem a autonomia investigativa, favorecem a aprendizagem personalizada e criam ambientes colaborativos dinâmicos, alinhando a prática docente às demandas da cultura digital. Assim, quando integradas de maneira planejada, as tecnologias digitais ampliam as possibilidades de aplicação das metodologias ativas e contribuem para um ensino de Física mais contemporâneo.

### 2.2.1 Recursos Experimentais com Arduino

O Arduino destaca-se atualmente como uma das ferramentas mais acessíveis e versáteis para o ensino experimental de Física, sobretudo em ambientes escolares que enfrentam limitações estruturais. Trata-se de uma plataforma de prototipagem eletrônica composta por uma placa microcontrolada e um ambiente de programação intuitivo, capaz de realizar medições, automatizar experimentos e registrar dados em tempo real, como ilustrado na Figura 2.1. Sua simplicidade de uso permite que estudantes e professores construam dispositivos experimentais com sensores variados, como sensores ópticos, ultrassônicos ou fototransistores, tornando possível investigar movimentos, forças, tempos de percurso e outros fenômenos fundamentais da Mecânica. Um exemplo dessa aplicação pode ser observado na Figura 3.2.



Figura 2.1: Arduino utilizado no experimento.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Além de acessível, o Arduino possui baixo custo e não exige infraestrutura laboratorial complexa, o que o torna adequado para escolas públicas. Por permitir a montagem de circuitos em espaços reduzidos, ele possibilita o confinamento seguro do experimento, sem comprometer a qualidade das medidas ou a compreensão dos fenômenos envolvidos.

Silva e Barbosa (2019) ressaltam que o caráter didático do Arduino vai além da obtenção de dados, envolvendo o estudante em todas as etapas do processo experimental, desde a montagem do circuito até a interpretação dos resultados. Franzolin, Arruda e Laburu (2018) reforçam que esse envolvimento promove aprendizagem ativa, pois coloca o estudante no centro da investigação científica. Carvalho (2022) acrescenta que projetos

com Arduino fortalecem o protagonismo discente ao estimular autonomia e análise crítica.

Quando integrado a simulações computacionais, especialmente programadas em *Python*, o Arduino amplia ainda mais o potencial pedagógico do experimento. Essa combinação permite comparar o comportamento real do sistema com modelos teóricos, favorecendo a análise de discrepâncias, a discussão de incertezas e a compreensão profunda dos princípios físicos envolvidos.

### 2.2.2 Simulações Computacionais em *Python*

As simulações computacionais vêm ganhando destaque no ensino de Física por possibilitarem a criação de ambientes virtuais em que fenômenos podem ser manipulados, observados e analisados de maneira controlada. Diferentemente das atividades tradicionais, as simulações permitem que o estudante teste cenários rapidamente, altere parâmetros e visualize os efeitos das mudanças realizadas, ampliando a compreensão de conceitos abstratos e fortalecendo a aprendizagem investigativa.

Entre as linguagens mais utilizadas nesse contexto está o *Python*, amplamente adotado na área acadêmica devido à sua clareza sintática e à robustez de suas bibliotecas científicas. Segundo o Índice TIOBE de popularidade das linguagens de programação, Python tem ocupado posições de destaque nos últimos anos, consolidando-se como uma das linguagens mais utilizadas em aplicações educacionais e científicas (TIOBE, 2023). Bibliotecas como *NumPy* (operações numéricas), *Matplotlib* (visualizações gráficas), *Pygame* (animações bidimensionais) e *VPython* (representações tridimensionais interativas) possibilitam a construção de modelos computacionais capazes de reproduzir sistemas físicos complexos. Dessa forma, o *Python* permite ao estudante explorar equações, investigar parâmetros, gerar gráficos e observar o comportamento dinâmico de fenômenos como colisões unidimensionais, oscilações, movimentos parabólicos e sistemas de partículas.

Outra forma relevante de criar simulações educacionais é por meio do HTML, linguagem responsável pela estruturação de páginas web. Quando utilizado em conjunto com CSS (estilização) e *JavaScript* (controle lógico e animações), o HTML possibilita o desenvolvimento de simuladores totalmente interativos, acessíveis diretamente pelo navegador, sem necessidade de instalação ou configurações adicionais. Esse formato amplia a acessibilidade e a usabilidade, permitindo que estudantes utilizem computadores, tablets ou celulares para interagir com experimentos virtuais.

Assim, enquanto o *Python* se destaca pela capacidade de modelagem numérica, cálculos precisos e geração de gráficos avançados, o HTML associado ao *JavaScript* se destaca pela criação de interfaces acessíveis, interativas e de fácil navegação. A combinação dessas duas abordagens expande de forma significativa as possibilidades pedagógicas, pois permite integrar modelagem, visualização e análise interativa em

ambientes digitais variados. Dessa forma, simuladores como o utilizado neste projeto tornam-se ferramentas poderosas para complementar experimentos reais, promover a exploração investigativa e apoiar a construção de conceitos fundamentais no estudo das colisões e da conservação do momento linear.

### 2.2.3 Gamificação com *Kahoot!*

O *Kahoot!* é uma plataforma de aprendizagem gamificada criada em 2013 por pesquisadores noruegueses com o objetivo de tornar o processo educativo mais interativo e motivador. Segundo Wang (2015), ferramentas desse tipo favorecem o engajamento e a participação dos estudantes ao introduzirem elementos de jogo em atividades de revisão e avaliação formativa. No caso do *Kahoot!*, a versão gratuita permite a criação de *quizzes* com perguntas de múltipla escolha e verdadeiro ou falso, enquanto recursos mais avançados, como debates, enquetes, organização de respostas e relatórios detalhados, estão disponíveis nos planos pagos. Sua usabilidade simples e acessível, tanto via navegador quanto por aplicativo móvel, possibilita sua adoção em diferentes dispositivos e contextos de ensino, ampliando seu alcance pedagógico.

O uso do *Kahoot!* como instrumento de fixação dos conteúdos está alinhado à perspectiva de Aprendizagem Significativa Crítica proposta por Moreira (2018), na qual o conhecimento é consolidado quando o estudante relaciona novos conceitos aos seus conhecimentos prévios, em um contexto ativo e colaborativo. De acordo com Bacich e Moran (2018), a tecnologia deve ser vista como meio de ampliar as possibilidades de aprendizagem, e não como mero recurso ilustrativo. Assim, o *Kahoot!* representa um espaço de revisão mediada, que integra teoria, tecnologia e interação social. Nesse contexto, o *quiz* gamificado contribui para transformar a revisão em um momento dinâmico, marcado por pontuação, competição saudável e cooperação entre os estudantes, favorecendo a consolidação e a retomada dos conceitos-chave.

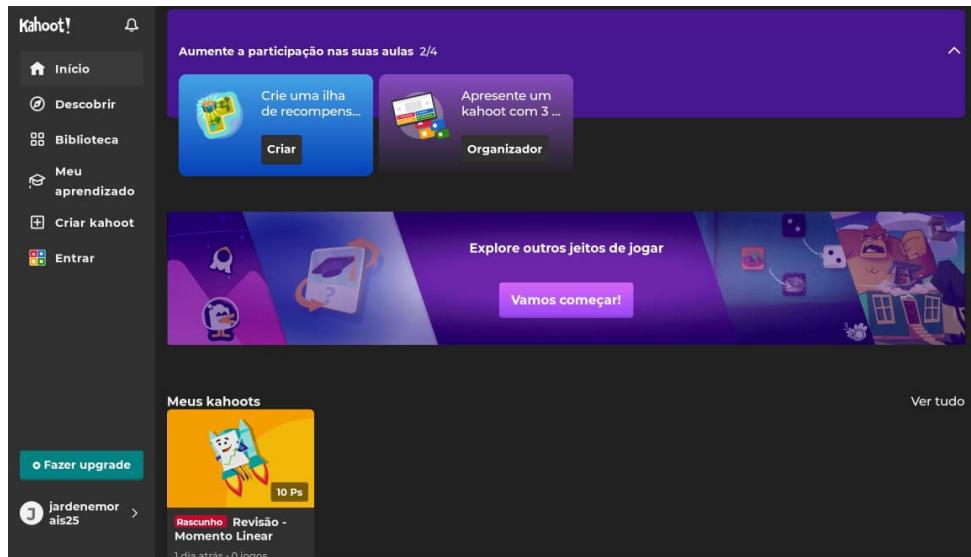


Figura 2.2: Interface inicial da plataforma *Kahoot!*, mostrando os *quizzes* disponíveis para uso em sala de aula.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Uma das principais vantagens do *Kahoot!* é sua capacidade de fornecer *feedback* imediato e relatórios detalhados sobre o desempenho dos estudantes. A plataforma gera informações como tempo de resposta, taxa de acertos, ranking, participantes mais rápidos e pontos de dificuldade, além de oferecer um espaço de feedback no qual os alunos podem avaliar a atividade. Esses recursos auxiliam o professor na identificação de concepções alternativas, dificuldades comuns e tópicos que necessitam de reforço pedagógico.

A gamificação, conceito que fundamenta o uso do *Kahoot!*, tem se destacado como estratégia capaz de promover engajamento, motivação e participação ativa. Ao incorporar elementos como desafios, pontuação, progresso e competição saudável, o processo de aprendizagem torna-se mais dinâmico e divertido. Pesquisas de Cavalcante, Sales e Silva (2018), Silva (2019) e Wang (2017) mostram que o uso de plataformas gamificadas favorece a aprendizagem colaborativa, fortalece o envolvimento dos estudantes e contribui para a consolidação de conceitos, especialmente em áreas como Física.

Além disso, conforme destaca Berbel (2011), a ludicidade e o envolvimento emocional contribuem para uma aprendizagem mais profunda, pois despertam no estudante o interesse e o prazer em aprender. Dessa forma, a aplicação do *Kahoot!* pode favorecer não apenas a fixação dos conteúdos de Física, mas também o desenvolvimento de atitudes colaborativas e de valorização do próprio aprendizado. Pesquisas recentes, como as de Pavan (2016) e Rondnelle (2021), reforçam que a gamificação no ensino de Física potencializa a compreensão de conceitos abstratos ao associar elementos visuais, interatividade e desafio cognitivo. Além disso, a ferramenta possibilita a realização

de desafios de perguntas e respostas que promovem uma competição saudável entre os estudantes, despertando o interesse, incentivando a concentração e reforçando os conceitos estudados.

No contexto deste trabalho, o *Kahoot!* será utilizado para revisar os conteúdos de momento linear de maneira interativa, possibilitando que os estudantes respondessem questões conceituais e aplicadas sobre colisões, conservação do momento e identificação de diferentes tipos de interação. Na Figura 2.2, observa-se a tela de criação do *quiz* elaborado para este estudo, enquanto a Figura 2.3 ilustra a interface inicial da plataforma.

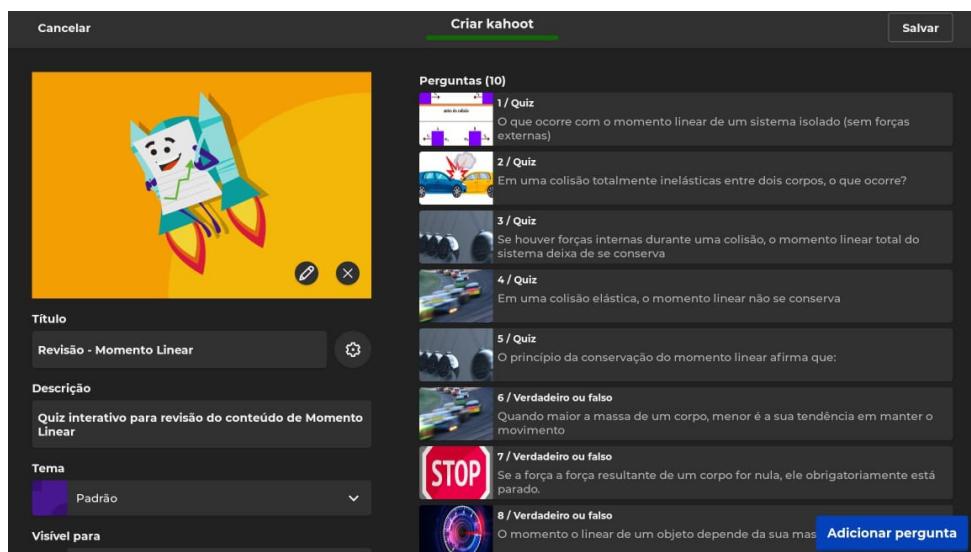


Figura 2.3: Ambiente inicial do *Kahoot!*, utilizado neste estudo para organizar e aplicar *quizzes* sobre momento linear.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Quando articulado às estratégias experimentais com Arduino e às simulações computacionais desenvolvidas em *Python* e *HTML*, o *Kahoot!* potencializa o processo de aprendizagem ao integrar diferentes linguagens e abordagens didáticas. Essa combinação fortalece a Aprendizagem Significativa, conforme preconiza Ausubel (2003), ao permitir que os estudantes relacionem teoria, prática, simulação e avaliação de forma contínua e dinâmica.

## 2.3 Sequência Didática no Ensino de Física

A elaboração de sequências didáticas tem se consolidado como uma estratégia eficaz para qualificar o ensino de Física, especialmente quando se busca promover aprendizagens mais profundas, contextualizadas e alinhadas às concepções contemporâneas de ensino. Diferentes pesquisas têm demonstrado que uma sequência bem estruturada, com

objetivos claros, atividades progressivas e integração entre teoria e prática, contribui significativamente para a evolução conceitual dos estudantes e para o desenvolvimento de competências investigativas.

Araya, Gibin e Souza Filho (2021), por exemplo, desenvolveram uma Sequência Didática baseada em experimentação orientada, constatando avanços expressivos na compreensão dos estudantes sobre relações entre grandezas físicas e no uso de representações gráficas. De forma semelhante, Oliveira (2016) verificou que sequências apoiadas em resolução de problemas e atividades colaborativas ampliam a participação discente e favorecem a reconstrução de conceitos científicos. Já Raminelli (2016) demonstrou que a utilização de tecnologias digitais em etapas bem planejadas de uma sequência potencializa o engajamento, facilitando a visualização de fenômenos abstratos e a transição entre diferentes níveis de complexidade conceitual.

Esses estudos convergem ao destacar que a eficácia de uma Sequência Didática não depende apenas da escolha dos recursos, como experimentos, simulações ou plataformas digitais, mas sobretudo da forma como eles são articulados ao longo do percurso de aprendizagem. Quando as etapas são coerentes entre si, apresentam desafios cognitivos progressivos e mantêm relação direta com os objetivos de ensino, os resultados tendem a superar significativamente os obtidos em abordagens tradicionais.

Assim, a literatura evidencia que Sequências Didáticas bem elaboradas constituem um instrumento pedagógico potente para o ensino de Física, capaz de promover engajamento, favorecer a Aprendizagem Significativa e apoiar a construção de conhecimento científico de maneira integrada e gradual. Essa fundamentação reforça a importância da proposta desenvolvida neste trabalho, que busca alinhar experimentação, simulação e Metodologias Ativas em um percurso didático coeso e intencional.

### 2.3.1 Momento Linear

Moreira (2011) aponta que o ensino de Física baseado apenas em procedimentos mecânicos dificulta que os estudantes atribuam sentido ao que aprendem. Para Ausubel (2003), a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando novos conhecimentos se conectam ao que o aluno já sabe. No estudo do momento linear, isso significa ir além das fórmulas e relacionar o conceito às situações reais em que o movimento se conserva.

O momento linear é um dos conceitos fundamentais da Mecânica Clássica e desempenha papel essencial na compreensão do movimento e das interações entre os corpos. Por meio dessa grandeza, é possível descrever como a massa e a velocidade de um corpo se combinam para determinar a sua quantidade de movimento, fornecendo uma base conceitual indispensável para o estudo de fenômenos como colisões, explosões e transferências de energia e movimento. Historicamente, o conceito foi sistematizado por Isaac Newton, que em sua Segunda Lei do Movimento estabeleceu que a força resultante

que atua sobre um corpo é proporcional à taxa de variação do seu momento linear. Essa formulação permitiu compreender o movimento não apenas como resultado imediato da ação de forças, mas também como algo que se conserva ou se transforma em função das interações existentes entre os corpos.

Assim, o estudo do momento linear constitui uma das chaves para entender a conservação do movimento nos sistemas físicos, princípio que permeia toda a Física — desde os impactos cotidianos até fenômenos em escala astronômica. A análise dessa grandeza possibilita, portanto, interpretar o comportamento dos corpos em diferentes contextos e compreender de que forma as leis de conservação expressam a harmonia e a coerência das interações naturais. Dessa forma, o estudo do momento linear, quando articulado à prática experimental e à modelagem computacional, favorece não apenas a compreensão formal das equações, mas também a construção de um entendimento significativo e aplicado dos princípios fundamentais da dinâmica.

O momento linear, também denominado quantidade de movimento, é uma grandeza vetorial definida como o produto da massa  $m$  de um corpo pela sua velocidade  $\vec{v}$ :

$$\vec{p} = m\vec{v}, \quad (2.1)$$

Essa expressão indica que a direção e o sentido do momento linear são os mesmos da velocidade, enquanto sua magnitude depende também da massa do corpo. Segundo Halliday, Resnick e Walker (2016), o momento linear representa o estado dinâmico de um corpo e constitui uma das grandezas fundamentais para a análise das interações mecânicas.

O princípio da conservação do momento linear afirma que, em um sistema isolado, isto é, sem a ação de forças externas resultantes, o momento linear total permanece constante no tempo. Esse princípio pode ser compreendido a partir de duas expressões matemáticas fundamentais.

Primeiro, considera-se a condição necessária para que o momento linear seja conservado:

$$\sum \vec{F}_{\text{ext}} = 0, \quad (2.2)$$

Essa igualdade indica que a soma de todas as forças externas que atuam sobre o sistema deve ser nula. Em outras palavras, se nenhuma força externa age sobre o sistema, ou se elas se equilibram, o sistema permanece isolado.

A partir dessa condição, obtém-se o resultado fundamental:

$$\frac{d\vec{p}_{\text{total}}}{dt} = 0, \quad (2.3)$$

Essa equação mostra que a taxa de variação do momento linear total é zero, ou

seja, o momento linear não muda com o tempo. Isso significa que o momento total antes e depois de qualquer interação interna do sistema permanece o mesmo.

