

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**FERNANDO GAGNO JÚNIOR**

**APRENDIZAGEM ATIVA ASSOCIADA AO USO DE SMARTPHONES  
NO CONTEXTO DE SALA DE AULA: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES  
INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DA CINEMÁTICA NO 1º ANO DO ENSINO  
MÉDIO**

CARIACICA

2020

FERNANDO GAGNO JÚNIOR

**APRENDIZAGEM ATIVA ASSOCIADA AO USO DE SMARTPHONES  
NO CONTEXTO DE SALA DE AULA: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES  
INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DA CINEMÁTICA NO 1º ANO DO ENSINO  
MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini

CARIACICA

2020

(Biblioteca do *Campus Cariacica* do Instituto Federal do Espírito Santo)

G135a Gagno Júnior, Fernando.

Aprendizagem ativa associativa ao uso de smartphones no contexto de sala de aula: uma proposta de atividades investigativas para o ensino da cinemática no 1º ano do ensino médio / Fernando Gagno Júnior – 2020.

156 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Jardel da Costa Brozeguini

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2020.

1. Cinemática. 2. Aplicativos móveis. 3. Atividades criativas na sala de aula. 4. Aprendizagem por atividades. I. Brozeguini, Jardel da Costa. II. Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica. III. Sociedade Brasileira de Física. IV. Título.

CDD: 530.07



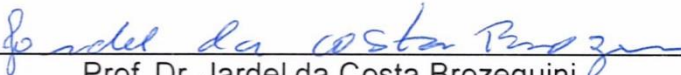
**FERNANDO GAGNO JUNIOR**

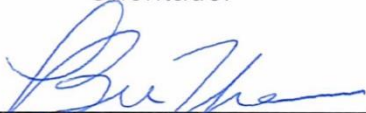
**APRENDIZAGEM ATIVA ASSOCIADA AO USO DE SMARTPHONES NO  
CONTEXTO DE SALA DE AULA: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES  
INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DA CINEMÁTICA NO 1º ANO DO ENSINO  
MÉDIO**

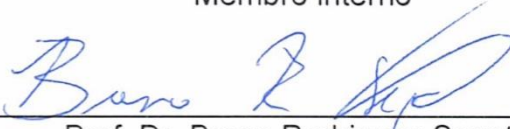
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 21 de fevereiro de 2020

**COMISSÃO EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Luiz Otávio Buffon  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro interno

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro externo




## FERNANDO GAGNO JUNIOR


GAGNO JUNIOR, Fernando; BROZEGUINI, Jardel da Costa. **Aprendizagem ativa associada ao uso de smartphones no contexto de sala de aula: uma proposta de atividades investigativas para o ensino da cinemática no 1º ano do Ensino Médio.** Cariacica: Ifes, 2020. 33 p.


Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 21 de fevereiro de 2020

### COMISSÃO EXAMINADORA

  
Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador

  
Prof. Dr. Luiz Otávio Buffon  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro interno

  
Prof. Dr. Breno Rodrigues Segatto  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro externo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de financiamento 001, pela concessão da bolsa, viabilizando a realização desta pesquisa.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela idealização do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Ao meu orientador Jardel da Costa Brozeguini por quem tenho admiração e respeito. Professor, o senhor fez a diferença na minha vida, tenha certeza disso!

Ao IFES – Cariacica, pelas oportunidades que me foram concedidas, em especial ao professor Dr. Luiz Otávio Buffon.

Em especial agradeço a minha esposa Maria Lúcia pela dedicação e esforço que tem me oferecido neste período de estudos no mestrado, sem sua manifestação de paciência e compreensão nada disso seria possível.

Em particular agradeço a minha filha Ana Clara, por compreender as minhas ausências.

À minha filha Alicia, deixo o meu agradecimento por sempre se fazer tão presente.

Gostaria de agradecer ao amigo Deidson Rodrigues da Cruz pelos debates acalorados sobre processos de ensino e aprendizagem.

## RESUMO

Essa dissertação é o resultado de uma proposta para o ensino dos conceitos básicos da cinemática desenvolvida no segundo semestre do ano de 2018 em uma turma do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Dr. José Moyses, localizada no município de Cariacica, Espírito Santo (ES). A pesquisa possui natureza qualitativa e tem como principal objetivo investigar o desenvolvimento dos educandos quanto aos conteúdos de cinemática. Construimos uma sequência didática de 10 encontros baseada no método Predizer, Observar e Explicar (POE) articulada a um aplicativo de vídeo análise. Os dados foram obtidos a partir dos questionários e de um diário de bordo construídos pelo pesquisador para registrar o desenvolvimento dos alunos. Os resultados mostraram evidências de desenvolvimento da autonomia por parte dos alunos e de uma participação mais ativa. Em especial, os dados obtidos antes e depois da aplicação da sequência didática, em dois testes iguais, mostraram, a partir do ganho de Hake, que a turma atingiu ganho médio. No geral, nossos resultados destacaram que a proposta baseada na metodologia ativa POE ajudou os alunos a avançar na ideia de autonomia e a serem mais ativos no processo de aprendizagem de física.

Palavras-chave: Metodologia POE. Aplicativo de vídeo análise. Cinemática.

## **ABSTRACT**

This dissertation is the result of a proposal to teach the basic concepts of kinematics developed in the second term of 2018 in a class of the 1st year of High School at the State School Dr. José Moyses, located in Cariacica, Espírito Santo (ES). The research has a qualitative nature and its main objective is to investigate the students' development concerning the contents of cinematics. We built a didactic sequence of 10 meetings based on the Predict, Observe and Explain (POE) method linked to a video analysis application. Data collection were obtained during the performance of activities by the students from the questionnaires and a logbook made by the researcher to record the students' development. The results show that the class presented a conceptual gain compatible with that expected for classes submitted to active learning strategies. In particular, data obtained before and after the application of the method, in two equal tests, show from Hake's gain that the class achieved an average normalized gain. Overall, our results show that the proposal based on the active POE methodology helped students to become autonomous and active in the learning process.