A equação mostra o princípio da conservação do momento linear. Ela diz que, se a soma das forças externas que atuam sobre um sistema for zero, então o momento linear total não muda com o tempo. Isso significa que, sem forças externas agindo, o movimento do sistema permanece o mesmo. Assim, o momento total antes de uma interação é igual ao momento total depois dela:

$$\vec{p}_{\text{total, antes}} = \vec{p}_{\text{total, depois}}, \quad (2.4)$$

No estudo de colisões unidimensionais, o conceito de momento linear torna-se particularmente relevante. Para dois corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$ , com velocidades iniciais  $v_{1i}$  e  $v_{2i}$ , a conservação do momento pode ser escrita como:

$$m_1 v_{1i} + m_2 v_{2i} = m_1 v_{1f} + m_2 v_{2f}, \quad (2.5)$$

Em colisões elásticas, além do momento, conserva-se também a energia cinética:

$$\frac{1}{2} m_1 v_{1i}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2i}^2 = \frac{1}{2} m_1 v_{1f}^2 + \frac{1}{2} m_2 v_{2f}^2, \quad (2.6)$$

Já nas colisões inelásticas, a energia cinética não é conservada, sendo parcialmente transformada em outras formas de energia, embora o momento linear permaneça constante.

Um outro parâmetro importante é o coeficiente de restituição. O coeficiente de restituição é uma grandeza adimensional, ou seja, sem dimensão, utilizada para quantificar o grau de elasticidade de uma colisão. Ele expressa o quanto da velocidade relativa entre dois corpos é recuperado após o impacto, em comparação com a velocidade relativa existente antes da colisão. Dessa forma, fornece uma medida do nível de dissipação de energia mecânica envolvida na interação.

Matematicamente, o coeficiente de restituição,  $e$ , é definido pela razão entre a velocidade relativa de afastamento e a velocidade relativa de aproximação:

$$e = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_{1i} - v_{2i}}, \quad (2.7)$$

em que  $v_{1i}$  e  $v_{2i}$  representam as velocidades iniciais dos corpos antes da colisão, e  $v_{1f}$  e  $v_{2f}$  suas velocidades finais após o impacto.

A Tabela 2.1 resume a relação entre os diferentes tipos de colisão, o comportamento da energia cinética e o coeficiente de restituição. Observa-se que, independentemente do tipo de colisão, a quantidade de movimento total do sistema permanece conservada, desde que ele seja isolado. O que muda é a forma como a energia cinética se comporta durante

a interação.

Tabela 2.1: Relação entre tipo de colisão, energia cinética e coeficiente de restituição.

<b>Tipo de Colisão</b>	<b>Energia Cinética</b>	<b>Quantidade de Movimento</b>	<b>Coeficiente de Restituição (<math>e</math>)</b>
Elástica	Completamente conservada	Conservada	$e = 1$
Parcialmente elástica	Parcialmente conservada	Conservada	$0 < e < 1$
Inelástica (ou perfeitamente inelástica)	Dissipação máxima	Conservada	$e = 0$

Nas colisões elásticas, a energia cinética é totalmente preservada, e o coeficiente de restituição é igual a 1, indicando recuperação completa da velocidade relativa após o impacto. Já nas colisões parcialmente elásticas, parte da energia é dissipada, geralmente na forma de calor, som ou deformações, e o coeficiente de restituição assume valores entre 0 e 1. Por fim, nas colisões inelásticas, ocorre a dissipação máxima de energia cinética e, no caso limite das colisões perfeitamente inelásticas, os corpos permanecem unidos após o impacto, resultando em  $e = 0$ .

Essa classificação auxilia na compreensão de como diferentes tipos de interação entre corpos envolvem níveis distintos de dissipação de energia, embora a conservação do momento linear se mantenha em todos os casos.

Assim, o coeficiente de restituição se torna fundamental para a análise quantitativa de colisões, sendo amplamente utilizado em experimentos escolares, simulações computacionais e estudos de dinâmica. Sua aplicação permite compreender, de forma clara e intuitiva, como diferentes interações entre corpos envolvem distintos níveis de conservação e dissipação de energia.

---

---

# CAPÍTULO 3

---

## MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve os aspectos metodológicos do estudo, apresentando o tipo de pesquisa, o local onde será desenvolvida, os instrumentos e procedimentos adotados para coleta e análise dos dados, bem como os ambientes e recursos utilizados na implementação da proposta didática. Também são detalhadas as etapas de execução e a estrutura da Sequência Didática elaborada, fundamentada em Metodologias Ativas e na teoria da Aprendizagem Significativa.

### 3.1 A Pesquisa

#### 3.1.1 Local de Pesquisa

A Sequência Didática deverá ser desenvolvida em uma escola pública estadual integrante da rede regular de ensino para alunos do 1º ano do Ensino Médio. Revisamos alguns artigos na literatura a fim de ter um panorama geral da realidade atual das escolas públicas em nível nacional e em nível estatual.

No contexto da educação pública nacional, muitas escolas enfrentam deficiências estruturais que comprometem o ensino de Ciências e Física, como a ausência de laboratórios adequados, escassez de equipamentos tecnológicos e tempo reduzido para atividades experimentais. Essas limitações afetam diretamente a aprendizagem e a prática docente, restringindo o uso de metodologias que integrem teoria e prática (José Félix da Silva Júnior, 2023; Souza, 2011; Araya, Gibin e Souza Filho, 2021). No o contexto educacional piauiense, encontramos que Borges (2017) destaca a educação piauiense com um quadro de precariedade educacional histórico, remontando ao século XIX e persistindo no século XXI, marcado pela falta de infraestrutura, materiais didáticos e valorização docente.

Essa realidade reforça a necessidade de práticas pedagógicas inovadoras, de baixo custo e potencialmente significativas, como o uso do Arduino, das simulações computacionais em *Python* e da gamificação com o *Kahoot!*, que favorecem o aprendizado ativo mesmo em condições estruturais limitadas.

### 3.1.2 Tipo de Pesquisa

A pesquisa qualitativa e a pesquisa quantitativa representam dois enfoques metodológicos complementares dentro das Ciências Humanas e da Educação. A pesquisa qualitativa concentra-se na compreensão profunda de significados, percepções e processos, analisando aspectos subjetivos, contextuais e interpretativos que emergem das experiências dos participantes. Já a pesquisa quantitativa fundamenta-se na mensuração e análise numérica de dados, permitindo identificar padrões, comparar resultados e verificar relações de causa e efeito por meio de instrumentos estruturados. Enquanto a abordagem qualitativa busca explicar o “como” e o “porquê” dos fenômenos, a abordagem quantitativa focaliza o “quanto” e o “em que medida” esses fenômenos ocorrem. Quando utilizadas de forma integrada, essas abordagens possibilitam uma análise mais abrangente e robusta dos processos investigados.

A presente pesquisa caracteriza-se como quali-quantitativa, ao combinar procedimentos de análise qualitativa e quantitativa para obter uma compreensão mais ampla e profunda sobre os efeitos da Sequência Didática no aprendizado dos estudantes.

Do ponto de vista qualitativo, a investigação busca compreender as percepções, interpretações e experiências dos estudantes ao longo das atividades propostas. A pesquisa qualitativa permite analisar aspectos subjetivos, como engajamento, dificuldades conceituais, interações entre os alunos, autonomia no uso das tecnologias e compreensão do fenômeno físico estudado. Essa abordagem é essencial quando se pretende interpretar processos, significados e mudanças cognitivas que não podem ser reduzidos a números ou quantificações diretas.

Por outro lado, a abordagem quantitativa será utilizada para mensurar e comparar os resultados obtidos nas avaliações diagnóstica e final, possibilitando verificar ganhos de desempenho e possíveis lacunas no aprendizado. A quantificação de dados permite avaliar, de maneira objetiva, o impacto da Sequência Didática por meio de medidas como acertos, erros, tempo de resposta e evolução percentual dos estudantes. Esse tipo de análise é particularmente útil em estudos educacionais que buscam evidências de efetividade das metodologias adotadas.

A integração entre métodos qualitativos e quantitativos torna a pesquisa mais completa, pois articula a profundidade interpretativa com a precisão numérica. Conforme destacam autores como Creswell (2010), estudos educacionais que investigam práticas pedagógicas inovadoras se beneficiam do uso conjunto das duas abordagens, uma vez que

cada uma oferece respostas complementares a questões distintas. Assim, a adoção do enfoque quali-quantitativo neste trabalho é adequada para analisar tanto os aspectos subjetivos da aprendizagem quanto os resultados concretos obtidos pelos estudantes, fortalecendo a validade das conclusões sobre o impacto da Sequência Didática e das metodologias ativas aplicadas.

### 3.1.3 Instrumentos de Coleta de Dados e Etapas da Pesquisa

Um conjunto diversificado de instrumentos de coleta de dados é utilizado na Sequência Didática. A escolha desses instrumentos visa capturar de forma abrangente o desenvolvimento dos estudantes ao longo do processo investigativo. Os instrumentos que serão utilizados incluem: questionários, diagnósticos, atividades experimentais com Arduino, simulações computacionais em *Python*, quizzes gamificados via *Kahoot!* e avaliação final. Cada uma das etapas sequenciais tem seu método avaliativo específico. Um resumo das etapas sequenciais e métodos de avaliação está esquematizado na Tabela 3.1.

Tabela 3.1: Fases da pesquisa e método de avaliação

Fases da Pesquisa	Método de Avaliação
Avaliação Diagnóstica	Quantitativa
Atividade com Arduino	Qualitativa
Simulação em <i>Python</i>	Qualitativa / Quantitativa
Aplicação com <i>Kahoot!</i>	Qualitativa
Avaliação Final	Quantitativa

Essa combinação de instrumentos e métodos permitirá identificar tanto o desempenho numérico dos estudantes quanto as evidências de aprendizagem significativa nas atividades práticas e computacionais. A execução dessas etapas, demandou a previsão de recursos materiais e humanos, os quais são especificados no planejamento orçamentário na seção ??.

## 3.2 Ambientes de Desenvolvimento

### 3.2.1 Ambiente Experimental

A montagem do experimento foi planejada de modo a garantir estabilidade mecânica, precisão nas medições e reprodutibilidade dos resultados. O procedimento foi inspirado em experimentos didáticos relatados por Mourão (2018) e Carvalho (2022), que evidenciam o potencial do Arduino como ferramenta pedagógica para o ensino de

conceitos físicos, especialmente pela possibilidade de combinar tecnologia, observação e análise de dados.

Inicialmente, escolheu-se uma superfície rígida, plana e estável, como uma mesa de laboratório, a fim de evitar inclinações que pudessem interferir no movimento do carrinho. A pista retilínea de 30 cm foi cuidadosamente alinhada e nivelada, e suas bordas laterais ajustadas para impedir desvios, garantindo trajetórias uniformes e reproduzíveis. O ponto inicial foi demarcado na própria pista, assegurando que todas as medições partissem do mesmo referencial.

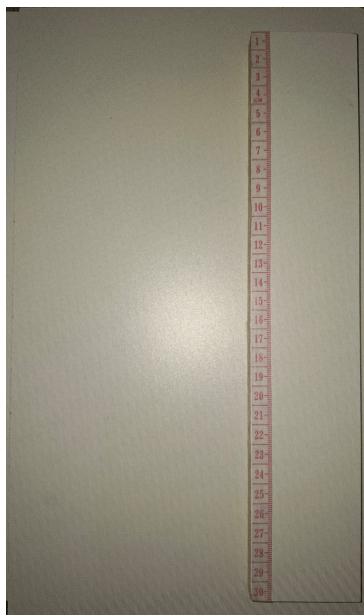


Figura 3.1: Preparação do ambiente experimental com a pista retilínea de 30 cm posicionada sobre superfície plana e estável.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

O ambiente experimental deve ser cuidadosamente estruturado para a investigação do movimentos de carrinhos em (1D). A estrutura de montagem conta com uma pista, o Arduíno, dois sensores e duas placas *protoboards*. Veja o esquema de montagem do experimento na Fig. 3.2.

A placa utilizada neste trabalho é a Arduino MEGA 2560, escolhida pela grande quantidade de portas digitais e analógicas, que favorecem a conexão simultânea de múltiplos sensores, indicadores e módulos. Suas principais características são apresentadas na Tabela 3.2.

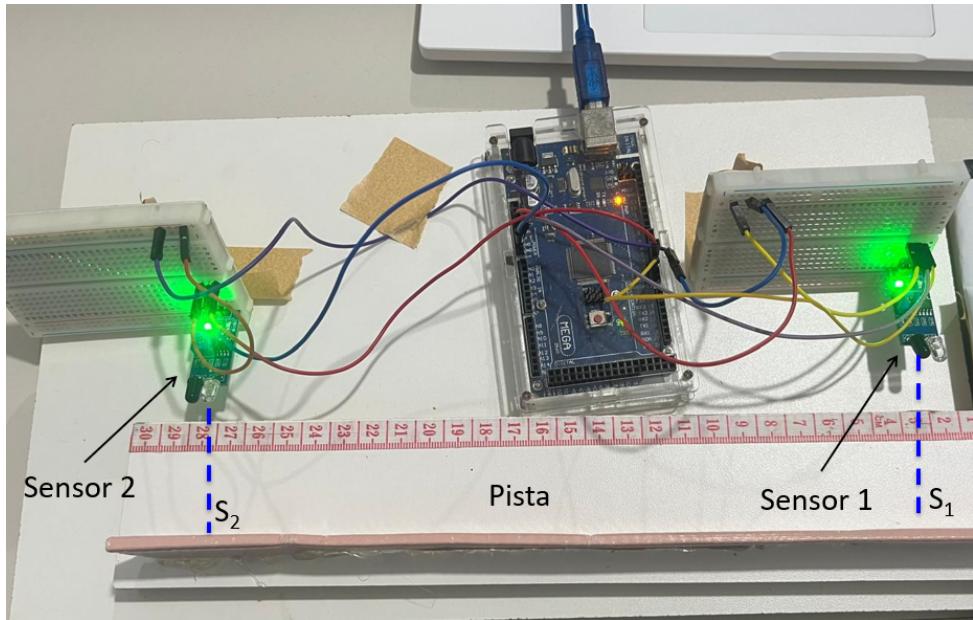


Figura 3.2: Estrutura de montagem do experimento. A montagem se baseia em uma pista retilínea para travessia do carrinho. Na realização de cada experimento, o carrinho atravessa a pista da direita para a esquerda. Dois sensores estão posicionados próximos à pista. Cada um dos sensores está apontado para um ponto pré-definido. Na figura, o sensor 1 está apontado para a posição 3 cm e o sensor 2 está apontado para a posição de 25 cm da pista.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Tabela 3.2: Características técnicas da placa Arduino MEGA 2560 utilizada

Característica	Descrição
Modelo	Arduino MEGA 2560
Microcontrolador	Arduino MEGA 2560
Tensão de operação	5V
Alimentação recomendada	7–12V
Memória Flash	256 KB
Frequência	16 MHz
Portas digitais	54 pinos
Portas PWM	15
Entradas analógicas	16
Comunicação	USB Type-B, RX/TX
Recursos extras	Botão <i>reset</i> , ICSP, alimentação externa

Para viabilizar a montagem do circuito experimental, utilizou-se uma *protoboard*, representada na Figura 3.3. A *protoboard* é um componente fundamental na etapa de prototipagem eletrônica, pois permite montar circuitos de forma rápida e segura, sem a necessidade de soldagem. Sua principal função é interligar fios, sensores e dispositivos eletrônicos por meio de contatos metálicos internos que realizam as conexões elétricas

automaticamente quando os terminais são inseridos nos furos.

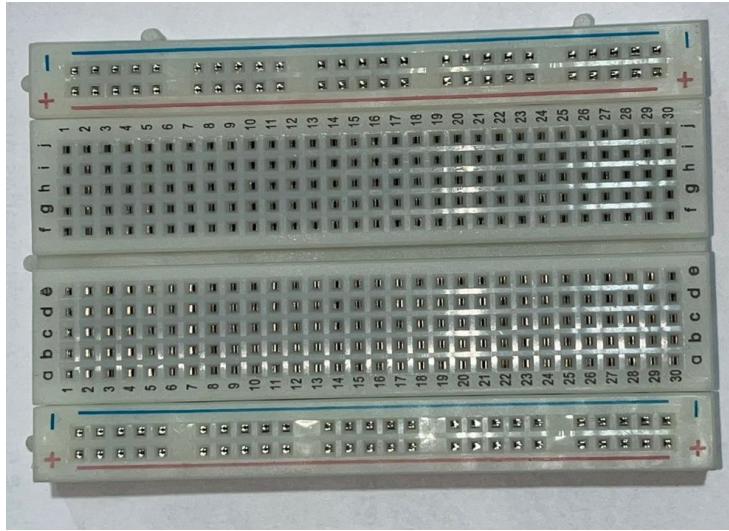


Figura 3.3: *Protoboard* utilizada na montagem do circuito.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

A estrutura da *protoboard* é dividida em duas partes principais. Nas laterais encontram-se os *barramentos de alimentação*, identificados normalmente pelas linhas vermelha (5V) e azul (GND). Esses barramentos distribuem tensão e terra ao longo de toda a placa, permitindo alimentar diversos componentes simultaneamente de maneira organizada.

A região central é composta por fileiras de cinco furos interligados horizontalmente. Cada conjunto de cinco furos forma um mesmo ponto elétrico, de modo que qualquer componente inserido nesses furos estará conectado entre si. Os dois blocos centrais são separados por um canal vertical, destinado normalmente à inserção de circuitos integrados, garantindo que os lados esquerdo e direito funcionem como linhas independentes.

Essa organização facilita o encaixe dos sensores, dos *jumpers* e dos fios de alimentação, garantindo que o circuito permaneça estável, bem distribuído e de fácil modificação. Assim, a *protoboard* desempenha papel essencial na construção do aparato experimental, permitindo ajustes rápidos e evitando erros de conexão durante o desenvolvimento do projeto.

Entre os componentes utilizados destaca-se o sensor óptico infravermelho LM393, mostrado na Figura 3.4. Esse módulo funciona por meio de um sistema de emissão e detecção de luz infravermelha, composto essencialmente por um LED emissor (IR) e um fototransistor receptor. O LED emite continuamente um feixe de luz infravermelha, que é captado pelo fototransistor enquanto o percurso está livre.