Keywords: POE methodology. VidAnalysis application. Kinematics.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Foto estroboscópica do experimento da pena e da maçã caindo no vácuo .....	40
Figura 2 – Uma bola é abandonada a partir do repouso no mesmo instante em que outra bola é lançada horizontalmente. Os movimentos verticais das duas bolas são idênticos .....	44
Figura 3 – Trajetória de um projétil lançado da origem de um sistema de coordenadas. O movimento é uma combinação de um movimento vertical (com aceleração constante) e movimento horizontal (com velocidade constante).....	44
Figura 4 – (I) Trajetória de um projétil levando em consideração a resistência do ar. (II) Trajetória que o projétil seguiria no vácuo .....	47
Figura 5 – Forças que atuam num corpo em queda no ar .....	48
Figura 6 – Tela inicial do aplicativo VidAnalysis .....	52
Figura 7 – Posição x Tempo (Trilho de Ar).....	53
Figura 8 – Distância x Tempo – Caixa para adicionar a função .....	54
Figura 9 – Velocidade x Tempo - Caixa para adicionar a função .....	54
Figura 10 – Velocidade x Tempo – Linha de tendência .....	55
Figura 11 – Apresentação da trajetória do motociclista na estrada.....	61
Figura 12 – Apresentação da esfera deslizando sobre o trilho graduado .....	61
Figura 13 – Entrada principal da Praça da Ciência .....	62
Figura 14 – Equipamento tirolesa.....	62
Figura 15 – Kit de lançamento do foguete de palitos de fósforo .....	66
Figura 16 – Adaptação de uma ratoeira em uma catapulta de lançamento de projéteis .....	68
Figura 17 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Predizer.....	74
Figura 18 – Posição em função do tempo para o objeto deslizando sobre o trilho de ar .....	75
Figura 19 – Velocidade em função do tempo para o objeto deslizando sobre o trilho de ar .....	76
Figura 20 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Observar .....	77
Figura 21 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Explicar .....	77
Figura 22 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 1: Predizer.....	79

Figura 23 – Posição em função do tempo para o vídeo da moto na estrada .....	80
Figura 24 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 1: Observar .....	80
Figura 25 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 1: Explicar .....	81
Figura 26 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo1: Predizer.....	87
Figura 27 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo1: Observar .....	87
Figura 28 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo1: Explicar .....	88
Figura 29 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Predizer.....	90
Figura 30 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Observar .....	90
Figura 31 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Explicar .....	91
Figura 32 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 10: Predizer.....	94
Figura 33 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 10: Observar ...	94
Figura 34 – Posição, em função do tempo, do movimento vertical da bolinha de isopor.....	95
Figura 35 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 10: Explicar .....	96
Figura 36 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 9: Predizer.....	98
Figura 37 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 9: Observar .....	98
Figura 38 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 9: Explicar .....	98
Figura 39 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 5: Predizer.....	101
Figura 40 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 5: Observar ...	101
Figura 41 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 5: Explicar .....	102

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados do movimento da esfera maciça de aço em um trilho graduado de alumínio.....	33
Tabela 2 – Dados do movimento da partícula no movimento uniformemente variado.....	36
Tabela 3 – Dados do experimento de Dave Munday .....	41
Tabela 4 – Velocidades terminais de um objeto em queda no ar.....	49
Tabela 5 – Classificação do questionário pré-teste com acertos (A) e erros (E) por aluno .....	71
Tabela 6 – Resultados do pré-teste representados descritivamente.....	72
Tabela 7 – Classificação das respostas da atividade experimental 1 .....	73
Tabela 8 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 1 .....	74
Tabela 9 – Classificação das respostas da atividade experimental 2 .....	78
Tabela 10 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 2.....	79
Tabela 11 – Classificação das respostas da atividade experimental 3 .....	81
Tabela 12 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 3.....	82
Tabela 13 – Classificação das respostas da atividade experimental 4 .....	86
Tabela 14 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 4.....	87
Tabela 15 – Classificação das respostas da atividade experimental 5 .....	89
Tabela 16 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 5.....	90
Tabela 17 – Classificação das respostas da atividade experimental 6 .....	92
Tabela 18 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 6.....	93
Tabela 19 – Classificação das respostas da atividade experimental 7 .....	96
Tabela 20 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade Experimental 7.....	97
Tabela 21 – Classificação das respostas da atividade experimental 8 .....	99

Tabela 22 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 8 .....	100
Tabela 23 – Classificação do questionário pós-teste .....	103
Tabela 24 – Estatística descritiva do pós-teste .....	103
Tabela 25 – Relatos dos estudantes sobre a utilização da metodologia POE .....	105
Tabela 26 – Relatos dos estudantes sobre a utilização do aplicativo VidAnalysis ..	106

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Posição em função do tempo no movimento uniforme .....	34
Gráfico 2 – Velocidade em função do tempo no movimento uniforme .....	34
Gráfico 3 – Aceleração em função do tempo no movimento uniforme .....	35
Gráfico 4 – Posição em função do tempo no movimento retilíneo uniformemente variado .....	36
Gráfico 5 – Velocidade em função do tempo no movimento uniformemente variado .....	37
Gráfico 6 – Aceleração em função do tempo no movimento retilíneo uniformemente variado.....	37
Gráfico 7 – Posição, velocidade e aceleração com funções do tempo .....	41
Gráfico 8 – Etapa Predição das atividades investigativas 1, 2 e 3 .....	83
Gráfico 9 – Etapa Observação das atividades investigativas 1, 2 e 3.....	84
Gráfico 10 – Etapa Explicação das atividades investigativas 1, 2 e 3.....	84
Gráfico 11 – Índices de acertos de cada aluno nos questionários pré e pós-teste..	105

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Diferenças entre os métodos POE .....	26
Quadro 2 – Descrição do processo de vídeo-análise utilizando o aplicativo VidAnalysis .....	51
Quadro 3 – Descrição simplificada dos encontros .....	56
Quadro 4 – Descrição da metodologia de ensino e utilização do aplicativo VidAnalysis .....	59
Quadro 5 – Resumo da Sequência Didática e o tempo dedicado a cada encontro ..	68