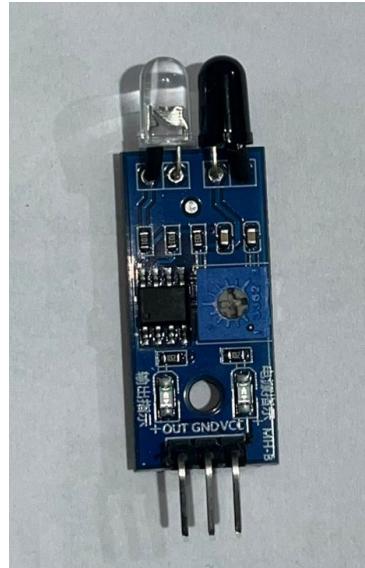


Figura 3.4: Sensor óptico infravermelho LM393.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

O LED infravermelho (com cápsula transparente) é o emissor, responsável por gerar um feixe contínuo de luz infravermelha. Já o componente de cápsula escura é o receptor, um fototransistor sensível à luz infravermelha, que varia sua condução elétrica conforme recebe mais ou menos luz.

Quando o carrinho atravessa o feixe emitido pelo LED infravermelho, parte dessa luz é bloqueada antes de atingir o fototransistor. Essa redução busca na quantidade de luz recebida altera o sinal elétrico produzido pelo fototransistor, que é então interpretado pelo comparador LM393 presente na placa do sensor. O comparador converte essa variação de luminosidade em um sinal digital, alternando entre níveis lógicos (*HIGH* ou *LOW*), o que permite identificar com precisão o instante da passagem do objeto diante do sensor.

O LM393 possui ainda um potenciômetro que permite ajustar a sensibilidade do sistema, adequando o sensor à distância e ao tipo de objeto a ser detectado. Por operar diretamente em portas digitais do Arduino e apresentar resposta rápida, o LM393 é ideal para experimentos que envolvem medições de tempo, velocidade e intervalos de movimento. Em síntese, esse sensor possibilita o registro confiável dos instantes de passagem do carrinho, constituindo um elemento central para a análise cinemática realizada neste trabalho. Dessa forma, conseguimos estimar do momento linear do carrinho durante a travessia da pista.

A ideia chave do experimento é obter uma estimativa do momento linear de um carrinho de brinquedo. A aquisição de dados ocorre através de um microcontrolador Arduino, equipado com sensores infravermelhos (IR) posicionados em pontos estratégicos para medir com precisão os intervalos de tempo e, consequentemente, a velocidade do

carrinho. Subsequentemente, o momento linear em cada realização do experimento é baseada nas medições das velocidades.

Após a fixação dos sensores, procedeu-se à montagem do circuito elétrico. A placa *Arduino* foi responsável pela leitura dos sinais dos sensores, armazenamento dos tempos. Essa placa contém um microcontrolador, que executa instruções gravadas em linguagem C/C++ por meio da IDE Arduino. Ela dispõe de pinos de entrada e saída digitais e analógicos, portas de alimentação (5 V e GND) e uma interface USB para comunicação com o computador como mostra a Figura 3.5. Sua principal função, neste experimento, é receber os pulsos elétricos dos sensores, medir o tempo decorrido e processar os cálculos físicos de forma automática e precisa.

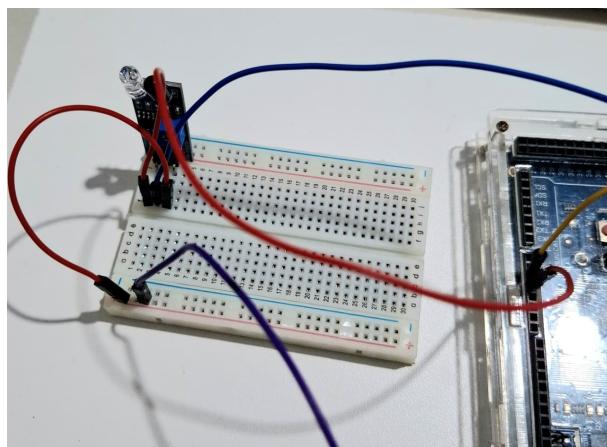


Figura 3.5: Conexão do sensor infravermelho LM393 na *protoboard*, com ligações de VCC, GND e saída digital interligadas aos pinos correspondentes do Arduino.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

A ligação elétrica foi feita conforme o esquema descrito na Tabela 3.3 e conforme mostra na Figura 3.6 conectando os pinos VCC e GND de ambos os sensores às portas de 5 V e GND do Arduino, respectivamente, e as saídas digitais (OUT) aos pinos D2 e D3 da placa.

Tabela 3.3: Ligações elétricas entre sensores e Arduino Uno R3.

<b>Sensor</b>	<b>Pino</b>	<b>Conexão no Arduino</b>
Sensor 1	OUT	D2
Sensor 2	OUT	D3
Ambos	VCC	5 V
Ambos	GND	GND

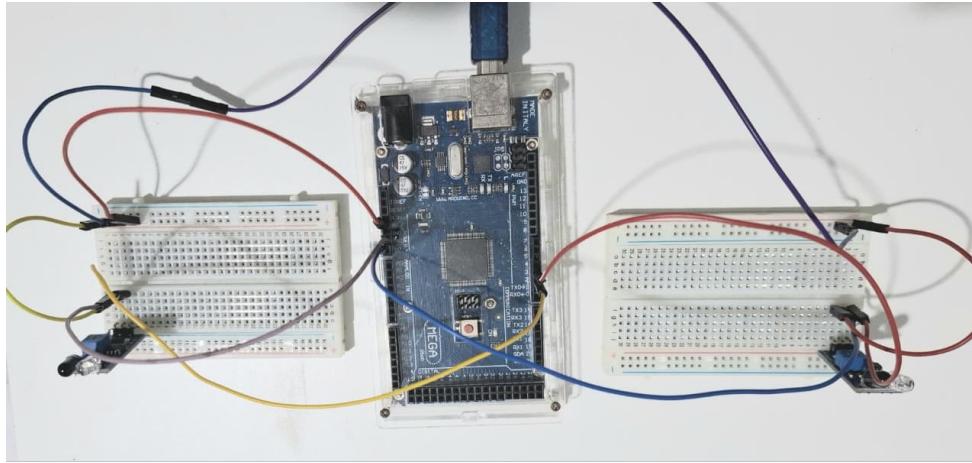


Figura 3.6: Montagem do circuito elétrico conectando os sensores ópticos à placa Arduino para leitura e processamento dos sinais.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Os sensores apontam para as posições  $s_1 = 3$  cm e  $s_2 = 28$  cm, que representam a posição inicial e final, respectivamente. Desta forma, calculamos que o percurso percorrido pelo carrinho em cada realização do experimento fazendo,  $\Delta s = s_f - s_i = 25$  cm, onde  $\Delta s$  é a variação da posição do carrinho. Ao passar pelo sensor 1, inicia-se a marcação do tempo inicial,  $t_1$ , como 0 s. Quando o carrinho passa pelo sensor 2, a marcação do tempo final,  $t_2$ , é feita. Essas medições são captadas pelo sensor e processadas pelo programa do Arduíno. Então, o resultado é impresso na tela. Esse resultado é a variação do tempo,  $\Delta t = t_f - t_i$ . Em outras palavras,  $\Delta t$  é o tempo que o carrinho leva para percorrer do ponto  $s_i$  a  $s_f$  na pista.

Utilizamos a expressão da velocidade média para cálculo do momento linear, como mostra a equação abaixo:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (3.1)$$

onde  $v_m$  é a velocidade média do carrinho.

Agora substituindo  $v_m$  em 2.1, temos,

$$p = mv_m \quad (3.2)$$

Após as conexões, o Arduino foi ligado ao computador via cabo USB, o que permitiu tanto a alimentação da placa quanto a comunicação serial com o *softwares*. O código foi desenvolvido na IDE Arduino utilizando linguagem C/C++, e tem como finalidade registrar automaticamente os tempos de passagem do carrinho nos dois sensores e calcular sua velocidade média.

O funcionamento do algoritmo pode ser compreendido a partir de três etapas principais, que apresenta os resultados exibidos no *Monitor Serial* da IDE Arduino:

- Detecção da passagem e medição das velocidades locais:** o programa monitora continuamente o estado lógico dos pinos digitais conectados aos sensores (`S1` e `S2`). Quando o carrinho passa diante do sensor 1, ele interrompe o feixe infravermelho, produzindo uma mudança de nível lógico que permite ao sistema registrar o instante da passagem. Em seguida, a função `medirVelocidadeLocal(S1)` mede o tempo durante o qual o feixe permanece bloqueado, isto é, o intervalo de tempo em que o corpo do carrinho está cobrindo completamente o sensor.

Para converter esse tempo em velocidade, utiliza-se a expressão

$$v_{\text{local}} = \frac{L}{\Delta t}, \quad (3.3)$$

em que  $L$  não corresponde ao tamanho da pista, mas sim ao comprimento da porção frontal do carrinho que efetivamente interrompe o feixe (medida previamente). O mesmo procedimento é realizado no sensor 2, obtendo-se as velocidades locais  $v_{\text{local\_1}}$  e  $v_{\text{local\_2}}$ .

- Cálculo do tempo de percurso entre os sensores:** além das velocidades locais, o algoritmo registra os instantes  $t_1$  e  $t_2$  correspondentes às passagens pelo sensor 1 e sensor 2, respectivamente, utilizando a função `micros()`. O tempo total de percurso entre os sensores é então calculado por

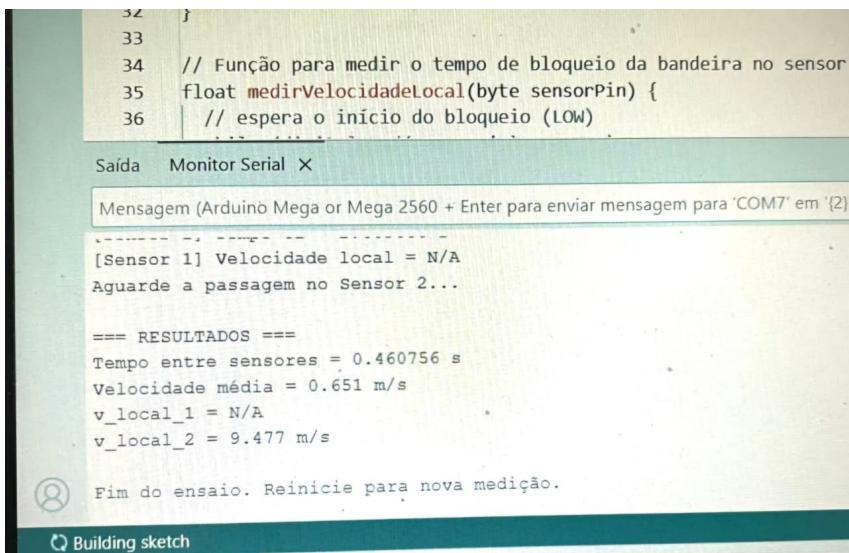
$$\Delta t_{12} = t_2 - t_1, \quad (3.4)$$

convertido de microssegundos para segundos.

- Cálculo da velocidade média e apresentação dos resultados:** conhecendo a distância fixa entre os sensores (`DIST_SENSORES = 0.30 m`), o programa determina a velocidade média do carrinho entre os dois pontos pela expressão

$$v_{\text{média}} = \frac{d}{\Delta t_{12}}, \quad (3.5)$$

Em seguida, o Arduino exibe no *Monitor Serial* o tempo entre sensores, a velocidade média e as velocidades locais medidas em cada sensor como mostra a Figura 3.7 , permitindo a análise imediata dos dados pelo(a) experimentador(a).



The screenshot shows the Arduino Serial Monitor window. At the top, there is a code snippet in C-like syntax:

```

32 }
33
34 // Função para medir o tempo de bloqueio da bandeira no sensor
35 float medirVelocidadeLocal(byte sensorPin) {
36     // espera o início do bloqueio (LOW)

```

Below the code, the monitor window has tabs "Saída" and "Monitor Serial X". The "Saída" tab is active, displaying the following text:

```

Mensagem (Arduino Mega or Mega 2560 + Enter para enviar mensagem para 'COM7' em '{2}')
----- [Sensor 1] Velocidade local = N/A
Aguarde a passagem no Sensor 2...
==== RESULTADOS ====
Tempo entre sensores = 0.460756 s
Velocidade média = 0.651 m/s
v_local_1 = N/A
v_local_2 = 9.477 m/s
Fim do ensaio. Reinicie para nova medição.

```

The "Monitor Serial X" tab is shown but contains no visible text.

Figura 3.7: Exemplo da saída exibida no *Monitor Serial* durante a execução do experimento.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Nesta etapa, os estudantes estarão imersos no método experimental, participando ativamente da coleta de dados e da sua análise preliminar. O processo envolve a repetição de ensaios para garantir a confiabilidade estatística, com os discentes calculando médias e desvios-padrão para as velocidades obtidas. A partir desses dados, foram capazes de calcular grandezas fundamentais como o momento linear e a energia cinética do sistema, confrontando diretamente os resultados medidos com os princípios de conservação estudados teoricamente. Esta abordagem permite não apenas a verificação da precisão experimental, mas também uma avaliação tangível do entendimento conceitual dos estudantes.

Em síntese, o programa desenvolvido automatiza todo o processo de medição do experimento, identificando os instantes de passagem do carrinho pelos sensores e calculando, a partir dessas informações, as velocidades local e média no percurso e registra os tempos em escala de microssegundos e processar os dados de forma padronizada. Dessa forma, o Arduino calcula as velocidades locais e média entre os sensores e reduz significativamente a influência de erros humanos na medida dos dados experimentais.

### 3.2.2 Ambiente Computacional

Como extensão da etapa experimental com Arduino, foi desenvolvida uma simulação computacional interativa voltada ao estudo das colisões unidimensionais, integrando o cálculo físico e a visualização gráfica. A proposta busca aproximar o raciocínio científico dos estudantes, permitindo-lhes testar hipóteses, manipular variáveis

e observar as consequências físicas de cada cenário. Além disso, essa atividade dialoga diretamente com as competências da BNCC Computação relacionadas à Cultura Digital, ao promover o pensamento computacional, o uso crítico de ferramentas digitais e a compreensão de modelos algoritmizados para resolver problemas reais. Assim, a simulação não apenas reforça os conceitos de momento linear, mas também contribui para o desenvolvimento de habilidades previstas nas competências gerais e específicas da área de Tecnologia e Computação.

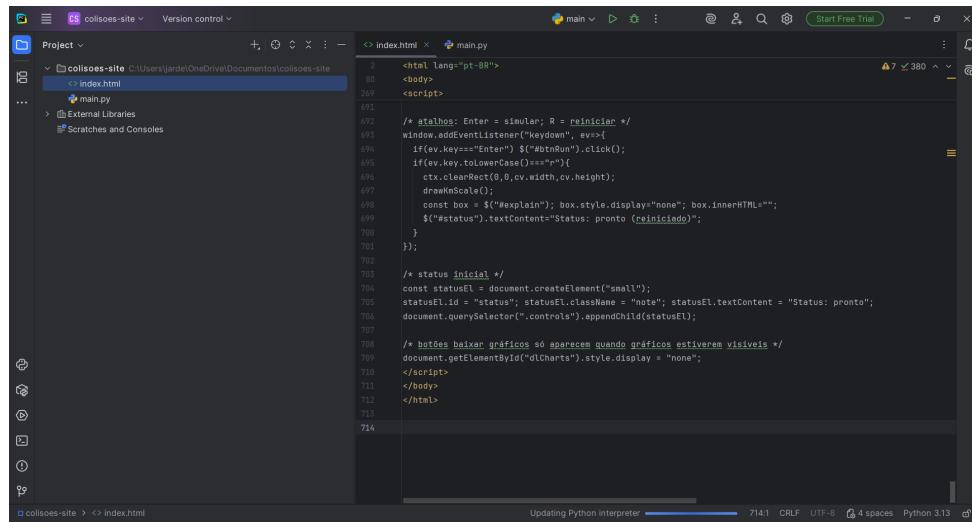


Figura 3.8: Ambiente de desenvolvimento em *Python* (PyCharm) utilizado para programar e validar o modelo físico das colisões.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

O ambiente computacional baseou-se na linguagem *Python*, utilizando as bibliotecas *NumPy*, *Matplotlib* e *Pygame* para criar simulações interativas de colisões unidimensionais. O simulador permitiu visualizar massas, velocidades e tipos de colisão (elástica ou inelástica), possibilitando a comparação entre os resultados teóricos e experimentais. Na Figura 3.9, por exemplo, observa-se a interface inicial do simulador de colisões desenvolvido para este trabalho.



Figura 3.9: Tela inicial do simulador de colisões desenvolvido para o projeto.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

O simulador de colisões desenvolvido para este trabalho foi construído precisamente nesse formato, combinando HTML, CSS e JavaScript para produzir uma interface intuitiva e responsiva. Como ilustrado na Figura 3.10, O ambiente de simulação permite ajustar as massas dos corpos, as velocidades iniciais, o coeficiente de restituição, classificar o tipo de colisão (elástica, parcialmente inelástica ou perfeitamente inelástica) e registrar automaticamente os resultados obtidos. Esses elementos são explorados ao longo da Sequência Didática, de modo que os estudantes possam visualizar, manipular e discutir, de forma integrada, os conceitos de momento linear, conservação e tipos de colisão. A interação ocorre em tempo real, o que possibilita comparar diferentes situações de colisão e observar o comportamento dos objetos imediatamente após cada impacto.