## **LISTA DE SIGLAS**

SBF – Sociedade Brasileira de Física

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

TIC – Tecnologia de informação e comunicação

POE – Predizer, Observar e Explicar

DOE – Demonstrar, Observar e Explicar

SNEF – Simpósio Nacional de Ensino de Física

MRU – Movimento Retilíneo Uniforme

MRUV – Movimento Retilíneo Uniforme Variado

CVS – Comma Separated Values

OPS – Open Sourcer Physics

SI – Sistema International

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	17
1.1	OBJETIVOS DA PESQUISA .....	20
1.2	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO .....	21
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	23
2.1	USO DE ANÁLISE DE VÍDEO NO ENSINO DE FÍSICA .....	23
2.2	A METODOLOGIA (POE) .....	25
<b>3</b>	<b>PRINCÍPIOS FÍSICOS DO MOVIMENTO DOS CORPOS</b> .....	29
3.1	DEFINIÇÃO DAS GRANDEZAS CINEMÁTICAS .....	29
3.1.1	<b>Velocidade média</b> .....	29
3.1.2	<b>Velocidade instantânea</b> .....	29
3.1.3	<b>Aceleração média</b> .....	30
3.1.4	<b>Aceleração instantânea</b> .....	30
3.2	MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME .....	32
3.2.1	<b>Definição</b> .....	32
3.2.2	<b>Gráficos</b> .....	33
3.3	MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO .....	35
3.3.1	<b>Definição</b> .....	35
3.3.2	<b>Gráficos</b> .....	35
3.3.3	<b>Estudo do MRUV usando cálculos de integrais</b> .....	38
3.3.4	<b>Queda livre</b> .....	39
3.3.5	<b>Figura e gráficos do movimento de queda livre</b> .....	40
3.4	LANÇAMENTO OBLIQUO .....	42
3.4.1	<b>Definição</b> .....	42
3.4.2	<b>Descrição matemática</b> .....	43
3.5	FORÇA DE ARRASTO E VELOCIDADE TERMINAL .....	42
<b>4</b>	<b>APLICATIVO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA</b> .....	50
4.1	O APLICATIVO VIDANALYSIS .....	50
<b>5</b>	<b>APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA</b> .....	56
5.1	A SEQUÊNCIA DIDÁTICA .....	56
5.2	DESCRIÇÕES DOS ENCONTROS .....	57
5.2.1	<b>Encontro 1: questionário pré-teste</b> .....	57
5.2.2	<b>Encontro 2: aprendendo a usar o App VidAnalysis</b> .....	58



5.2.3	Encontro 3: atividade de análise em vídeo 2 .....	60
5.2.4	Encontro 4: atividade de análise em vídeo 3 .....	61
5.2.5	Encontro 5: atividade de análise em vídeo 4 .....	61
5.2.6	Encontro 6: atividade de análise em vídeo 5 .....	63
5.2.7	Encontro 7: atividade de análise em vídeo 6 .....	64
5.2.8	Encontro 8: atividade de análise em vídeo 7 .....	64
5.2.9	Encontro 9: atividade de análise em vídeo 8 .....	66
5.2.10	Encontro 10: questionário pós-teste .....	67
5.3	RELATO DA PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES .....	68
6	<b>ANÁLISE DOS RESULTADOS DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA .....</b>	<b>70</b>
6.1	INTRODUÇÃO .....	70
6.2	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE .....	70
6.3	ANÁLISE DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS.....	72
6.3.1	Análise da atividade investigativa 1 .....	73
6.3.2	Análise da atividade investigativa 2 .....	81
6.3.3	Análise da atividade investigativa 3 .....	81
6.3.4	Análise da atividade investigativa 4 .....	85
6.3.5	Análise da atividade investigativa 5 .....	88
6.3.6	Análise da atividade investigativa 6 .....	91
6.3.7	Análise da atividade investigativa 7 .....	96
6.3.8	Análise da atividade investigativa 8 .....	99
6.4	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE .....	102
6.5	ANÁLISE DO DIÁRIO DE BORDO .....	105
6.5.1	Ponto de vista dos estudantes sobre a metodologia POE .....	105
6.5.2	Ponto de vista dos estudantes sobre o aplicativo VidAnalysis .....	106
7	<b>CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>107</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>111</b>
	<b>APÊNDICE A – Termo de Consentimento .....</b>	<b>115</b>
	<b>APÊNDICE B – Pré-teste.....</b>	<b>116</b>
	<b>APÊNDICE C – Ficha de Atividade Investigativa 1 .....</b>	<b>119</b>
	<b>APÊNDICE D – Ficha de Atividade Investigativa 2 .....</b>	<b>120</b>
	<b>APÊNDICE E – Ficha de Atividade Investigativa 3 .....</b>	<b>121</b>
	<b>APÊNDICE F – Ficha de Atividade Investigativa 4.....</b>	<b>122</b>
	<b>APÊNDICE G – Ficha de Atividade Investigativa 5.....</b>	<b>123</b>

<b>APÊNDICE H – Ficha de Atividade Investigativa 6 .....</b>	<b>124</b>
<b>APÊNDICE I – Ficha de Atividade Investigativa 7.....</b>	<b>125</b>
<b>APÊNDICE J – Ficha de Atividade Investigativa 8.....</b>	<b>126</b>
<b>APÊNDICE L – Produto Educacional .....</b>	<b>127</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) no ensino de física é um caminho que desperta crescente interesse, seja por sua real utilização nos espaços formais de ensino, seja pelos trabalhos de pesquisa em ensino de Física apresentados pela comunidade científica. O uso crítico, e referenciado, das TIC's pode colaborar para uma aprendizagem mais efetiva e potencializar oportunidades para uma educação para a emancipação e a autonomia, especialmente quando conjuga qualidade acadêmica e tecnologias livres. Segundo Moreira (2017, p. 12), para quem “o ensino de ciências no século XXI deveria ser centrado no aluno(...), e focado na aprendizagem significativa”. Para este autor, o uso intensivo de tecnologias de informação e comunicação ajuda a tornar o professor e o computador mediadores do processo, para o desenvolvimento de talentos.

Ainda neste sentido, Carvalho (2011, p. 57) sustenta que “o ensino de física deve ser para todos, e não mais só para aqueles que tenham aptidão para essa disciplina”. Destacamos, pois, a importância da realização de atividades experimentais investigativas em aulas de física mediadas por tecnologias educacionais livres, apresentam, ao mesmo tempo, qualidade, flexibilidade de uso e baixo custo, de modo revelando-se compatíveis com a realidade educacional brasileira. Para Zômpero (2011, p. 68) “a perspectiva do ensino com base na investigação possibilita o aprimoramento do raciocínio e das habilidades cognitivas dos alunos, e também a cooperação entre eles, além de possibilitar que compreendam a natureza do trabalho científico”.