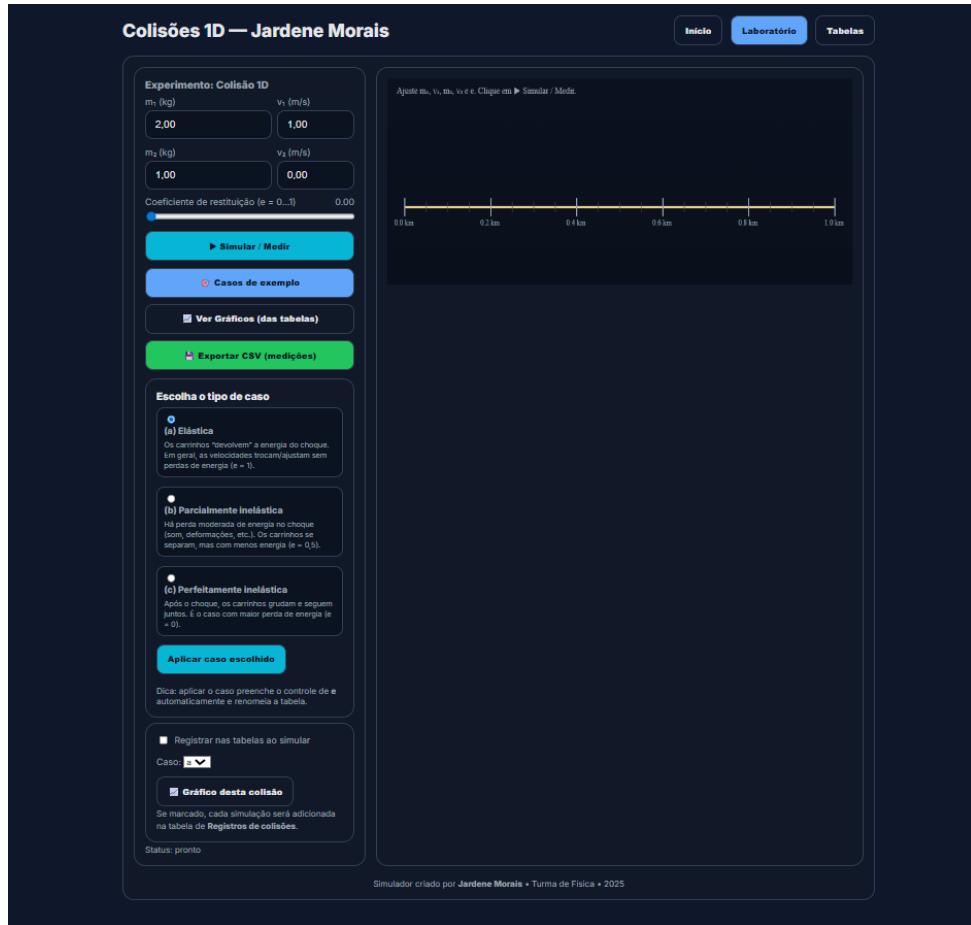


Figura 3.10: Interface do laboratório do simulador de colisões, permitindo ajuste de parâmetros e análise gráfica.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Após a validação do modelo físico em *Python*, o projeto foi reorganizado no ambiente *PyCharm* para a construção do simulador em versão web. Inicialmente, criou-se uma estrutura de pastas específica para o projeto (*colisoes-site*), contendo dois arquivos principais: `main.py`, que guarda o código original em *Python*, e `index.html`, destinado à implementação da interface web como mostra a Figura 3.11

No primeiro momento, as funções escritas em *Python* para calcular as velocidades finais após a colisão, a partir das leis de conservação do momento linear e do coeficiente de restituição, foram analisadas e reescritas em *JavaScript*. Esse procedimento foi feito de forma cuidadosa, linha a linha, garantindo que as expressões matemáticas mantivessem o mesmo comportamento numérico da versão original em *Python*. Em seguida, foram adicionadas ao arquivo `index.html` as estruturas em *HTML* (botões, campos de entrada, área de animação) e as regras de estilo em *CSS*, responsáveis pela organização visual do simulador.

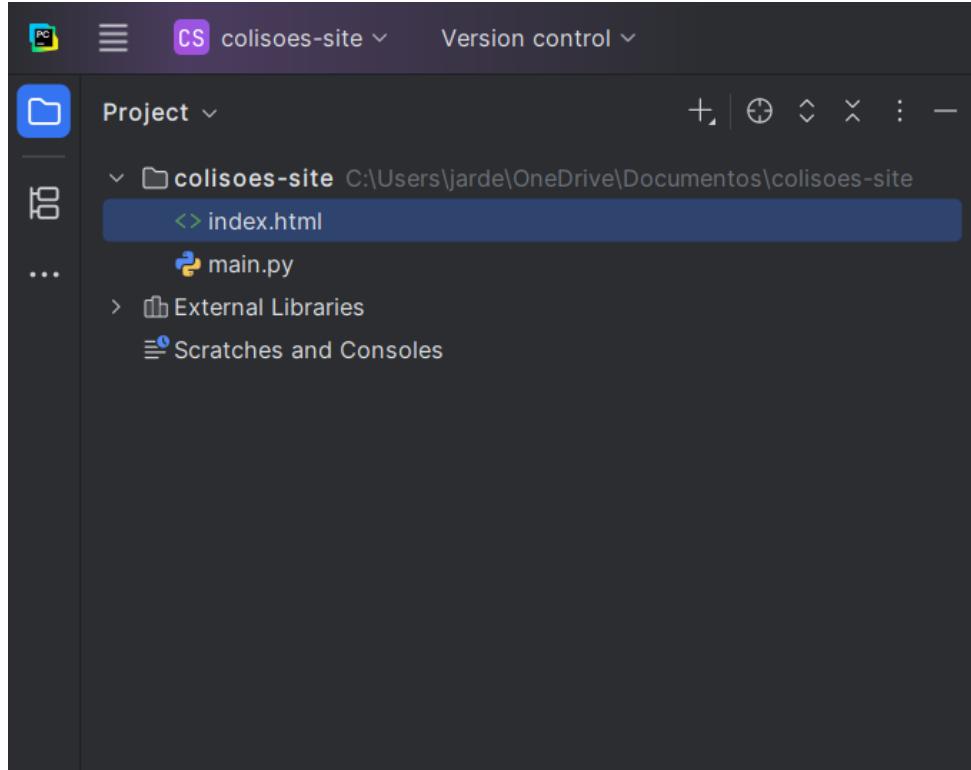


Figura 3.11: Ambiente *PyCharm* exibindo a pasta do projeto.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Depois dessa etapa de transposição do código e construção da interface, o próprio *PyCharm* foi utilizado para testar o simulador diretamente no navegador. Para isso, o arquivo `index.html` é selecionado na árvore de arquivos do projeto e, em seguida, açãoada a opção *Open In → Browser*, permitindo visualizar, a cada salvamento, a versão atualizada do simulador e verificar se as alterações no código produzem os resultados esperados. A Figura 3.12 ilustra esse momento do desenvolvimento.

A descrição técnica do simulador envolve um conjunto de operações integradas entre a etapa em *Python* e a versão web. Primeiramente, o sistema realiza a leitura dos parâmetros definidos pelo usuário, como massas, velocidades iniciais e coeficiente de restituição ( $e$ ).

Em seguida, o algoritmo calcula automaticamente as velocidades finais após a colisão com base nas equações teóricas de conservação do momento linear e na definição de  $e$ . Esses valores são então utilizados para atualizar a animação dos blocos, que representa visualmente o movimento antes e depois do impacto. Paralelamente, os resultados numéricos são exibidos em um painel lateral, onde o usuário pode consultar valores de momento e energia, além de visualizar gráficos gerados em tempo real. O simulador também dispõe de ferramentas de registro e exportação de dados, permitindo

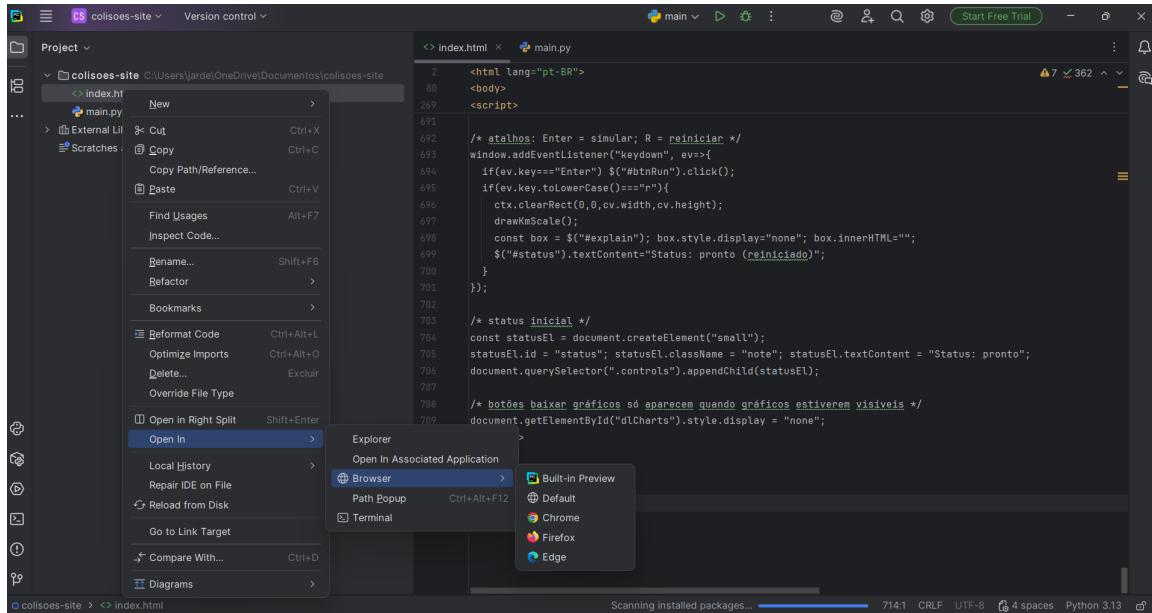


Figura 3.12: Ambiente *PyCharm* exibindo a estrutura do projeto `colisoes-site`, com o arquivo `index.html` selecionado e a opção *Open In* → *Browser*, utilizada para executar e testar o simulador de colisões diretamente no navegador.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

que as medições sejam armazenadas em tabelas e exportadas para planilhas, facilitando análises quantitativas posteriores.

A simulação desenvolvida integra parâmetros ajustáveis de massa, velocidade e coeficiente de restituição, permitindo que o usuário configure as condições iniciais do sistema diretamente pela interface gráfica. Esses valores determinam o estado inicial dos corpos e influenciam todo o comportamento subsequente da colisão.

O simulador identifica automaticamente o momento em que os corpos se encontram, ou seja, quando a distância entre eles se reduz ao ponto de contato. No instante da colisão, as novas velocidades são calculadas com base nas equações da conservação do momento linear e no coeficiente de restituição escolhido. Em seguida, as velocidades iniciais são substituídas pelos valores finais, o que reorganiza a dinâmica do movimento de cada corpo após o impacto.

Ao longo da execução, as posições dos objetos são atualizadas continuamente, considerando suas respectivas velocidades e o intervalo de tempo entre os quadros. Cada atualização é acompanhada pela renderização gráfica do cenário, garantindo um movimento fluido e visualmente coerente. A animação é mantida em execução constante, criando a sensação de continuidade temporal e realismo físico.

Por fim, a simulação exibe automaticamente na interface os valores das velocidades finais obtidas após a colisão, possibilitando que o estudante observe, compare e analise o



Figura 3.13: Painel de parâmetros do simulador web, no qual o usuário define massas, velocidades e o coeficiente de restituição para iniciar a simulação da colisão unidimensional.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

comportamento do sistema. Essa funcionalidade torna o recurso uma ferramenta eficaz para visualizar, testar e validar conceitos teóricos relacionados ao momento linear e às colisões, fortalecendo a compreensão dos fenômenos investigados.

Dessa forma, o código integra simulação visual, processamento numérico e retorno imediato de resultados, favorecendo uma aprendizagem exploratória e investigativa.

A versão web apresenta uma animação interativa de dois blocos colidindo em uma dimensão (1D), com controles que permitem ao usuário ajustar massas, velocidades iniciais e o coeficiente de restituição ( $e$ ), possibilitando a exploração visual e numérica de diferentes cenários de colisão.

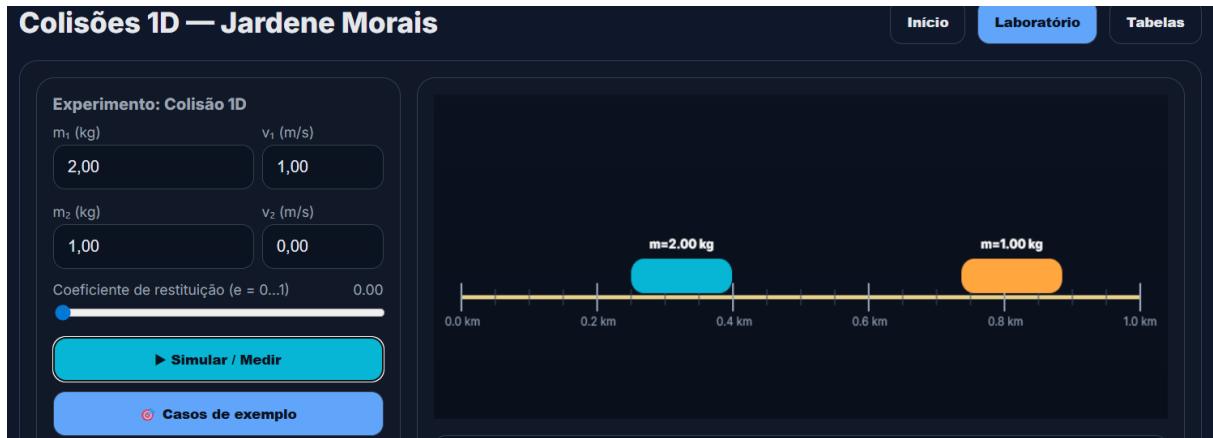


Figura 3.14: Versão web interativa da simulação, mostrando a animação dos blocos e os parâmetros ajustáveis utilizados para analisar diferentes tipos de colisão.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

O modelo considera duas massas  $m_1$  e  $m_2$  com velocidades iniciais  $u_1$  e  $u_2$ . O coeficiente de restituição  $e$ , que varia entre 0 e 1, determina o tipo de colisão:

$$e = \frac{v_2 - v_1}{u_1 - u_2}, \quad (3.6)$$

onde:

- $e = 1$ : colisão elástica — há conservação total de energia cinética;
- $0 < e < 1$ : colisão parcialmente inelástica — há perda parcial de energia cinética;
- $e = 0$ : colisão perfeitamente inelástica — os corpos se unem após o impacto.

Combinando a conservação do momento linear  $m_1u_1 + m_2u_2 = m_1v_1 + m_2v_2$  e a definição de  $e$ , o simulador calcula automaticamente as velocidades finais:

$$v_1 = \frac{m_1u_1 + m_2u_2 - m_2e(u_1 - u_2)}{m_1 + m_2}, \quad v_2 = \frac{m_1u_1 + m_2u_2 + m_1e(u_1 - u_2)}{m_1 + m_2}. \quad (3.7)$$

Essas expressões são aplicadas a cada interação, e os resultados são atualizados em tempo real na tela, permitindo que o estudante visualize a animação da colisão e os valores correspondentes de momentos e energias.

O ambiente web utiliza o método de renderização em tempo real, com atualização quadro a quadro da posição dos objetos. A lógica é semelhante à de jogos educacionais simples, permitindo fluidez e interatividade, além de incluir gráficos com o comportamento das velocidades e energias ao longo do tempo.

### 3.2.3 Ambiente Gamificado – *Kahoot!*

O *Kahoot!* é uma ferramenta de uso simplificado e permite que educadores elaborem *quizzes* gamificados sem demandar expertise em programação ou design de games. Um professor, previamente registrado com o perfil de educador, pode efetuar seu *login* para acessar um painel de controle central. A função “*Create*” é fundamental para dar início ao desenvolvimento de novos jogos, ao passo que a aba “*Kahoots*” serve como repositório para os já existentes, e a opção “*Reports*” disponibiliza análises de desempenho.

A criação de uma atividade inicia-se pela configuração geral em “*Settings*”, etapa na qual se atribui um título e uma breve descrição ao *quiz*, além de uma imagem de capa representativa. Depois disso, avança-se para a fase de formulação das perguntas. O professor insere o enunciado, contando com recursos de edição para aplicar formatações como negrito, itálico e a inclusão de caracteres especiais, visando à melhor compreensão. A pergunta pode ser complementada com recursos midiáticos, mediante o *upload* de figuras ou a vinculação de vídeos hospedados no *YouTube*. A interface oferece, ainda, a possibilidade de personalizar o tempo concedido para resposta, com variação entre 5 e 240 segundos, e de estabelecer a pontuação máxima para cada item, em uma escala de 0 a 2000 pontos. Logo abaixo, são dispostos quatro campos para o preenchimento das alternativas de resposta, que suportam texto ou imagens, cabendo ao criador indicar a opção correta.

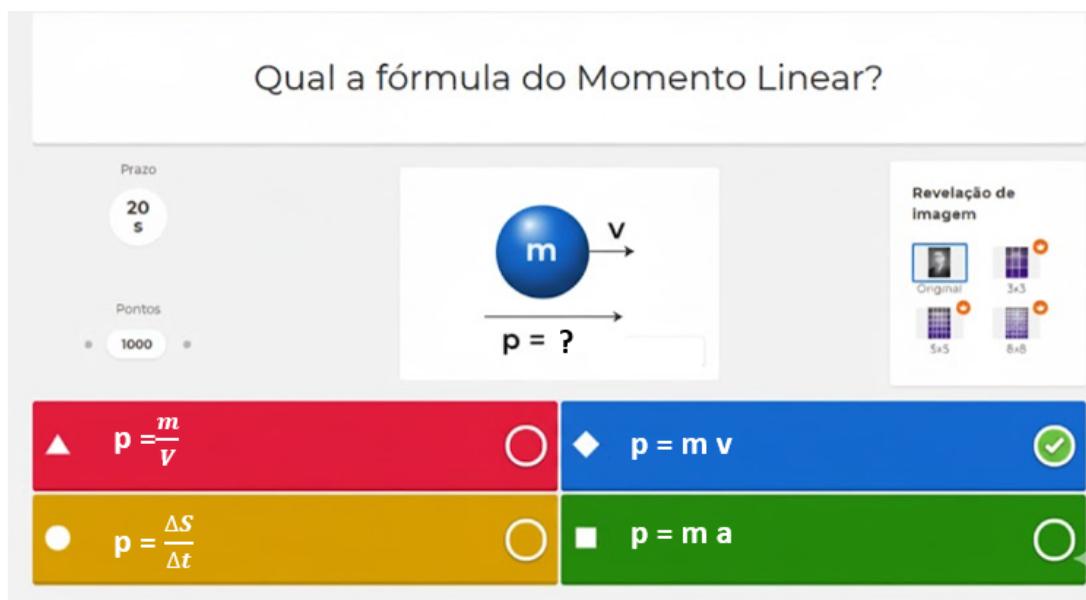


Figura 3.15: Exemplo de criação *quiz* usando a ferramenta *Kahoot!*. Esse exemplo ilustra o momento que o professor cria uma pergunta de múltipla escolha com quatro opções de resposta, sendo somente uma delas a correta.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Finalizada uma questão, o usuário pode visualizá-la em modo de prévia antes de prosseguir. Novos itens são incorporados através do botão “*Add Question*”, sendo possível criar perguntas de múltipla escolha ou do tipo verdadeiro/falso. A sequência do *quiz* pode ser facilmente reordenada pelo simples ato de arrastar e soltar os itens, e a exclusão de uma pergunta é realizada de maneira intuitiva. Uma vez concluído o conjunto de questões, o jogo é salvo e encontra-se imediatamente disponível para ser implementado em contexto pedagógico, tornando-se um instrumento lúdico e personalizado para fomentar a participação e aferir a aprendizagem.