A inclusão de tecnologias de informação e comunicação (Tics) nas aulas de física configura-se como fonte de pesquisa de vários pesquisadores. Destacam-se, nesta linha de pesquisa, os seguintes autores, conforme lista a seguir. À frente do autor, indicamos o postulado que cada um defende.

- Calloni (2010): “Faz estudo dos movimentos dos corpos em sala de aula utilizando o software Tracker”;
- Oliveira (2014): “Utiliza o software Tracker para estudar a queda dos corpos”;

- Marques (2015): “Trabalha a cinemática de MRU e MRUV com auxílio do Microsoft Excel”;
- Meister (2016): “Assevera os conceitos de limite e taxa de variação com software Tracker”;
- Silva (2016): “Faz estudo dos gráficos de cinemática com uso do Tracker”;
- Santos R.P (2017): “Argumenta em defesa do uso do Tracker em cinemática, para estudos de MRU, MRUV e lançamento oblíquo”.

Com o objetivo de contribuir com a pesquisa na área, este trabalho apresenta o aplicativo VidAnalysis como ferramenta de apoio ao ensino de física que permite aos estudantes tornarem-se agentes centrais e ativos nas atividades experimentais investigativas. Conforme Araújo (2017), “o uso do aplicativo VidAnalysis, em sala de aula, é uma oportunidade para identificar o nível de aceitação, e participação, dos alunos em atividades que lançam mão de uma tecnologia presente no seu cotidiano”.

Carvalho (2011, p. 53) argumenta “que as práticas experimentais têm como objetivo principal proporcionar ao aprendiz um contato mais direto com fenômenos físicos [...]”. Desse modo, a análise de vídeo abre espaço para uso de laboratórios não estruturados no ensino de física, mediados por metodologias de aprendizagem ativa, tal como Predizer - Observar - Explicar (POE) que trabalha com a perspectiva de superação de concepções espontâneas dos estudantes, aprimorado na Universidade de Monash (Austrália) por White (1992) e revisado por Tao (1999).

Quanto ao uso da metodologia POE, podemos citar os trabalhos dos autores Schwahn (2008); Bezerra Jr. (2012); Santos (2015); Silva (2016); Scarpato Jr. (2017). Por fim, é possível sublinhar que os autores citados utilizaram a metodologia POE em seus trabalhos de pesquisas, demonstrando sua relevância.

É comum nos depararmos com estudantes do Ensino Médio (EM) com concepções espontâneas bastante divergentes sobre mecânica. Isso pode ocorrer devido ao enfoque excessivamente matemático que se dá, em sala de aula, ao tema, sem a apropriação de conceitos para a interpretação dos fenômenos físicos da natureza. Por isso, nossos estudantes não conseguem desenvolver uma interpretação de gráficos de velocidade, aceleração e posição, além de desconhecerem o processo histórico e

filosófico da evolução das ciências. A habilidade para leitura de gráficos também é discutida por Agrello (1999, p. 103), para quem

Um gráfico que descreve um evento físico permite-nos reconhecer facilmente dados, que em uma tabela são mais difíceis de visualizar. Os gráficos resumem uma grande quantidade de informações que podem ser facilmente percebidas. A habilidade de trabalhar confortavelmente com gráficos é uma ferramenta básica dos cientistas (AGRELLO, 1999, p.103).

Constatações dessa natureza também são evidenciadas por vários estudos têm mostrado que os estudantes que estão começando a estudar Física têm dificuldades em analisar gráficos (ARAUJO, 2004; CAMARGO FILHO, 2013; SCHEFFER, 2014; FOLHAS, 2017; SILVA *et al*, 2017).

O fato é que as TICs estão presentes massivamente no social. Nossos alunos estão familiarizados com uso de celulares e computadores, o que pode facilitar o uso das Tics nas aulas, além do fato de alunos serem consumidores ativos de plataformas, aplicativos e sistemas de informação e comunicação. No entanto, este potencial de comportamento interativo e comunicativo não é aproveitado nas atividades em sala de aula. Desta maneira, um dos objetivos da aplicação de nossa proposta de pesquisa é verificar o nível de aceitação, e participação, dos alunos em atividades que utilizem uma tecnologia presente no seu cotidiano.

O uso do aplicativo VidAnalysis, partindo da ideia de utilização das filmagens e edições de vídeos construídos pelos próprios estudantes, mediados pela abordagem da metodologia POE, pode ser uma estratégia viável de ensino para tornar a sala de aula mais interessante e motivadora. Segundo Leitão (2011, p. 29), ainda que o recurso de “vídeo análise seja ainda pouco conhecido e utilizado por professores e alunos de modo geral, ele foi recebido com entusiasmo pelos estudantes e possibilitou uma boa visão [...]”. O emprego do recurso de análise de dados mostra com riqueza de detalhes elementos que seriam difíceis de serem apresentados em uma aula expositiva tradicional. Santos (2017) observou que o recurso de análise de vídeo mostra sua eficiência, permitindo, como resultados “que os estudantes se mostrassem muito mais motivados, gerando mais discussões na sala de aula e diminuindo as dúvidas sobre os conceitos fundamentais”.

Além do aplicativo VidAnalysis, existem vários outros softwares de análise de vídeos disponíveis no mercado, entre os quais podemos citar Tracker, Physics Toolkit, Sam e Vídeo Point, sendo que cada programa possui algum nível de restrição para seu uso em um laboratório didático de sala de aula. O tracker foi amplamente utilizado por Sirisathitkul (2013, p. 2) para testar a eficiência no movimento de queda dos corpos

Verificou-se que o deslocamento era proporcional ao quadrado do tempo, confirmando-se a teoria pelo valor da aceleração da gravidade, obtido com nível aceitável de precisão. Além disso, foram investigados os efeitos da altura de queda, da distância da câmera, bem como a cor da bola e o meio ambiente (SIRISATHITKUL, 2013, p. 2).

Nossa proposta é fazer uso de uma tecnologia livre, que possa ser utilizada em sala de aula, utilizando os smartphones dos próprios estudantes para desenvolver práticas experimentais investigativas.

Outro ponto importante dos aplicativos é que eles possuem uma série de características, como a facilidade de uso e compreensão das informações, além de favorecerem a assimilação dos conteúdos programáticos motivando o interesse dos estudantes com o tema a ser abordado. É importante observar que sua capacidade ilustrativa pode favorecer a compreensão de tabelas, gráficos e ilustrações, além de permitirem a exportação de dados para serem analisados em outras plataformas.

## 1.1 OBJETIVOS DA PESQUISA

Tomando como base as referências apresentadas e as nossas reflexões no campo do ensino de Física, formulamos o problema desta pesquisa: quais as contribuições que uma sequência didática, baseada na utilização do aplicativo VidAnalysis, associado a uma metodologia investigativa do tipo Predizer, Observar e Explicar (POE), pode oferecer para a aprendizagem conceitual da cinemática, favorecendo a autonomia dos alunos do primeiro ano do ensino médio?

Para responder a esta pergunta de pesquisa, apontamos como objetivo geral da pesquisa:

- Desenvolver uma sequência didática e utilizar o aplicativo de vídeo análise, VidAnalysis, associado a uma metodologia investigativa do tipo Predizer, Observar e Explicar (POE), para que os alunos compreendam os diversos tipos de movimento, suas características, bem como as grandezas físicas relacionadas.

Para alcançar o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos foram fixados:

- Aplicar uma sequência didática investigativa baseada na metodologia Predizer, Observar e Explicar (POE):
- Investigar a aprendizagem conceitual dos estudantes ao longo da intervenção educacional;
- Analisar a possível evolução no nível de autonomia dos alunos, no decurso da intervenção;
- Apontar as contribuições das TICs em sala de aula, mais especificamente, smartphones, para atividades que envolvam filmagem e análise de vídeo com aplicativo VidAnalysis;
- Avaliar o desenvolvimento e aceitação da sequência didática por meio da percepção dos estudantes.

## 1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para organizar os resultados da pesquisa dividimos a dissertação em sete capítulos que iremos detalhar a seguir.

O primeiro capítulo consta da introdução, que destaca o tema pesquisado, o contexto do nosso estudo, a questão norteadora e os objetivos geral e específicos.

No capítulo 2, faremos uma revisão da literatura para apontar a origem da metodologia de ensino POE, ideia concebida por Nedelsky no ano de 1958, tendo recebido o nome de Taxonomia de Nedelsky.

No capítulo 3 consta a descrição dos conteúdos de física envolvidos no produto didático. Neste capítulo, foram abordados os conteúdos específicos de cinemática explorados em cada atividade investigativa.

O capítulo 4 traz uma descrição sobre o aplicativo VidAnalysis. São relatadas informações desde seu desenvolvedor até o “passo a passo” para o processo de análise de vídeo.

Apresentamos ao longo do capítulo 5 as questões relevantes sobre a escola pública onde a pesquisa foi realizada. Além disso, nesse capítulo, fizemos uma explanação geral da proposta de intervenção didática e, por último, um detalhamento dos 10 encontros realizados em sala de aula exemplificando os experimentos realizados.

Foram incorporados no capítulo 6 os resultados quantitativos de cada aplicação: Pré-teste, Intervenção didática e Pós teste.

Por último, são tratados no capítulo 7, a conclusão e as considerações finais concernentes ao trabalho de pesquisa.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA E REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 USO DE ANÁLISE DE VÍDEO NO ENSINO DE FÍSICA

Em diversas pesquisas em ensino de física encontramos trabalhos relacionados ao processo de análise de vídeos. Algumas delas mostram sua relevância pedagógica na medida em que atuam como uma ferramenta facilitadora no processo de ensino aprendizagem, pois desenvolvem habilidades cognitivas do aluno e auxiliam na compreensão dos gráficos da cinemática.

Analisaremos neste capítulo alguns trabalhos realizados nos últimos 10 anos, envolvendo cinemática e o uso da metodologia POE vinculada à tecnologia de informação e comunicação no contexto do Ensino de Física. A ideia do capítulo não é a de apresentar uma extensa revisão de literatura sobre o tema, mas de situar alguns trabalhos que são relevantes e guardam aderência com o tema tratado nesta pesquisa. Apresentamos a seguir um elenco dos principais trabalhos à sua frente o tema sobre o qual abordaram.

- Calloni (2010): “Utiliza o Tracker no estudo do movimento dos corpos e sala de aula”;
- Leitão (2011): “Trabalha com software Logger Pro para estudar o movimento oscilatório de um pêndulo simples”;
- Bezerra JR (2012): “Apresenta o movimento parabólico e segunda lei de Newton, utilizando metodologia ativa tipo POE”;
- Oliveira (2014): “Desenvolve um estudo sobre a queda dos corpos, com vídeos analisados pelo Tracker”;
- Jesus (2014): “Apresenta um estudo sobre atrito cinético e atrito de rolamento, utilizando o Tracker como referência”;
- Lenz (2014): “Relata o lançamento de um carrinho sendo analisado pelo Tracker, trabalhando movimento parabólico”;
- Santos (2015): “Trabalha com cálculo de velocidade, aceleração e força resultante, utilizando o método POE”;

- Marques (2015): “Estuda os movimentos de MRU e MRUV, utilizando a ferramenta Excel do pacote da Microsoft”.

Outros pesquisadores se destacam por trabalharem com concepções alternativas dos estudantes. Podemos citar o trabalho de Sasaki (2016), no qual o autor abordou o conteúdo de ótica geométrica em turmas do Ensino Médio em uma escola da rede Federal. Segundo Silva (2016, p. 84), nas escolas:

As condições estruturais da escola não favoreceram o trabalho planejado. Seja pelas condições materiais, como a sala de informática limitada em espaço físico e com aparelhos em constante manutenção, seja pelas limitações pedagógicas, como pouco tempo em sala de aula para cada disciplina e ausência de reforço ou monitoria como atividades previstas no planejamento escolar (SILVA, 2016, p. 84).