As questões foram elaboradas com o intuito de avaliar a compreensão conceitual dos estudantes e identificar equívocos persistentes, sem caráter competitivo punitivo, mas como estratégia de reforço e fixação dos conteúdos. O processo de elaboração do *quizz* teve início na própria plataforma *Kahoot!*, conforme ilustrado na Figura 3.16. A partir do painel inicial, onde ficam organizadas as atividades criadas pelo usuário, foi possível acessar o modo de edição do jogo “Revisão – Momento Linear”. Esse ambiente permite criar perguntas, inserir imagens, ajustar configurações de tempo e definir o formato das respostas, oferecendo uma interface intuitiva e visualmente acessível

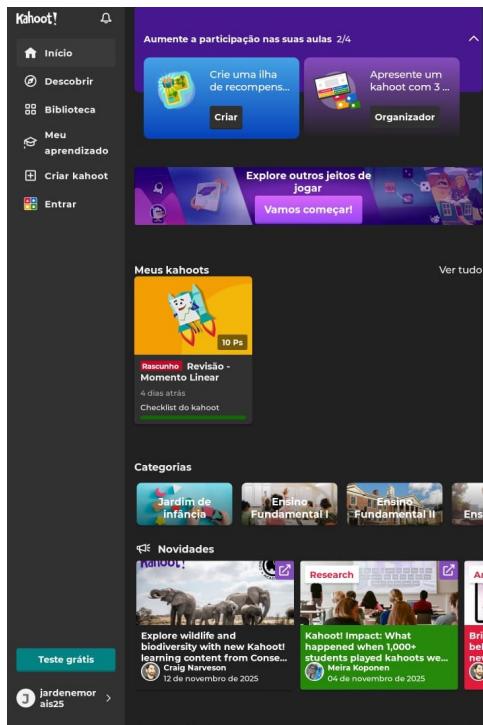


Figura 3.16: Interface inicial da plataforma *Kahoot!*, onde é possível visualizar os *quizzes* criados, organizar atividades e acessar ferramentas de gamificação utilizadas na revisão dos conteúdos.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

O *quiz* foi elaborado no formato de Verdadeiro/Falso e Múltipla Escolha, com foco nos conceitos centrais da Sequência Didática, é utilizado nesta aula como uma ferramenta de reforço e fixação do conteúdo. Para aplicação do *quiz*, o professor deve acessar a plataforma *Kahoot!* e, na tela inicial, seleciona o jogo previamente elaborado “Revisão – Momento Linear”, conforme ilustrado na Figura 3.17. Ao abrir o *Kahoot!*, é exibido o painel com as dez questões, onde o professor pode modificar, adicionar ou remover questões e também aparecem as opções de uso em sala de aula; nesse caso, o professor escolhe a opção “Organizar ao vivo”, indicada para aplicação síncrona com toda a turma.

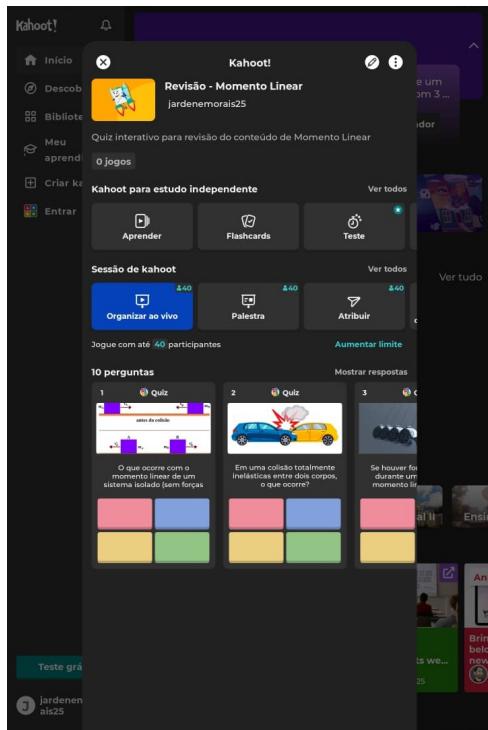


Figura 3.17: Tela inicial do *Kahoot!*, exibindo o *quiz* “Revisão – Momento Linear” na seção “Meus kahoots”.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Em seguida, na tela seguinte (Figura 3.18), é selecionado o “Modo clássico”, no qual cada estudante participa individualmente em seu próprio dispositivo, preservando o caráter competitivo e avaliativo da atividade. Como alternativa, o professor pode optar por organizar a turma em pequenos grupos, permitindo que cada equipe discuta coletivamente as respostas antes de registrá-las na plataforma. Essa segunda opção favorece a aprendizagem colaborativa e o diálogo entre os estudantes, sendo especialmente útil em contextos em que se deseja promover a troca de ideias, a argumentação e a resolução conjunta de problemas.

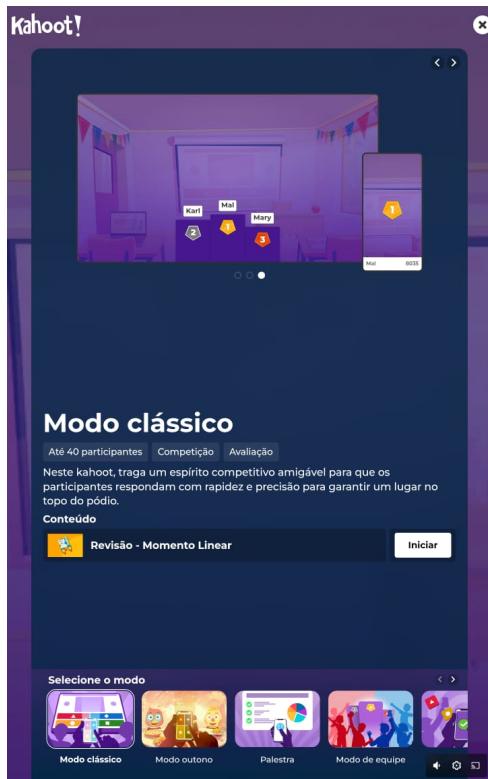


Figura 3.18: Tela de seleção do “Modo clássico” no *Kahoot!*, utilizada para iniciar a sessão do *quiz* em que cada estudante participa individualmente por meio de seu próprio dispositivo.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Após a confirmação do modo de jogo, o sistema gera automaticamente um PIN numérico e um código QR para acesso à sala (Figura 3.19). Nesse momento, o professor pode projetar a tela no quadro ou data show e orienta os estudantes a acessarem o site [kahoot.it](http://kahoot.it) ou o aplicativo do *Kahoot!*, inserindo o PIN exibido ou, alternativamente, realizando a leitura do QR Code por meio da câmera do celular. Conforme os alunos vão ingressando na sala virtual e selecionam seus apelidos, seus nomes aparecem imediatamente na tela principal, permitindo ao professor acompanhar quem já está conectado. Quando todos estiverem devidamente acessados, o professor clica no botão “Iniciar” e o *quiz* é executado, com as questões sendo apresentadas em sequência e as respostas dos estudantes registradas em tempo real pela plataforma.



Figura 3.19: Tela exibida pelo *Kahoot!* contendo o PIN do jogo e o QR *Code* para ingresso na sala virtual, projetada para que os estudantes accessem rapidamente a atividade avaliativa.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Outro diferencial relevante da ferramenta é sua acessibilidade. Diferentemente de *softwares* que exigem instalação, atualizações ou computadores com maior capacidade de processamento, o *Kahoot!* pode ser acessado diretamente pelo navegador de qualquer dispositivo conectado à internet, como *smartphones*, *tablets* ou computadores.

Neste trabalho, o *Kahoot!* foi utilizado como recurso de gamificação por meio de *quizzes* interativos baseados nos conteúdos da Sequência Didática. Os estudantes irão responder às questões em sala de aula ou em casa, utilizando dispositivos móveis, com resultados exibidos em tempo real e *feedback* imediato.

### 3.3 Estrutura da Sequência Didática

Esta Sequência Didática está estruturada para guiar os alunos pelos tópicos de movimento, velocidade, força, massa e momento linear. Cada etapa foi planejada para transmitir conteúdo, promover a superação de dificuldades específicas identificadas ao longo do processo e para compreensão do princípio de conservação do momento linear. A Sequência Didática é composta por seis aulas aplicadas durante o processo investigativo, conforme descrição a seguir.

**Aula 1 – Diagnóstico Inicial:** A atividade, com duração de aproximadamente 50 minutos, consiste na aplicação de um questionário (ver o Apêndice A) com questões discursivas e objetivas, buscando identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre movimento, velocidade, massa, força e momento linear. Espera-se observar que os estudantes apresentem concepções diversas, algumas próximas do senso comum. Contudo,

essas respostas servirão de base para o planejamento das etapas seguintes.

**Aula 2 – Movimento, Velocidade, Massa e Força:** A aula, com duração de 50 minutos, será conduzida por meio de uma apresentação e discussão dialogada sobre os conceitos de movimento e velocidade, seguida da introdução dos conceitos de massa e força, exemplificados com objetos de diferentes massas. Busca-se garantir a participação ativa dos estudantes nas discussões. Durante a atividade, é importante observar se alguns deles apresentam dificuldade inicial em diferenciar movimento relativo e absoluto.

**Aula 3 – Momento Linear:** Nesta etapa, será explorado o conceito de momento linear (eq. 2.1) e do princípio da conservação do momento linear, por meio de metodologia expositiva-dialogada e resolução de exercícios práticos. Aula terá duração de 50 minutos. Espera-se que os estudantes compreendam o cálculo do momento linear, atentando para possíveis dificuldades dos alunos em entender a conservação em sistemas isolados.

**Aula 4 – Colisões e Conservação do Momento Linear:** Esta etapa será desenvolvida de forma distinta para cada grupo. A turma experimental participará do estudo prático dos tipos de colisões (elásticas e inelásticas), por meio da realização de um experimento com Arduino para coleta de dados, aliado ao uso de simulações computacionais que permitirão a visualização e análise dos fenômenos observados. Ao final da atividade, será aplicado um *quiz* de fixação no *Kahoot!*. Enquanto isso, a turma controle realizará atividades exclusivamente teóricas sobre o mesmo conteúdo, sem acesso aos recursos experimentais e digitais. A expectativa é que a turma experimental apresente maior engajamento e uma integração mais efetiva entre teoria e prática, em comparação à turma controle.

**Aula 5 – Avaliação Final:** A atividade, com duração de aproximadamente 50 minutos, consistirá na aplicação de um questionário avaliativo contemplando conteúdos teóricos e situações aplicadas relacionadas ao tema estudado. Além disso, será aplicado um questionário de percepção dos estudantes sobre o uso das Metodologias Ativas ao longo da sequência didática, visando identificar impressões, aprendizagens e possíveis dificuldades.

**Aula 6 – Devolutiva e Discussão dos Resultados:** Nesta fase final, serão apresentados os resultados e promovida uma discussão coletiva sobre as aprendizagens, dificuldades e percepções dos estudantes. Espera-se que essa etapa proporcione reflexões sobre o papel das atividades práticas e computacionais no processo de aprendizagem.

---

# CAPÍTULO 4

---

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta e discute os resultados obtidos durante o desenvolvimento da proposta didática, contemplando os testes realizados com o experimento em Arduino, a simulação computacional elaborada em *Python* e a atividade gamificada construída no *Kahoot!*. A proposta foi estruturada de modo a articular teoria e prática, fundamentando-se nos princípios da Aprendizagem Significativa Crítica (Moreira, 2018) e nas Metodologias Ativas de ensino, com o intuito de tornar o estudo do momento linear acessível, contextualizado para os estudantes.

Para isso, o capítulo está dividido em seções que abordam desde a avaliação diagnóstica inicial, aplicada para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, passando pelas etapas práticas que envolvem o experimento com Arduino, as simulações computacionais, a avaliação formativa com o uso de gamificação, até chegar na avaliação final. Cada uma dessas etapas foi analisada de modo a evidenciar como os recursos tecnológicos, aliados às Metodologias Ativas, podem contribuir para o desenvolvimento conceitual dos estudantes e para a construção de um aprendizado mais significativo.

Os resultados foram organizados de forma qualitativa e quantitativa, considerando tanto a análise dos dados experimentais obtidos nas medições, quanto as observações pedagógicas realizadas ao longo do processo. Além disso, discute-se a relevância do uso de tecnologias como o Arduino e o *Python* no ensino de Física, destacando-se as possibilidades de inovação e engajamento que essas ferramentas oferecem no contexto escolar.

A proposta didática foi organizada sob a forma de uma sequência de seis aulas, estruturadas para promover a construção gradual dos conceitos de movimento, força, massa e momento linear. O planejamento segue as orientações de Zabala (1998) sobre a importância da Sequência Didática como instrumento para articular objetivos, conteúdos e atividades, e fundamenta-se também nos princípios de Ausubel (2003) e Moreira (2018),

que defendem o papel dos conhecimentos prévios e da mediação ativa do professor no processo de Aprendizagem Significativa.

O plano foi elaborado de forma a contemplar tanto o grupo controle, que terá contato apenas com aulas expositivas e atividades teóricas, quanto o grupo experimental, que fará uso de simulações computacionais e experimentos com Arduino. Essa estrutura busca, em aplicação futura, comparar os impactos de diferentes abordagens didáticas sobre o processo de aprendizagem dos estudantes.

## 4.1 Aula 1 – Diagnóstico Inicial:

A primeira etapa da proposta consiste na aplicação de uma avaliação diagnóstica com o objetivo de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos conceitos fundamentais relacionados ao movimento, força, massa, velocidade e momento linear, bem como compreender suas percepções sobre o uso da tecnologia no processo de aprendizagem da Física. A avaliação diagnóstica foi estruturada em duas partes complementares: a Parte 1 e 2 (ver o Apêndice A).

A Parte 1, de caráter discursivo, contém oito perguntas abertas que buscam explorar o entendimento conceitual inicial dos estudantes. As questões abordam temas como o significado de velocidade, massa e força, a interpretação de situações de colisão e o entendimento intuitivo de movimento. Uma das perguntas também introduz o termo momento linear, com o propósito de investigar se o conceito já é familiar aos estudantes ou se representa um novo campo de estudo a ser explorado. A elaboração dessa parte baseia-se em Moreira (2018) e Ausubel (2003), que ressaltam a importância de considerar os conceitos prévios dos estudantes para a promoção de aprendizagens potencialmente significativas.

As perguntas discursivas foram planejadas para identificar concepções alternativas e interpretações espontâneas que os estudantes possam apresentar sobre fenômenos físicos cotidianos, como associar velocidade apenas à “rapidez”, compreender força apenas como “empurrar” ou “puxar”, ou entender movimento de forma descritiva, sem considerar referencial e tempo. Essas concepções, embora informais, são fundamentais como ponto de partida para o replanejamento das aulas e para a construção de novos significados durante a Sequência Didática.

A Parte 2, composta por cinco questões objetivas, tem o propósito de complementar a análise, verificando o nível de familiaridade dos estudantes com definições físicas formais. Os itens tratam de conceitos como o momento linear e sua conservação em sistemas isolados, bem como da relação entre força, massa e movimento. Essa estrutura objetiva, segundo Zabala (1998), proporcionar uma visão quantitativa inicial que permita, em aplicação futura, comparar resultados com avaliações finais, possibilitando a verificação

de mudanças conceituais após o desenvolvimento da proposta.

Além das questões conceituais, a avaliação inclui um questionário sobre o uso e o acesso a tecnologias digitais. As perguntas foram redigidas em linguagem acessível, considerando o perfil dos estudantes do Ensino Médio, e abordam aspectos como o contato prévio com *softwares* ou aplicativos voltados ao ensino de Física, o acesso a dispositivos eletrônicos, como *smartphones*, computadores ou *tablets*, a disponibilidade de acesso à *internet* e sua frequência, bem como o interesse dos estudantes em participar de aulas mediadas por aplicativos ou plataformas digitais.

As questões abertas sobre esse tema têm o objetivo de captar a percepção dos estudantes quanto às potencialidades do uso de tecnologias no processo de aprendizagem, oferecendo subsídios para o planejamento de aulas que dialoguem com sua realidade digital e sociocultural. De acordo com estudos de Bacich e Moran (2018) e Pavan (2016), compreender o perfil tecnológico dos estudantes é essencial para o uso efetivo das metodologias ativas mediadas por Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), pois possibilita ao professor selecionar estratégias mais adequadas e acessíveis ao contexto escolar.

## 4.2 Aula 2 – Movimento, Velocidade, Massa e Força:

Após a aplicação da avaliação diagnóstica e da análise inicial das concepções dos estudantes, a Sequência Didática tem continuidade com a Aula 2, intitulada “Movimento e Velocidade”. Essa etapa tem como objetivo compreender esses conceitos a partir da observação de fenômenos do cotidiano. Para isso, realiza-se uma aula expositiva dialogada com definições e exemplos práticos, seguida de uma discussão coletiva baseada em situações reais e da resolução de problemas simples envolvendo movimento uniforme e variação de velocidade. Os conteúdos trabalhados incluem movimento, velocidade média e velocidade instantânea, estabelecendo a base conceitual para os temas que serão explorados nas aulas seguintes.

A Aula 2 aprofunda a análise do movimento ao introduzir os conceitos de “Massa e Força”. Essa transição ocorre de forma natural, uma vez que, após compreender como os corpos se movem, os estudantes passam a investigar o que causa, impede ou modifica esse movimento. A aula ocorre de maneira dialogada, abordando as ideias de massa, força e a segunda lei de Newton, articulando teoria e exemplos cotidianos que envolvem empurrar, puxar ou resistir ao movimento. Em seguida, são propostos problemas conceituais sobre força resultante e aceleração, reforçando a compreensão dos principais agentes que influenciam a dinâmica dos corpos.

### **4.3 Aula 3 – Momento Linear, Colisões e Conservação:**

A Aula 3 corresponde ao momento em que os fundamentos teóricos do conteúdo são apresentados, servindo como base conceitual para a prática experimental da Aula 4. A condução é expositiva e dialogada, com uso do quadro, exemplos do cotidiano e contando com a participação dos estudantes.

O professor inicia retomando conceitos anteriores relacionados ao movimento e às forças, criando o vínculo necessário para introduzir o conceito de momento linear, definido por  $p = m \cdot v$ . No quadro, serão explicadas as variáveis presentes na expressão, seu significado físico e como o momento linear aparece em situações reais, como colisões de bolas de bilhar, carrinhos de brinquedo, interações esportivas e pequenas colisões no trânsito.

Em seguida, será apresentado o princípio da conservação do momento linear, destacando que:

$$p_{\text{inicial}} = p_{\text{final}}. \quad (4.1)$$

Essa conservação ocorre apenas em sistemas isolados, ou seja, quando não atuam forças externas resultantes significativas. Para facilitar a compreensão, será utilizada esquemas e representações gráficas simples no quadro, permitindo ao estudante visualizar como o momento total do sistema se mantém antes e depois da colisão.

A aula segue com exemplos resolvidos no quadro, envolvendo colisões com massas iguais, situações em que os corpos se movem em sentidos opostos, análises de como o momento é transferido entre os objetos durante a interação e comparações entre casos em que as massas envolvidas são diferentes. Esses exemplos são resolvidos de forma dialogada, estimulando os estudantes a prever resultados, justificar raciocínios e identificar padrões no comportamento físico dos sistemas analisados.

Também são discutidos exemplos esquemáticos de colisões, permitindo que os estudantes antecipem qualitativamente o movimento após o impacto: o que ocorre quando um corpo parado é atingido por outro? Como o momento se redistribui quando as massas são distintas? De que forma a velocidade inicial influencia o resultado? Esses questionamentos são contextualizados com situações do dia a dia, como o impulso transmitido ao empurrar um carrinho de compras, o movimento gerado quando duas bolas de sinuca colidem, a transferência de momento em um jogo de bilhar, o recuo percebido ao lançar uma bola pesada, ou ainda o impacto entre veículos em baixa velocidade. Esses exemplos ajudam os estudantes a relacionar o conceito de momento linear a fenômenos familiares, reforçando a compreensão intuitiva antes da formalização matemática.

## 4.4 Aula 4 – Aula Prática:

A Aula 4 representa o momento em que a proposta didática se bifurca metodologicamente. Nesta aula, somente a turma experimental participa. O que permite, ao final, fazer a comparação entre o grupo controle e o grupo experimental. Essa divisão é fundamental para avaliar o impacto das metodologias ativas, especialmente o uso de experimento, simulações e gamificação, em relação ao ensino tradicional.

Enquanto o grupo controle permanece com uma abordagem expositiva e resolução teórica, o grupo experimental vivencia situações práticas que favorecem a visualização dos fenômenos e a aplicação imediata dos conceitos. Essa distinção metodológica permite observar diferenças não apenas no desempenho, mas também no engajamento, motivação e participação dos estudantes, o que será analisado posteriormente nas avaliações e questionários.

A aula 4 está dividida em três momentos: a parte experimental (com duração de 20 min), a parte de simulação (com duração de 20 min) e a parte de gamificação (com duração de 10 min). Na Seção 4.4.1, está descrito como deve ser a prática experimental com o Arduíno. Esse momento deve ser dividido, sendo 5 min para instruções iniciais de como o experimento deve ser realizado e 15 min para os estudantes participarem ativamente da prática experimental. Em seguida, têm-se a prática com simulação. Nesta etapa são 5 min para instruções iniciais e 15 min para os alunos interagirem. Esta parte está descrita na Seção 4.4.2. Por fim, a Seção 4.4.3 descreve como a gamificação é trabalhada no final desta de aula. Sendo 5 min para instrução e 5 min para realização em sala. Lembrando que também é possível que o aluno utilize o *Kahoot!* para estudar mesmo após a aula.

### 4.4.1 Procedimentos Técnicos do Experimento com Arduino

O experimento com Arduino foi planejado para integrar procedimentos técnicos de montagem com uma dinâmica pedagógica capaz de favorecer a aprendizagem ativa dos estudantes. A atividade será realizada após uma instrução inicial dada pelo professor para toda a turma, momento em que serão apresentados os objetivos do experimento, o funcionamento dos sensores ópticos LM393 e a forma como o Arduino registra e calcula os tempos e velocidades. Concluída essa etapa expositiva, os estudantes serão divididos em trios, permitindo a colaboração, o diálogo e a divisão equilibrada de tarefas durante o processo experimental. Esta etapa será conduzida como um estudo dirigido (ver o Apêndice C), em que cada trio seguirá um passo a passo previamente elaborado, mas mantendo o estudante como protagonista do processo investigativo. Embora o aparato experimental já esteja montado para otimizar o tempo em sala, os estudantes serão responsáveis por compreender o esquema da montagem, manipular o carrinho, realizar as medições, registrar os dados e interpretar os resultados obtidos a partir dos testes. Dessa

forma, mesmo com a estrutura física previamente preparada, a autonomia, a análise e a tomada de decisões permanecem centradas na ação dos próprios estudantes.

Cada trio deverá realizar cinco medições diferentes utilizando uma única altura. A cada liberação do carrinho, o Arduino registrará automaticamente o tempo entre os sensores, a partir desse tempo é possível calcular sua velocidade média. Como o carrinho não varia sua massa, os grupos poderão observar que as diferenças nos valores de momento linear ( $p = mv$ ) dependerão exclusivamente das variações de velocidade. Após coletar os valores de tempo, calcular velocidade e momento, cada trio deverá comparar seus próprios resultados com o gráfico de referência fornecido pelo professor. Essa comparação permitirá identificar tendências, discrepâncias e possíveis fontes de erro, como desalinhamento da pista, atrito adicional, tempo de reação ao soltar o carrinho ou sensibilidade dos sensores. Esse processo de análise colabora para que os estudantes compreendam que a prática experimental envolve variabilidade natural nos dados, demonstrando que pequenas diferenças operacionais podem influenciar significativamente as medidas.

Ao final desta etapa, ao comparar os momentos lineares encontrados individualmente por cada trio com os dos demais, os estudantes perceberão que, quanto maior a altura inicial da rampa, maior será a velocidade atingida ao passar pelo primeiro sensor, resultando em maior momento linear, uma relação que tende a aparecer claramente quando os dados forem analisados e representados graficamente.

A interpretação dos resultados também contribuirá para consolidar o entendimento conceitual do momento linear. Ao calcular  $p = mv$ , os estudantes terão a oportunidade de perceber concretamente que o momento depende diretamente da velocidade e, portanto, de fatores como altura inicial e energia potencial convertida em movimento. Dessa forma, o conceito deixa de ser apresentado apenas por meio de fórmulas e passa a ser experimentado na prática, aproximando o estudante de situações reais em que o momento linear desempenha papel importante, como colisões, impactos esportivos e movimentos no cotidiano.

A fim de testar nosso aparato experimental testamos a execução do experimento seguindo esta ordem. Primeiro, realizamos a medida da massa do carrinho utilizado e obtivemos  $m = 0,018 \text{ kg}$ . Após isso, fizemos cinco realizações do experimento para cada uma das 3 alturas diferentes. Essas alturas para a rampa inclinada devem ser: a altura 1 é a mais baixa a qual o carrinho é solto na rampa inicialmente; a altura 2, deve ser levemente mais alta que a altura 1; por fim, altura 3, levemente mais alta que a altura 2. Com isso, coletamos os dados de  $\Delta t$  apresentados na coluna “tempo” nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3.

Nestas tabelas,  $\Delta t$  é dado em segundos,  $v$  em m/s e  $p$  em  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ . As unidades utilizadas em  $\Delta t$  é s, em  $v$  é m/s, em  $p$  é  $\text{kg} \cdot \text{m/s}$ . Os valores das médias do momento linear no experimento 1, 2 e 3 são 0.009630, 0.011380 e 0.016059, respectivamente.

Tabela 4.1: Dados do Experimento 1

nº de realizações	tempo ( $\Delta t$ )	velocidade ( $v$ )	momento ( $p$ )
1	0.460756	0.542587	0.009767
2	0.477176	0.523916	0.009430
3	0.469428	0.532563	0.009586
4	0.460596	0.542775	0.009770
5	0.468776	0.533304	0.009599

Fonte: Dados do autor.

Tabela 4.2: Dados do Experimento 2

nº de realizações	tempo ( $\Delta t$ )	velocidade ( $v$ )	momento ( $p$ )
1	0.392176	0.637469	0.011474
2	0.395384	0.632297	0.011381
3	0.392356	0.637176	0.011469
4	0.383132	0.652517	0.011745
5	0.415360	0.601888	0.010834

Fonte: Dados do autor.

Vale ressaltar que, durante a realização da prática experimental, os dados coletados pelos estudantes são somente as cinco medições de  $\Delta t$  apresentadas na coluna “tempo” nas Tabelas 4.1, 4.2 e 4.3. E, após coletado esses dados pelos estudantes, o professor que deve fornecer esses dados como parâmetro de entrada para um programa escrito em *Python* e pré-pronto. Este programa executa os cálculos descritos na seção 3.2.1, ou seja, a partir da variação do tempo,  $\Delta t$ , o programa calcula a velocidade,  $v$ , e o momento linear,  $p$ , do carrinho. Esse programa é também responsável por gerar automaticamente as três tabelas e além da Figura 4.1 a partir dos dados de  $p$ .

Na Figura 4.1 é possível observar uma correlação entre o momento linear e os experimentos com alturas diferentes. O professor então instiga a discussão a respeito desse resultado, indagando aos estudantes perguntas como: o que calculamos a partir do experimento? Como calculamos os valores do momento linear? Como calculamos as médias dos momento linear em cada experimento? Finalmente, por que as médias parecem aumentar com o aumento da altura da rampa inclinada a qual soltamos o carrinho? Espera-se que a partir destes questionamentos os estudantes consigam compreender as variáveis envolvidas no cálculo do momento linear e ainda, a relação de proporcionalidade entre velocidade e momento linear (uma vez que o carrinho que desce a rampa mais elevada tende a iniciar o movimento na pista com maior velocidade, consequentemente com ele terá maior momento linear). O estudante vivencia na prática o conceito de momento linear e observa a relação entre todas suas variáveis.

Ademais, a integração entre teoria, experimento e análise gráfica permitirá

Tabela 4.3: Dados do Experimento 3

n° de realizações	tempo ( $\Delta t$ )	velocidade ( $v$ )	momento ( $p$ )
1	0.273196	0.915094	0.016472
2	0.280296	0.891914	0.016054
3	0.285040	0.877070	0.015787
4	0.264156	0.946410	0.017035
5	0.301020	0.830510	0.014949

Fonte: Dados do autor.

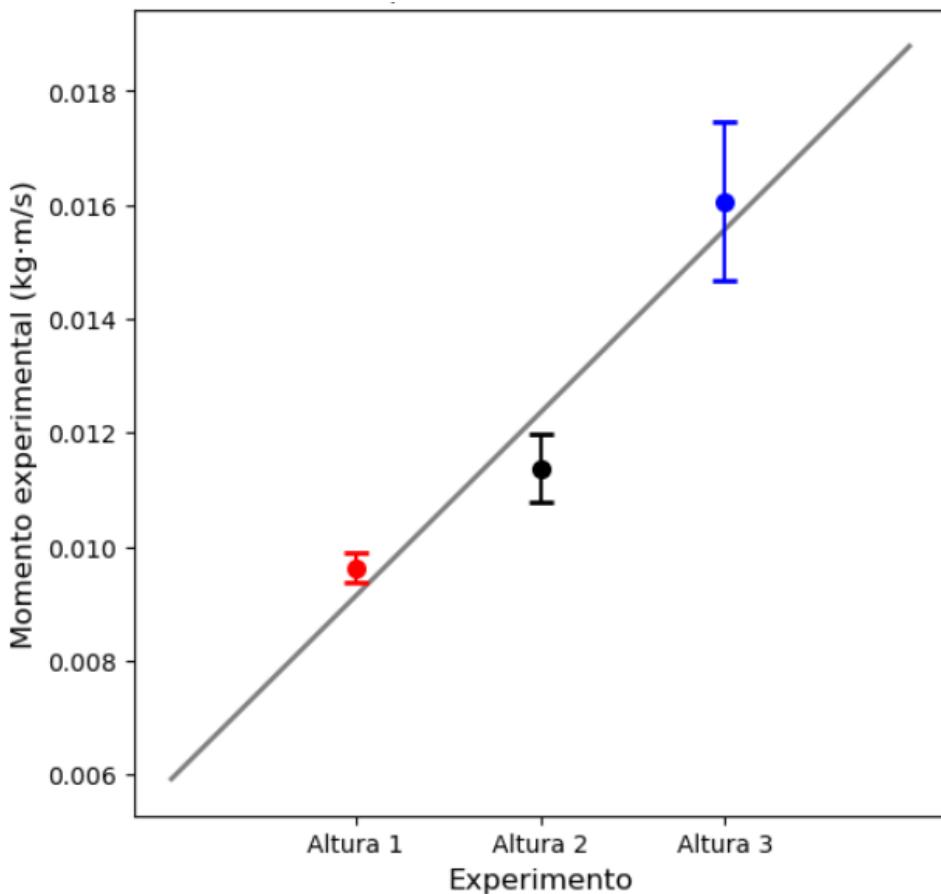


Figura 4.1: O momento linear para diferentes velocidades. Os círculos em vermelho, preto e azul representam o valor médio do momento linear calculado para três alturas diferentes, altura 1, 2 e 3, respectivamente. A barra de erro delimita a região  $2-\sigma$ , calculadas a partir das cinco realizações. A reta sólida preta é o ajuste linear para as médias dos momentos lineares.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

desenvolver habilidades de interpretação científica, pensamento crítico e resolução de problemas. Os estudantes não apenas observarão o fenômeno, mas também participarão ativamente da produção, comparação e discussão dos dados. Assim, o experimento

com Arduino se torna um recurso pedagógico central para promover uma aprendizagem significativa, articulando observação, raciocínio físico e análise de resultados dentro de uma única experiência investigativa.

#### 4.4.2 Simulações Computacionais em *Python* e *HTML*

A etapa de simulação computacional foi planejada para ser aplicada diretamente em sala de aula, após a atividade experimental com Arduino. Os estudantes serão organizados em trios, de forma que cada grupo possa discutir, registrar e comparar resultados ao longo do processo. Inicialmente, o professor fará uma explicação coletiva, apresentando o funcionamento básico do simulador, os tipos de colisão e os parâmetros que poderão ser manipulados. Depois dessa introdução, cada trio iniciará um estudo dirigido, seguindo um roteiro estruturado disponibilizado em PDF (ver o Apêndice D), no qual consta os casos de colisão, tabelas e questões orientadoras de análise.

O roteiro conduz os estudantes à observação dos principais tipos de colisão, elástica, parcialmente inelástica e perfeitamente inelástica, e orienta o registro sistemático dos valores de massa, velocidade inicial, velocidade final e tipo de colisão observada. Como a simulação permite modificar livremente os parâmetros, o roteiro prevê momentos específicos em que os trios devem alterar as massas, as velocidades iniciais e o coeficiente de restituição para analisar como essas mudanças influenciam o comportamento físico do sistema.

No primeiro bloco de atividades, referente às colisões elásticas ( $e \approx 1$ ), o roteiro solicita que os estudantes comparem diferentes configurações, como massas iguais, massa do corpo 1 maior que a do corpo 2 e velocidades em sentidos opostos, variando simultaneamente massa e velocidade entre os casos propostos no material *teste\_Experimento (2)*. Em seguida, no bloco das colisões parcialmente inelásticas ( $0 < e < 1$ ), os trios devem alterar novamente as massas e reduzir o coeficiente de restituição para valores intermediários, observando situações em que há perda parcial de energia cinética. Por fim, no bloco das colisões perfeitamente inelásticas ( $e = 0$ ), o roteiro orienta a configuração de um coeficiente de restituição nulo, ocasião em que os estudantes verificam a formação de um movimento conjunto após o impacto.

Essas alterações orientadas, tanto de massa quanto de velocidade e de coeficiente de restituição, permitem que cada trio explore diferentes cenários e compare como as escolhas dos parâmetros influenciam diretamente os valores de momento linear antes e depois da colisão. A atividade não exige cálculos complexos, mas busca que os estudantes reconheçam, por meio das manipulações realizadas ao longo do roteiro, que o momento linear depende simultaneamente da massa e da velocidade dos corpos. Os valores numéricos fornecidos pelo simulador funcionam como suporte conceitual, permitindo relacionar as observações realizadas com os princípios discutidos em sala, como

conservação do momento, variação das velocidades e influência das massas nos diferentes tipos de colisão.

Por exemplo, em uma simulação de colisão realizada com os parâmetros iniciais fornecidos na Figura 3.14, onde o corpo 1 possui massa igual a  $m_1 = 2 \text{ kg}$  e inicia o movimento com uma velocidade igual a  $v_1 = 1 \text{ m/s}$ . O corpo 2 possui uma massa de  $m_2 = 1 \text{ kg}$  e inicia o movimento com velocidade  $v_2 = 0 \text{ m/s}$ . Ao final da colisão, o simulador retorna três gráficos como mostrado na Figura 4.2. São dois gráficos superiores e um inferior. O gráfico superior à esquerda apresenta os momentos lineares antes (em formato de barra azul) e depois (em formato de barra vermelha) da colisão dos dois corpos estudados. Os dados do momento linear do corpo 1,  $p_1$ , estão à esquerda, enquanto os do corpo 2,  $p_2$  estão à direita. Nessa situação o aluno entende que parte do momento linear do corpo 1 foi transferido para o corpo 2.



Figura 4.2: Gráficos gerados a partir da execução da simulação. O gráfico superior à esquerda mostra os momentos lineares antes e depois da colisão para os corpos 1 e 2. O gráfico superior à direita mostra o momento linear total e a energia total antes e depois da colisão. O gráfico inferior mostra a evolução com o tempo dos momentos lineares do corpo 1 e 2, e o momento linear total do sistema.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

No gráfico superior à direita da Figura 4.2, são apresentados o comportamento do momento linear total e energia total no instante anterior (em azul) e posterior (em

vermelho) à colisão. Como foi configurado inicialmente um coeficiente de restituição igual a 0, observa-se uma colisão inelástica onde os dois corpos saem unidos após a colisão. Nessa configuração, ao comparar o antes(em azul) e o depois(em vermelho), nota-se que parte da energia é perdida. Contudo, embora a energia possa ter diminuído, o momento linear total (momento linear do corpo 1 somado ao momento linear do corpo 2) se conserva, em outras palavras, o momento linear total inicial é igual ao final.