Esta é uma constatação compartilhada entres os professores que atuam na rede pública de ensino, uma vez que o sucateamento dos espaços, principalmente dos laboratórios de informática são uma realidade. Diante dessas dificuldades em se usar o laboratório de informática, o uso de software e aplicativos em smartphones se justifica, pois, a maioria dos alunos, mesmo que de escolas públicas, possuem esses aparelhos.

Meister (2016, p. 123) relata o uso da análise de vídeo do Tracker associada à metodologia de aprendizagem ativa POE.

Pretendo futuramente realizar mais pesquisas e atividades com o uso do software Tracker Physics. Acredito em seu potencial e tenho a expectativa de que este trabalho possa contribuir para promover o interesse de outros professores nesta ferramenta. Em muitos contextos escolares, podemos encontrar alunos com celulares que possuem câmeras e podem filmar. Portanto, acredito que atividades como a proposta neste trabalho revelam as possibilidades de uso do smartphone como uma ferramenta para a aprendizagem (MEISTER, 2016, p. 123).

As atividades de vídeo análise buscam confrontar a hipótese inicial dos estudantes com as observações decorrentes do processo de interação do fenômeno físico com o estudante. Folhas (2017, p. 4) orienta que a análise digital de um vídeo funciona uma estratégia didática “que estreita a relação entre o fenômeno físico cotidiano e as suas representações matemáticas, promovendo aprendizagens significativas e envolvendo os alunos no processo”. Outro autor que também explorou a análise de vídeo para

sala de aula foi Araújo (2017) para quem esta estratégia busca transformar a sala de aula convencional em um laboratório de Física.

Nosso interesse é, pois, avaliar a adoção do aplicativo de análise de vídeo na compreensão de conceitos de cinemática e destacar sua contribuição na mudança do perfil conceitual dos estudantes.

## 2.2 A METODOLOGIA (POE)

Nos dias de hoje, nos deparamos com vários métodos e práticas que visam à melhoria do processo de ensino aprendizagem dos estudantes. Nesse sentido, procuramos um método ativo que agregasse tecnologia a atividades práticas dentro e fora da sala de aula.

O método POE é utilizado por professores/pesquisadores em atividades desenvolvidas para estudantes tanto de graduação quanto de Ensino Médio. Sua ideia principal foi concebida por Nedelsky (1958) na Universidade de Pittsburgh, no estado americano da Pensilvânia e desde a sua concepção inicial, até os dias atuais, o método Nedelskyano trabalha para identificar, nos estudantes, suas interpretações (Concepções Alternativas) acerca de fenômenos da natureza, mais especificamente no ensino de física. O método foi batizado de Taxonomia de Nedelsky.

Ao longo do tempo, o método Nedelskyano sofreu algumas transformações importantes, sendo a primeira delas proposta por Champagne (1979). Após a sua primeira reestruturação, a estratégia ficou conhecida como método de três etapas D.O.E (Demonstrar-Observar-Explicar).

Da Taxonomia de Nedelsky, a métodos em três etapas (DOE), existe um intervalo de tempo bem significativo, no qual surgiram aproximadamente vinte anos de pesquisas e desenvolvimento. No Brasil, um dos pioneiros em aplicar a técnica de classificação Nedelskyana foi Serpa (1976). Um dos frutos de seu trabalho científico foi apresentado no artigo “Influências ambientais sobre a aprendizagem em curso introdutório de Física na Universidade”, o qual está registrado na Revista Brasileira de Física, nas atas do III Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF-SP.

Da reestruturação do método (D.O.E) para (P.O.E) ensejou uma alteração sensível. Esta mudança de perfil metodológico foi protagonizada pelo esforço de três australianos da Universidade de Monash: White e Gustone (1992) e Tao (1999). Nos dias atuais, o conhecemos como metodologia de aprendizagem Ativa POE, em cuja essência consta a superação de concepções alternativas no ensino de Física.

Nosso trabalho de pesquisa foi muito além das informações que datam White e Gustone (1992) como fundadores do método POE, pois temos 40 anos de grande esforço em pesquisa e desenvolvimento suprimidos ao longo da história. Outro grande equívoco que merece ser corrigido na história contemporânea, a partir da revisão de Haysom e Bowen (2010), é que o método não foi concebido para atender ao ensino de Química, uma vez que, sua raiz está fundamentada nos pressupostos Nedelskyano, físico de formação, pioneiro na discussão de conflitos cognitivos, em aulas de laboratório didáticos. Segundo Nedelsky (1958, p. 3), a atividade experimental deve desenvolver habilidades processuais no aluno, nas quais “o ponto central é a compreensão da relação entre ciência e natureza”.

Na versão de Haysom e Bowen (2010), os autores propuseram modificações importantes no método de 3 etapas, passando a se configurar em 8 etapas no processo de aprendizagem. O Quadro 1 mostra a diferença entre os métodos.

Quadro 1 – Diferenças entre os métodos POE

	1	Orientação e motivação
	2	Introduzir o experimento
	3	<b>PREVISÃO</b>
	4	Discutindo as previsões
Modelo de expansão de Haysom e Bowen	5	<b>OBSERVAÇÃO</b>
	6	<b>EXPLICAÇÃO</b>
	7	Prover a explicação científica
	8	Continuidade ou prosseguimento

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Foram inseridos dois momentos que antecipam a Previsão, nos quais o professor orientador discute com estudantes sobre os conhecimentos prévios e incentiva a participação dos grupos de trabalho. Um momento posterior, a Previsão, foi

adicionada na intenção de produzir um esforço coletivo de síntese, onde os grupos de trabalho possam expor suas ideias. Para finalizar, foram inseridos dois momentos após a Previsão, onde o professor faz a explicação dos fenômenos à luz das ciências sobre os conteúdos estudados. A etapa de continuidade, ou prosseguimento, é uma alternativa que o professor pode oferecer aos estudantes, dependendo dos resultados alcançados. Por exemplo, se os resultados não se mostrarem promissores, ao longo do processo, ou seja, se as concepções persistirem, o professor pode optar por continuar.

### 2.3 METODOLOGIA POE CONVENCIONAL

A metodologia POE convencional é estruturada em três etapas: Predizer-Observar-Explicar. O processo de **predizer** um fenômeno da natureza busca, no estudante, extrair seus conhecimentos, ideias prévias sobre um determinado assunto, através de uma situação do seu cotidiano, que pode ser demonstrada sob a forma de um experimento real ou virtual. Envolver os estudantes em situações e mecanismos que possam estimular sua participação efetiva no processo de aprendizagem é um dos objetivos desta etapa. Segundo Silva (2016, p. 16),

Se os estudantes forem adequadamente estimulados na reflexão, é mais provável que respondam com sinceridade e apresente e registrem suas concepções prévias. [...] isto é de fundamental importância, [...] ao conhecimento trabalhado em sala de aula (SILVA, 2016, p. 16).

Uma pergunta aberta pode ser inserida na etapa de predição, que servirá de direcionamento para os estudantes formalizarem suas ideias prévias, que devem ser expressas na forma de hipótese. A ideia principal é engajar os alunos com temas que sejam da sua vivência, do seu cotidiano. Este envolvimento pode acontecer de forma individual ou em pequenos grupos de investigação. Segundo Santos (2015, p. 2), “Cabe ao professor contextualizar o tema, apresentar um fenômeno real relacionado na forma de experimento [...] estimular as discussões e ideias [...] e finalmente coligir e debater as diferentes respostas”.

Na etapa de **observação** dos fenômenos naturais, os estudantes podem analisar, de forma efetiva, o funcionamento do experimento. Após interação e manipulação da

situação problema, os alunos devem descrever qual é o comportamento do fenômeno natural observado. Segundo Silva (2016, p. 16) “espera-se que, depois da correta execução das etapas anteriores, os alunos sejam capazes de perceber as sutilezas do fenômeno observado”.

Não há dúvida que a etapa de observação é de fundamental importância para uma boa condução dos trabalhos aplicados, pois é onde o aluno começa a notar diferenças entre o que foi observado e sua hipótese inicial. Esse confronto entre observação e hipótese inicial pode proporcionar mudanças nas concepções alternativas dos educandos. Sobre isso, Santos (2015, p. 2) argumenta que: “Método POE possibilita uma aprendizagem ativa, isto é transferir o foco do professor que descreve e explica fenômenos, geralmente abstratos, para os próprios alunos que se tornam protagonista do processo de aprendizagem”.

E, por último, tratamos a **explicação** dos fenômenos naturais, para o fechamento da abordagem de três etapas. Nesta etapa, o professor conduz, com seus estudantes uma explicação conforme as teorias científicas sobre os conteúdos abordados. De acordo com Haysom e Bowen (2010, p. 15),

Eles recomendam que professor se coloque trazendo não simplesmente a explicação correta, mas a opinião da comunidade científica sobre o assunto. Isso permite a análise mais livre das afirmativas apresentados, bem como permite que os alunos façam comparações entre o que apresentaram e o conhecimento trazido pelo professor (HAYSOM; BOWEN, 2010, p. 15).

Se todas as etapas forem cumpridas, em sua totalidade, o processo de aprendizagem ativa deve conduzir os estudantes a uma mudança de comportamento, à superação das concepções alternativas.

### 3 PRINCÍPIOS FÍSICOS DO MOVIMENTO DOS CORPOS

#### 3.1 DEFINIÇÃO DAS GRANDEZAS CINEMÁTICAS

##### 3.1.1 Velocidade média

Localizar um objeto significa determinar a sua posição em algum lugar no espaço, em relação a um determinado referencial. A mudança de posição  $x_1$  para uma posição  $x_2$  é chamada de deslocamento  $\Delta\vec{x}$ , sendo,

$$\Delta x = x_2 - x_1. \quad (1)$$

A velocidade média é a razão entre o deslocamento  $\Delta\vec{x}$  e o intervalo de tempo  $\Delta t$ , durante o qual esse deslocamento ocorre, sendo dada por.

$$\vec{v}_{med} = \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_0}{t - t_0}, \quad (2)$$

onde  $x$  é a posição da partícula em um dado instante de tempo  $t$  e  $x_0$  é a posição inicial da partícula no tempo  $t_0$ . Uma unidade usual para velocidade média é o metro por segundo (m/s). Em um gráfico  $x$  versus  $t$ , a velocidade média é a inclinação ou coeficiente angular da reta que descreve a função horária.

##### 3.1.2 Velocidade instantânea

A velocidade instantânea é outra grandeza importante para o estudo do movimento dos corpos. Essa grandeza é definida tomando-se o limite em que o intervalo de tempo tende a zero, ou seja,

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta\vec{x}}{\Delta t} = \frac{d\vec{x}}{dt}. \quad (3)$$

Esta equação mostra que a velocidade instantânea é a taxa na qual a posição da partícula  $x$  está variando em relação ao tempo em um dado instante, ou seja,  $v$  é a derivada de  $x$  em relação a  $t$ .

### 3.1.3 Aceleração média

Quando a velocidade de uma partícula varia, dizemos que a partícula sofre aceleração ou está acelerada. Para movimentos ao longo de um eixo, a aceleração média  $a_{méd}$  em um intervalo de tempo  $\Delta t$  é:

$$\vec{a}_{méd} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}, \quad (4)$$

onde a partícula tem velocidade  $\vec{v}_1$  no tempo  $t_1$  e velocidade  $\vec{v}_2$  no tempo  $t_2$ .

### 3.1.4 Aceleração instantânea

Assim, aceleração instantânea ou simplesmente aceleração é a derivada da velocidade em relação ao tempo, segundo a equação 5:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}. \quad (5)$$

Em outras palavras, a aceleração de uma partícula em qualquer instante de tempo é a taxa na qual sua velocidade está mudando naquele instante.

Graficamente, a aceleração em qualquer ponto é a inclinação da curva de  $v(t)$  naquele ponto. Podemos combinar as equações 5 e 2 para escrever:

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d}{dt} \left( \frac{d\vec{x}}{dt} \right) = \frac{d^2\vec{x}}{dt^2}. \quad (6)$$

A aceleração de uma partícula, em qualquer instante, é dada pela derivada segunda de sua posição  $x(t)$  em relação ao tempo. Sua unidade de medida é o metro por



segundo ao quadrado:  $m/(s \cdot s)$  ou  $m/s^2$ . Por se tratar de uma grandeza vetorial, possui módulo, direção e sentido, e seu sinal algébrico representa o sentido sobre o eixo.