No gráfico inferior da Figura 4.2, são apresentados o comportamento do momento linear do corpo 1, do corpo 2 e momento linear total do sistema e sua evolução com o tempo. Esse gráfico mostra a troca de momento linear entre o corpo 1 e 2 no instante do choque ( $t \approx 0,5$  s), fazendo com que o corpo 1 ceda parte do seu momento linear, enquanto o corpo 2 ganha uma porção de momento linear. No entanto, o momento linear total é conservado. Este exemplo ilustra como a simulação pode ser utilizada no estudo de colisão de dois corpos.

Durante a atividade, os registros realizados pelos trios permitem analisar relações fundamentais entre as grandezas envolvidas nas colisões. Os estudantes observam a transferência de movimento entre os corpos, a relação direta entre velocidade, massa e momento linear e os diferentes comportamentos da energia cinética nos três tipos de colisão. As tabelas do roteiro auxiliam na verificação de como o momento total do sistema se comporta antes e depois do impacto, bem como na identificação de situações em que a energia cinética é mantida, reduzida ou transformada.

Nas colisões elásticas ( $e \approx 1$ ), os valores apresentados pelo simulador permitem comparar as velocidades finais com as condições iniciais, analisando como ocorre a troca de movimento entre os corpos. Nas colisões parcialmente inelásticas, os dados obtidos possibilitam observar a redução da energia cinética total e relacioná-la ao coeficiente de restituição. Já nas colisões perfeitamente inelásticas ( $e = 0$ , caso ilustrado na Figura 4.2), a simulação mostra que os corpos passam a mover-se juntos após o impacto, apresentando uma única velocidade final, característica desse tipo de interação.

A análise conjunta dos resultados numéricos, das animações e das respostas às questões orientadoras permite que os trios comparem padrões, discutam semelhanças entre as leis de conservação envolvidas e identifiquem comportamentos recorrentes nos diferentes cenários simulados. Ao final da atividade, cada estudante sintetiza as observações realizadas, descrevendo, com base nos dados obtidos, as diferenças entre os tipos de colisão e a relação entre momento linear, variações de velocidade e conservação.

#### 4.4.3 *Kahoot!*: Gamificação para Fixação dos Conteúdos

Como parte final da Aula 4, foi planejada a utilização do *Kahoot!* como ferramenta de fixação dos conteúdos trabalhados nas etapas anteriores, com o objetivo de revisar os conceitos fundamentais de movimento, força, massa e momento linear de maneira

interativa e descontraída, favorecendo a consolidação da aprendizagem.

O *quiz* foi planejado no formato Verdadeiro ou Falso e Múltipla Escolha contendo perguntas relacionadas aos principais conceitos abordados na Sequência Didática. As perguntas contemplam diferentes níveis de complexidade, abrangendo desde conceitos introdutórios sobre movimento até aplicações da conservação do momento linear em colisões. Exemplos de itens que irão compor o *quiz* incluem questões de verdadeiro ou falso, como “Quanto maior a massa de um corpo, menor é sua tendência em manter o movimento”; “Se a força resultante sobre um corpo for nula, ele obrigatoriamente está parado”; “O momento linear depende da massa e da velocidade”; e “Em sistemas isolados, o momento linear total antes da colisão é igual ao momento linear total depois da colisão”, e também questões de múltipla escolha, como “O que ocorre com o momento linear de um sistema isolado sem forças externas?” ou “Quando dois corpos colidem, as forças entre eles são sempre iguais em módulo e sentidos opostos?”. Após cada item, o sistema mostra a porcentagem de acertos da turma, permitindo que o professor comente rapidamente os resultados e esclarecesse os conceitos que ainda apresentarem dúvidas.

As questões também incluem situações-problema que exploram colisões elásticas e inelásticas, permitindo verificar se os estudantes compreendem não apenas a definição dos conceitos, mas também sua aplicação em fenômenos reais. Um exemplo é a questão apresentada na Figura 4.3, que aborda o comportamento dos corpos em uma colisão totalmente inelástica, na qual os objetos se unem após o impacto e passam a se mover com a mesma velocidade. Esse tipo de item reforça o entendimento sobre conservação do momento linear e perda de energia cinética, aspectos essenciais para diferenciar os diversos tipos de colisão presentes na dinâmica.



Figura 4.3: Exemplo de questão do *quiz* abordando colisões totalmente inelásticas, em que dois corpos se unem após o impacto e passam a mover-se com a mesma velocidade.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

Após o *quiz*, o professor poderá realizar uma breve discussão sobre as questões incorretas, destacando os conceitos essenciais de cada tema e promovendo uma reflexão coletiva sobre os erros mais comuns. Esse momento servirá para reforçar os pontos de maior dificuldade, esclarecer possíveis concepções alternativas e consolidar o entendimento sobre as leis do movimento e da conservação do momento linear, fortalecendo os vínculos entre teoria, simulação e experimentação. O uso do *Kahoot!* como ferramenta de revisão também busca estimular a participação ativa e o senso de cooperação.

Outro ponto relevante refere-se à possibilidade de uso assíncrono: o *Kahoot!* permite que o estudante revise conteúdos em casa, no seu próprio ritmo, ampliando o alcance da proposta pedagógica e reforçando a aprendizagem contínua. Por fim, ao comparar essa proposta com outras abordagens de gamificação, observa-se que o *Kahoot!* se destaca pela combinação equilibrada entre simplicidade operacional e profundidade conceitual.

## 4.5 Aula 5 – Avaliação Final:

A Avaliação Final é estruturada com as mesmas perguntas da avaliação diagnóstica inicial (ver o Apêndice A), garantindo um critério uniforme de comparação entre as etapas do processo. Essa simetria permite verificar de forma clara o avanço conceitual das turmas, além de evidenciar lacunas ou dificuldades persistentes. Para a turma experimental,

o Questionário de Percepção assume papel complementar, pois possibilita investigar de que maneira as tecnologias digitais, como Arduino, *Python* e *Kahoot!!*, influenciaram o aprendizado, a motivação e a compreensão dos conteúdos. Dessa forma, a Aula 6 não apenas mensura resultados, mas também capta dimensões qualitativas da experiência de aprendizagem.

## 4.6 Aula 6 – Devolutiva e Discussão dos Resultados:

Encerrando a sequência, a Aula 6 cumpre uma função pedagógica essencial: fechar o ciclo de aprendizagem por meio de uma devolutiva clara, dialogada e reflexiva. Ao analisar os resultados do diagnóstico, do *quiz* e da avaliação final, os estudantes têm a oportunidade de compreender sua evolução, reconhecer conquistas e identificar pontos que ainda precisam ser trabalhados. Além disso, esse momento permite validar o processo metodológico, dando voz aos alunos e possibilitando que expressem suas percepções sobre as estratégias utilizadas. Assim, a aula final reforça o caráter formativo da sequência e contribui para a construção de uma postura crítica e participativa.

Essa estrutura de aulas foi desenvolvida para possibilitar a análise comparativa entre abordagens tradicionais e ativas, e visa favorecer o protagonismo estudantil, a autonomia e o envolvimento dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

---

---

# CAPÍTULO 5

---

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta apresentada neste trabalho buscou construir uma Sequência Didática capaz de integrar teoria e prática no ensino do momento linear, articulando diferentes recursos metodológicos para promover aprendizagens significativas em turmas do Ensino Médio. Retomando os fundamentos discutidos ao longo do estudo, especialmente os princípios da Aprendizagem Significativa, o papel das concepções prévias, o protagonismo discente e o uso intencional das tecnologias educacionais reforça-se que toda a metodologia foi planejada, revisada e organizada de forma coerente com os objetivos educacionais propostos.

A construção do aparato experimental utilizando sensores ópticos LM393 e a plataforma Arduino, bem como o desenvolvimento das simulações em *Python* e HTML, foi realizada com atenção aos aspectos técnicos e pedagógicos. Os testes internos permitiram analisar a estabilidade das leituras, a repetibilidade das medidas e a precisão dos algoritmos empregados, assegurando que os instrumentos produzidos fossem adequados para uso didático. Paralelamente, o *quiz* gamificado no *Kahoot!* foi elaborado a partir dos conceitos teóricos apresentados na Sequência Didática, garantindo alinhamento entre conteúdo, atividade e avaliação. Dessa forma, a proposta se estabeleceu como um conjunto articulado de recursos e práticas que não se originaram de escolhas arbitrárias, mas de um percurso cuidadosamente fundamentado.

O diferencial do trabalho está na integração equilibrada de três dimensões complementares do ensino de Física: experimento real, simulação computacional e gamificação. Cada uma dessas dimensões contribui de maneira própria para a construção do conhecimento. O experimento permite a observação direta dos fenômenos, proporcionando ao estudante contato com a materialidade do movimento, a coleta de dados e a análise de discrepâncias entre o teórico e o observado. A simulação, por sua

vez, amplia a capacidade de visualizar cenários variados, controlar parâmetros, testar hipóteses e compreender de forma dinâmica como diferentes grandezas influenciam as colisões. Já a gamificação funciona como um meio de consolidação e revisão ativa dos conteúdos, estimulando o engajamento, a motivação e o feedback imediato.

A integração desses três eixos favorece não apenas a compreensão conceitual do momento linear, mas permite ao estudante transitar entre diferentes representações do fenômeno físico. Essa multiplicidade de abordagens atende a diferentes perfis de aprendizagem e amplia o repertório cognitivo do aluno, fortalecendo sua capacidade de interpretar, comparar, explicar e justificar os resultados obtidos nas atividades.

Outro aspecto relevante diz respeito ao desenvolvimento de competências tecnológicas e analíticas. Ao manipular tabelas, gráficos e dados experimentais, o estudante é convidado a interpretar resultados e elaborar inferências, desenvolvendo habilidades em Excel e em planilhas digitais. A elaboração e manipulação das simulações introduzem conceitos básicos de lógica computacional, pensamento algorítmico e programação. O uso do Arduino possibilita o contato com princípios de eletrônica, sensores e automação. Tais competências dialogam com diversas áreas científicas e tecnológicas e ampliam as possibilidades formativas dos estudantes, contribuindo para sua autonomia intelectual e para sua inserção no mundo contemporâneo.

Considera-se também que a proposta contribui para romper com práticas tradicionais centradas exclusivamente na exposição oral e na resolução mecânica de exercícios. Ao trazer o estudante para o centro da ação, convidando-o a manipular variáveis, coletar dados, ajustar parâmetros, comparar previsões, argumentar sobre resultados e testar hipóteses, a Sequência Didática promove um ambiente de aprendizagem ativa, no qual o conhecimento emerge tanto da interação com os fenômenos quanto do diálogo com seus pares e com o professor.

Ao realizar essas atividades como o deslocamento real dos carrinhos, a análise dos gráficos produzidos, a comparação entre valores teóricos e experimentais, a manipulação das simulações e a participação em atividades gamificadas, o estudante reconheça o momento linear como um conceito presente em situações reais, como colisões no trânsito, impactos em esportes, movimentos mecânicos e até aplicações tecnológicas cotidianas. Dessa forma, o conhecimento deixa de ser uma abstração e passa a se relacionar diretamente com a vida do estudante, o que fortalece sua motivação, sua autonomia e sua capacidade crítica.

Em síntese, a Sequência Didática aqui apresentada constitui um caminho promissor para o ensino de Física, especialmente por integrar diferentes recursos que se complementam e enriquecem o processo formativo. Sua estrutura planejada, fundamentada e revisada evidencia o compromisso com uma educação científica mais contextualizada, ativa e alinhada às necessidades contemporâneas. Assim, a proposta

reafirma o potencial das metodologias ativas aliadas às tecnologias digitais e experimentais para promover um ensino de Física significativo, dinâmico e conectado à realidade dos estudantes.

Espera-se que, quando aplicada, a proposta possibilite aos estudantes do grupo experimental uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos abordados, demonstrando maior capacidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em diferentes contextos. Assim, o projeto se justifica não apenas pela necessidade de inovar nas práticas pedagógicas de ensino de Física, mas também por seu potencial de contribuir para o desenvolvimento de uma educação científica crítica, participativa e eficaz no Ensino Médio.

Como perspectivas, destaca-se, em primeiro lugar, a execução da sequência didática em turmas do Ensino Médio, etapa essencial para avaliar empiricamente o impacto da proposta na aprendizagem dos estudantes, identificar suas potencialidades e limites, e ajustar o percurso formativo com base nas evidências observadas. No campo experimental, abrem-se possibilidades para a realização de novos testes variando parâmetros como a altura da rampa, o que permitiria analisar como diferentes condições iniciais influenciam o momento linear, ampliando o repertório de situações investigadas e incorporar novas situações-problema que desafiem o estudante a interpretar, prever e explicar diferentes cenários envolvendo o momento linear. Também se considera relevante aprimorar o aparato experimental, especialmente por meio da construção de uma pista mais estável e com menor atrito, garantindo maior precisão nas medições e reduzindo interferências indesejadas nos resultados.

No âmbito computacional, a simulação pode ser expandida para contemplar um maior número de situações, incluindo diferentes tipos de colisão, combinações de massas, coeficientes de restituição e condições iniciais mais diversificadas. Outra perspectiva relevante consiste em disponibilizar um site que reúna o simulador desenvolvido neste trabalho e outros experimentos relacionados ao ensino de Mecânica, permitindo que estudantes e professores tenham acesso livre a ferramentas digitais de apoio ao aprendizado. Como referência, diversos simuladores amplamente utilizados na educação em Física, tais como o PhET Interactive Simulations, Algodoo, GeoGebra, Crocodile Physics, Simuladores do LabVirt, SimuFísica demonstram o potencial pedagógico dessas ferramentas ao possibilitar a manipulação de variáveis, a visualização de fenômenos e a exploração investigativa de conceitos mecânicos. Esses exemplos ilustram como ambientes digitais podem enriquecer o estudo da Física, favorecendo múltiplas formas de interação e aprendizagem. Por fim, destaca-se a intenção de produzir e submeter um artigo científico derivado desta pesquisa, contribuindo para a divulgação da proposta e para o fortalecimento de práticas inovadoras no ensino de Física.

As atividades propostas também se mostram alinhadas às diretrizes legais que orientam a educação brasileira, especialmente no que se refere à LDB, às Competências

Gerais da BNCC e às competências específicas da área de Tecnologia e Computação. A ênfase no protagonismo discente, na contextualização dos conteúdos e na integração entre diferentes linguagens e tecnologias dialoga diretamente com os princípios da LDB, que orienta a formação integral do estudante e o desenvolvimento de competências capazes de articular teoria e prática. Da mesma forma, a BNCC reforça a necessidade de promover aprendizagens significativas por meio da investigação, da resolução de problemas e do uso crítico de ferramentas digitais, aspectos plenamente contemplados nesta proposta. No campo da Computação, a sequência didática incorpora elementos essenciais do pensamento computacional, como lógica, algoritmos, simulação e análise de dados, contribuindo para o desenvolvimento das competências relacionadas à cultura digital e à compreensão de sistemas computacionais. Dessa maneira, a proposta não apenas atende às normativas educacionais vigentes, mas também se articula a um projeto formativo coerente com as demandas contemporâneas da educação científica.

---

## REFERÊNCIAS

ARAYA, Ana Maria Osorio; GIBIN, Gustavo Bizarria; SOUZA FILHO, Moacir Pereira de (Org.). *O ensino de Ciências e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC): pesquisas desenvolvidas na educação básica*. São Paulo: Editora UNESP, 2021.

ARAYA, R.; GIBIN, G.; SOUZA FILHO, M. As Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDIC) na transformação das práticas pedagógicas: possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Educação*, v. 26, n. 67, p. 1–20, 2021.

AUSUBEL, David P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: Plátano, 2003.

BACICH, Lilian; MORAN, José (Org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.

BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR (BNCC). *Educação é a Base*. Brasília: MEC, 2018.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia dos estudantes. *Semina: Ciências Sociais e Humanas*, v. 32, n. 1, 2011.

CARDOSO, Mikaelle Barboza. *Sequências didáticas: orientações para iniciantes na pesquisa em educação matemática*. 1. ed. Iguatu, CE: Quipá Editora, 2024.

CARVALHO, G. S. *O uso do Arduino como ferramenta didática no ensino de Física*. 2022. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

CARVALHO, T. C. de. *Utilizando o Arduino no Ensino Médio para calcular o valor da aceleração de queda livre*. 2022. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2022.

CAVALCANTE, J. S.; SALES, G. L.; SILVA, L. M. Gamificação no ensino de Física: possibilidades e desafios. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 40, n. 2, 2018.

COLUCI, D. V. *O uso do Python e do Manim na construção de animações para o*

- ensino de Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 39, n. 1, p. 107–126, 2022.
- CUNHA, A. R. Sala de aula invertida e aprendizagem significativa no ensino de Física. *Revista Prática Docente*, v. 7, n. 1, 2022.
- FREIRE, Paulo. *Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa*. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- FRANZOLIN, F.; OLIVEIRA, A. C.; LIMA, T. R. O uso do Arduino como ferramenta pedagógica para o ensino de Física experimental. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 9, n. 4, p. 58–70, 2018.
- GOULD, H.; TOBOCHINIK, J.; CHRISTIAN, W. *An Introduction to Computer Simulation Methods: Applications to Physical Systems*. 3. ed. San Francisco: Addison-Wesley, 2006.
- HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física – Volume 1: Mecânica*. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- LIMA, Rondnelle Nunes. *Ensino de oscilações mecânicas por intermédio de um módulo didático produzido a partir dos softwares Gnuplot e PowerPoint*. 2025. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto Federal do Maranhão, São Luís, 2025.
- MIZUKAMI, Maria da Graça Nicoletti. *Ensino: as abordagens do processo*. São Paulo: EPU, 1986.
- MORAN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. In: SOUZA, Carlos Alberto de; MORALES, Ofelia Elisa Torres (Org.). *Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens*. Ponta Grossa: Coleção Mídias Contemporâneas, 2015.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa crítica*. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2005.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa em mapas conceituais*. Porto Alegre: UFRGS, 2013.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Teorias de Aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.
- MOREIRA, Marco Antônio. Teoria da aprendizagem significativa: da visão clássica à visão crítica. *Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia*, v. 7, n. 3, p. 1–16, 2014.
- MOREIRA, Marco Antônio. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2011.
- MOURÃO, Oséias. *Arduino & ensino de Física: automação de práticas experimentais*. 1. ed. Tianguá: Clube dos Autores, 2018.
- RIBEIRO, Eduardo. *Do básico ao complexo: aprendendo a programar em Python com o ChatGPT*. Palmas, TO: UFT, 2023.

SILVA, Andreia Paulino da. *Experimentos com Arduino nas aulas de Física*. 2018. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

SILVA JÚNIOR, José Felix da. *Relato de experiência de estágio: um estudo sobre o uso do Arduino no ensino fundamental e médio*. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Computação e Informática) – Instituto Federal da Paraíba, Cajazeiras, 2024.

SKINNER, Burrhus Frederic. *Sobre o Behaviorismo*. São Paulo: Cultrix, 1972.

VALENTE, José Armando. *Aprendizagem por computador: o papel do professor*. Campinas: UNICAMP, 2002.

VIEIRA, E. B.; et al. Colisões, pêndulo simples e projéteis: verificando o princípio de conservação do momento linear através de uma proposta experimental. *Caderno de Física – Ensino, Pesquisa e Extensão*, v. 14, n. 2, p. 2402-3, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/index.php/cadfis/article/download/10536/8655/42483>. Acesso em: setembro 2025.

YGOTSKY, Lev Semenovich. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

TIOBE. TIOBE Index for the most popular programming languages. Disponível em: <https://www.tiobe.com/tiobe-index/>. Acesso em: 03 dez. 2025.

WANG, A. I. The wear out effect of a game-based student response system. *Computers & Education*, v. 82, p. 217–227, 2015.

---

---

## APÊNDICE A

---

### AVALIAÇÃO

Este apêndice apresenta o instrumento utilizado para a avaliação diagnóstica aplicada no início da Sequência Didática. O mesmo conjunto de questões será reaplicado como avaliação final, após a realização das atividades experimentais, computacionais e de gamificação. Essa decisão metodológica tem como objetivo permitir a comparação direta entre os conhecimentos prévios dos estudantes e os conhecimentos construídos ao longo da intervenção didática.

A utilização do mesmo instrumento em dois momentos distintos possibilita uma análise objetiva da evolução conceitual dos alunos, permitindo identificar ganhos de aprendizagem, persistência de concepções alternativas e aspectos que foram consolidados ou que ainda demandam aprofundamento. Assim, o instrumento cumpre dupla função: avaliar o ponto de partida dos estudantes e mensurar, posteriormente, o impacto pedagógico da proposta apresentada.

A seguir, encontra-se o questionário completo utilizado nas duas etapas avaliativas.

#### 1 – Questões Discursivas

1. O que você entende por **velocidade**? Como você percebe se um objeto está mais rápido ou mais devagar? Dê um exemplo.
2. Para você, o que é **massa** de um objeto? Qual a relação dela com o movimento dos corpos?
3. Na sua visão, o que é uma **força**? Dê um exemplo de uma situação do seu dia a dia em que você percebe que uma força está sendo aplicada.
4. O que você entende por movimento? Descreva com suas palavras e dê um exemplo.

5. Quando dois carrinhos colidem, o que você acha que acontece com as velocidades deles após a colisão? Explique.
6. Você já ouviu falar no termo **momento linear** na Física? Se sim, explique o que você entende. Se não, escreva o que imagina que possa ser.
7. Na sua opinião, o que é necessário para que um objeto mude sua velocidade? Justifique sua resposta com um exemplo.
8. Imagine um jogo de bilhar. Quando uma bola bate na outra, o que você acha que acontece com o movimento das duas bolas após a colisão? Explique com base no que você observa.

## 2 – Questões Objetivas

1. Quando um objeto está em movimento, ele:
  - (a) Não possui nenhuma quantidade associada ao movimento.
  - (b) Possui uma quantidade chamada momento linear.
  - (c) Só possui movimento se tiver força atuando constantemente.
  - (d) Sempre perde velocidade devido ao ar.
2. O que ocorre com o momento linear de um sistema isolado (sem forças externas)?
  - (a) Aumenta.
  - (b) Diminui.
  - (c) Permanece constante.
  - (d) Depende da massa dos objetos.
3. Se um carro de massa grande colide com uma bicicleta em movimento, o que podemos dizer sobre a troca de forças durante a colisão?
  - (a) A força no carro é maior que na bicicleta.
  - (b) A bicicleta não exerce força sobre o carro.
  - (c) As forças são iguais, mas de sentidos opostos.
  - (d) A força depende da cor dos veículos.
4. Durante uma colisão, o que é necessário para que o momento linear total não se conserve?

- (a) Que não haja atrito.
- (b) Que existam forças externas atuando.
- (c) Que as massas sejam iguais.
- (d) Que os objetos sejam esféricos.

5. O momento linear de um objeto depende diretamente:

- (a) Apenas da massa.
- (b) Apenas da velocidade.
- (c) Da força aplicada.
- (d) Da massa e da velocidade.

---

---

## APÊNDICE B

---

### QUIZ DO *KAHOOT!*

O presente apêndice reúne as questões elaboradas para o quiz desenvolvido no *Kahoot!*, planejado como instrumento de revisão dos conceitos de movimento, força, massa, velocidade, energia e momento linear. O questionário foi integralmente estruturado em formato digital, contemplando perguntas do tipo múltipla escolha e verdadeiro ou falso, todas acompanhadas de imagens ilustrativas. Trata-se, portanto, de um recurso pedagógico já finalizado e disponível para utilização na etapa de avaliação e consolidação da aprendizagem. Como forma de demonstrar visualmente a estrutura das questões elaboradas no *Kahoot!*, apresenta-se a seguir um exemplo de tela do *quiz*. A imagem ilustra o layout utilizado na plataforma, com a pergunta posicionada na parte superior, uma figura central relacionada ao enunciado e as alternativas distribuídas na parte inferior. Esse modelo se repete ao longo de todo o questionário, mantendo unidade visual e coerência pedagógica.

O que ocorre com o momento linear de um sistema isolado (sem forças externas)

**antes da colisão**

**Depois da colisão**

Aumenta

Depende das massas do objetos

Permanece constante

Diminui

Figura B.1: Exemplo de interface do *Kahoot!* utilizada na revisão dos conceitos de momento linear, com a pergunta, imagem explicativa e opções de múltipla escolha.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

## Questionário Completo

1. O que ocorre com o momento linear de um sistema isolado (sem forças externas)?
  - (A) Aumenta
  - (B) Depende das massas dos objetos
  - (C) Permanece constante (**correta**)
  - (D) Diminui
2. Em uma colisão totalmente inelástica entre dois corpos, o que ocorre?
  - (A) A energia cinética total se conserva
  - (B) Os corpos permanecem separados após a colisão
  - (C) O momento total do sistema diminui
  - (D) Os corpos se unem e movem-se com a mesma velocidade (**correta**)
3. Em uma colisão totalmente inelástica entre dois corpos, o que ocorre?
  - (A) O texto está totalmente correto
  - (B) O texto está incorreto, pois o momento depende da energia cinética
  - (C) O texto está totalmente incorreto (**correta**)
  - (D) O texto está incorreto, pois o sistema não tem massa total definida
4. Em uma colisão elástica, o momento linear não se conserva.

- (A) O texto está totalmente correto  
(B) Incorreto, pois depende da massa  
(C) Incorreto, nessa colisão o momento não existe  
(D) O texto está incorreto (**correta**)
5. **O princípio da conservação do momento linear afirma que:**  
(A) O momento de cada corpo é igual antes e depois da colisão  
(B) A soma dos momentos de um sistema isolado se mantém constante (**correta**)  
(C) O momento depende da aceleração do corpo  
(D) O momento se conserva apenas se houver atrito
6. **Quando maior a massa de um corpo, menor é a sua tendência em manter o movimento.**  
(A) Verdadeiro  
(B) Falso (**correta**)
7. **Se a força resultante de um corpo for nula, ele obrigatoriamente está parado.**  
(A) Verdadeiro  
(B) Falso (**correta**)
8. **O momento linear de um objeto depende da sua massa e da sua velocidade.**  
(A) Verdadeiro (**correta**)  
(B) Falso
9. **Em um sistema isolado, o momento linear total antes da colisão é igual ao momento linear total depois da colisão.**  
(A) Verdadeiro (**correta**)  
(B) Falso
10. **O momento linear é calculado pela expressão  $p = m/v$ .**  
(A) Verdadeiro  
(B) Falso (**correta**)
11. **(Massa) Sobre a massa de um corpo, assinale a alternativa correta.**  
(A) A massa do corpo varia conforme sua velocidade.  
(B) A massa é uma medida da quantidade de matéria e permanece constante (**correta**)  
(C) A massa aumenta sempre que o corpo recebe uma força.  
(D) A massa depende da sua energia cinética.

12. (Velocidade) A velocidade de um corpo indica:

- (A) O quanto sua energia potencial está variando
- (B) O quanto sua posição muda com o tempo (**correta**)
- (C) O quanto ele pesa
- (D) O valor da força resultante sobre ele

13. (Energia) Sobre a energia cinética, é correto afirmar que:

- (A) Ela independe da velocidade
- (B) Aumenta quando a massa diminui
- (C) Aumenta com a velocidade ao quadrado (**correta**)
- (D) É sempre conservada, mesmo em colisões inelásticas

---

---

## APÊNDICE C

---

### ROTEIRO DO ARDUÍNO

O presente apêndice reúne o material que será utilizado na etapa prática da pesquisa, composto pelo estudo dirigido aplicado aos estudantes durante a realização da Aula 04, correspondente à etapa prática do experimento com Arduino. O objetivo deste estudo dirigido é orientar a coleta de dados, a interpretação dos resultados e a análise qualitativa do comportamento da velocidade e do momento linear do carrinho ao atravessar os sensores LM393.

O material foi elaborado para auxiliar os estudantes na execução do experimento, incentivando a observação, o registro sistemático das medições, o raciocínio físico e a construção autônoma de conclusões a partir dos dados obtidos.

Seguindo a proposta da aula, o estudante permanece como protagonista da investigação: ele manipula o carrinho, realiza as medições, identifica possíveis fontes de erro e interpreta o que cada resultado representa fisicamente.

Dessa forma, segue abaixo o estudo dirigido entregue aos alunos no momento da prática experimental.

### **Estudo Dirigido – Aula 04 (Experimento com Arduino)**

**Objetivo da atividade:** Compreender, por meio da prática experimental, como a velocidade e o momento linear variam a partir dos dados coletados com sensores ópticos LM393 conectados ao Arduino.

## Passo a passo da atividade

### . Atividade prática

Cada trio deverá:

- realizar **cinco medições** de tempo ( $\Delta t$ ) utilizando a **mesma altura da rampa**;
- anotar todos os valores medidos na tabela fornecida;
- observar fatores que possam alterar os resultados ( atrito, alinhamento, soltura do carrinho etc.).

Mesmo com o aparato já montado, você é o protagonista do experimento: manipule, observe, registre e interprete cada medida.

## Questões do Estudo Dirigido

### A. Sobre a coleta experimental

1. As cinco medições de  $\Delta t$  foram iguais? Caso não, descreva quais fatores podem ter causado essas variações.
2. Em qual das medições o carrinho atingiu maior velocidade? Explique como o tempo registrado influencia diretamente esse resultado.
3. A massa do carrinho não muda. Então, por que os valores de momento linear ( $p = mv$ ) variam entre uma medida e outra?
4. Se houve uma medição muito diferente das outras, o que isso indica sobre o experimento realizado?

### B. Sobre velocidade e momento

5. Explique, a relação entre um tempo curto registrado e uma velocidade elevada.
6. Com base no experimento, explique por que o momento linear ( $p = mv$ ) depende diretamente da velocidade do carrinho.
7. Observe seus cinco valores de momento. Eles seguem algum padrão? O que isso mostra sobre a influência dos detalhes da execução prática?

### C. Comparação entre trios

8. Compare as médias dos momentos do seu trio com as médias de outro trio que usou a mesma altura. Os valores foram próximos? Justifique.
9. Qual trio apresentou maior variação entre as cinco medições? O que isso indica sobre a precisão do experimento?

### D. Interpretação conceitual

10. Explique por que alturas maiores levam a maiores velocidades e maiores valores de momento linear.
11. Escreva, com suas palavras, por que o momento linear é uma grandeza útil para analisar situações reais de movimento.

#### **Conclusão do estudante:**

Descreva o que você aprendeu sobre coleta de dados, variação do tempo, velocidade e relação com o momento linear.

Tabela:

Tabela C.1: Registro das cinco medições experimentais do trio

Nº da Medição	Tempo ( $\Delta t$ ) [s]	Observações
1	-----	-----
2	-----	-----
3	-----	-----
4	-----	-----
5	-----	-----

---

---

## APÊNDICE D

---

### ROTEIRO DA SIMULAÇÃO

O presente apêndice reúne o material que será utilizado na etapa prática da pesquisa, composto pelo estudo dirigido aplicado aos estudantes durante a simulação computacional de colisões unidimensionais. Esse instrumento foi elaborado com o objetivo de orientar a exploração dos conceitos de momento linear, conservação e tipos de colisão, articulando observação, registro e análise dos resultados fornecidos pelo simulador.

O estudo dirigido acompanha a sequência didática proposta e oferece um conjunto de atividades estruturadas que permitem ao aluno manipular variáveis, comparar cenários, interpretar gráficos e relacionar os resultados obtidos aos princípios físicos estudados em sala de aula. Além disso, funciona como um guia para a condução autônoma da investigação por parte dos trios, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades de análise, interpretação de dados e argumentação científica.

Por meio desse material, busca-se proporcionar uma experiência prática, interativa e significativa, fortalecendo a integração entre teoria, simulação e experimentação, elementos essenciais para a compreensão dos fenômenos relacionados às colisões e ao momento linear.

Dessa forma, segue abaixo o instrumento completo.

### Atividade Prática — Simulação de Colisões em 1D

#### Passos para realizar a atividade

1. Acesse o simulador e leia as instruções iniciais.
2. Escolha o tipo de colisão (elástica, parcialmente inelástica ou perfeitamente inelástica).

3. Insira os valores sugeridos abaixo.
4. Observe a animação e anote os valores mostrados no painel de resultados.
5. Compare seus registros com as explicações e gráficos do simulador.

## Casos para simulação

### 1. Colisões Elásticas ( $e \approx 1$ )

A energia cinética total é praticamente conservada.

- **Caso 1** — Massas iguais, alvo parado:  $m_1 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_1 = +1,00\text{ m/s}$ ,  $m_2 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_2 = 0,00\text{ m/s}$ ,  $e = 1,00$
- **Caso 2** —  $m_1$  maior que  $m_2$ :  $m_1 = 2,00\text{ kg}$ ,  $v_1 = +1,00\text{ m/s}$ ,  $m_2 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_2 = 0,00\text{ m/s}$ ,  $e = 1,00$
- **Caso 3** — Sentidos opostos:  $m_1 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_1 = +1,00\text{ m/s}$ ,  $m_2 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_2 = -0,50\text{ m/s}$ ,  $e = 1,00$

#### Tabela — Colisões Elásticas

$m$ (kg)	$v$ (m/s)	$m$ (kg)	$v$ (m/s)	$v'$ (m/s)	$v'$ (m/s)
----------	-----------	----------	-----------	------------	------------

Observação: \_\_\_\_\_

### 2. Colisões Parcialmente Inelásticas ( $0 < e < 1$ )

Parte da energia cinética é perdida (som, deformação, calor).

- **Caso 1** —  $m_1 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_1 = +1,00\text{ m/s}$ ,  $m_2 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_2 = 0,00\text{ m/s}$ ,  $e = 0,50$
- **Caso 2** —  $m_1 = 1,00\text{ kg}$ ,  $v_1 = +1,00\text{ m/s}$ ,  $m_2 = 2,00\text{ kg}$ ,  $v_2 = 0,00\text{ m/s}$ ,  $e = 0,30$

#### Tabela — Colisões Parcialmente Inelásticas

$m$ (kg)	$v$ (m/s)	$m$ (kg)	$v$ (m/s)	$v'$ (m/s)	$v'$ (m/s)
----------	-----------	----------	-----------	------------	------------

Observação: \_\_\_\_\_

### 3. Colisões Perfeitamente Inelásticas ( $e = 0$ )

Os dois corpos se unem após a colisão e seguem com a mesma velocidade.

- **Caso 1** —  $m_1 = 1,00\ kg$ ,  $v_1 = +1,00\ m/s$ ,  $m_2 = 1,00\ kg$ ,  $v_2 = 0,00\ m/s$ ,  $e = 0,00$

**Tabela — Colisões Perfeitamente Inelásticas**

m (kg)	v (m/s)	m (kg)	v (m/s)	v comum (m/s)
--------	---------	--------	---------	---------------

**Observação:** \_\_\_\_\_

### Questões para reflexão

1. O momento total ( $p$ ) antes e depois da colisão se manteve praticamente igual?
2. O que aconteceu com a energia cinética total em cada tipo de colisão?
3. No caso elástico, o que você percebe sobre as velocidades finais?
4. No caso perfeitamente inelástico, qual é aproximadamente a velocidade do conjunto após o choque?
5. Que semelhança você nota entre as leis de conservação observadas?
6. Considere a simulação mostrada na Figura abaixo, em que o corpo 1 possui massa  $m_1 = 2\ kg$  e velocidade inicial  $v_1 = 1\ m/s$ , enquanto o corpo 2 possui massa  $m_2 = 1\ kg$  e velocidade inicial  $v_2 = 0\ m/s$ . Após a colisão, o simulador apresenta três gráficos (Figura D.1), incluindo um gráfico de barras que exibe os momentos lineares antes (azul) e depois (vermelho) da colisão para cada corpo. **Com base nesses gráficos, explique o que ocorreu com o momento linear do corpo 1 e do corpo 2 após a colisão. Qual evidência gráfica indica a transferência de parte do momento linear do corpo 1 para o corpo 2?**



Figura D.1: Versão web interativa da simulação, mostrando a animação dos blocos e os parâmetros ajustáveis utilizados para analisar diferentes tipos de colisão.

Fonte: Arquivo da autora (2025).

**Conclusão:** Escreva, com suas palavras, o que aprendeu sobre os diferentes tipos de colisão observados no simulador.

Assinatura do aluno: \_\_\_\_\_