Se a velocidade do móvel muda de maneira uniforme, sua aceleração é constante e seu movimento é uniformemente variado. Caso a velocidade do móvel mude de forma não uniforme, dizemos que o seu movimento é variado.

Quando a aceleração é constante, a aceleração média e a aceleração instantânea são iguais e podemos representar a equação com algumas mudanças de notação. Vejamos a Equação 7:

$$\vec{a} = \vec{a}_{méd} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t - t_0}. \quad (7)$$

aqui  $\vec{v}_0$  é a velocidade no tempo  $t_0$  e  $\vec{v}$  é a velocidade em qualquer instante posterior  $t$ . Podemos reescrever esta equação como:

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t. \quad (8)$$

Como verificação, notemos que esta equação se reduz a  $v = v_0$  para  $t = 0$ . Tomando a derivada com relação ao tempo, obtemos  $dv/dt = a$ , que corresponde à definição de aceleração instantânea. De maneira semelhante, podemos reescrever a Equação 2 com pequenas mudanças, ou seja,

$$\vec{v}_{méd} = \frac{\vec{x} - \vec{x}_0}{t - t_0}$$

e depois como:

$$\vec{x} = \vec{x}_0 + \vec{v}_{méd}t \quad (9)$$

na qual  $\vec{x}_0$  é a posição da partícula em  $t_0$  e  $\vec{v}_{méd}$  é a velocidade média entre  $t_0$  e um instante de tempo posterior  $t$ .

Para a função linear da velocidade na Equação 9, a velocidade média em qualquer intervalo de tempo  $t_0$ , a um instante posterior  $t$ , é a média aritmética das velocidades no início do intervalo ( $= v_0$ ) e no final do intervalo ( $= v$ ). Para o intervalo de  $t_0$  até um instante posterior  $t$ , a velocidade média é:

$$\vec{v}_{méd} = \frac{1}{2} (\vec{v}_0 + \vec{v}), \text{ para } \vec{a} \text{ constante.} \quad (10)$$

Substituindo a expressão para  $\vec{v}$ , dada pela Equação 8 após um rearranjo de termos, temos:

$$\vec{v}_{méd} = \vec{v}_0 + \frac{1}{2} \vec{a}t. \quad (11)$$

Finalmente, substituindo a Equação (11) na Equação 9 chegamos a:

$$\vec{x}(t) = \vec{x}_0 + \vec{v}_0t + \frac{1}{2} \vec{a}t^2. \quad (12)$$

Como forma de verificação, podemos fazer  $t = 0$ , obtendo  $x = x_0$  como esperado. Além disso, tomando a derivada da Equação 12, obtemos a Equação 8, confirmando o esperado.

## 3.2 MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

### 3.2.1 Definição

Um dos propósitos primários deste trabalho de pesquisa é o estudo do movimento dos corpos. Nossos estudantes, na sua vida cotidiana, estão tão imersos em outras atividades diárias que não se dão conta de um fenômeno tão relevante da natureza. A seguir vamos descrever os principais tipos de movimentos.

No movimento retilíneo uniforme (MRU), o vetor velocidade é constante no decorrer do tempo (não varia em módulo, direção ou sentido), e, portanto, a aceleração é nula. O corpo, ou ponto material, se desloca em distâncias iguais e em intervalos de tempo iguais. Lembramos que, uma vez que não se tem aceleração, sobre qualquer corpo

ou ponto material em MRU, a resultante das forças aplicadas é nula (primeira Lei de Newton - Lei da Inércia). Uma das características desse movimento é que o módulo da velocidade em qualquer instante é igual à velocidade média.

### 3.2.2 Gráficos

A seguir, fazemos uma breve discussão sobre os gráficos da cinemática do MRU. Para iniciarmos a nossa discussão, vamos seguir um modelo que descreve o movimento de uma esfera em um trilho de alumínio graduado. Os dados são idealizados e estão distribuídos conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Dados do movimento da esfera maciça de aço em um trilho graduado de alumínio

	$t(s)$	$x(m)$	$\Delta x(m)$	$\Delta t(s)$	$v(m/s)$	$a(m/s^2)$
1	0	0	-	-	-	-
2	1	2	2	1	2	0
3	2	4	2	1	2	0
4	3	6	2	1	2	0
5	4	8	2	1	2	0
6	5	10	2	1	2	0
7	6	12	-	-	-	-

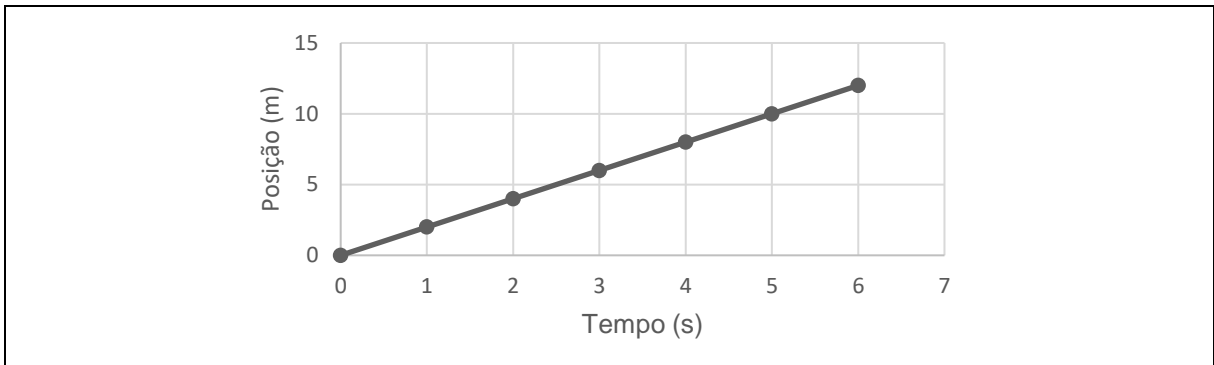
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Nossos dados são idealizados, pois estamos desprezando toda e qualquer fonte de interferência que possa perturbar o movimento da esfera. Podemos extrair algumas informações relevantes da Tabela 1:

1. Na posição 1 ( $t_0$ ), a esfera está na posição inicial do movimento;
2. Os valores de  $x$  crescem linearmente em função do tempo;
3. Na posição 7, a esfera está na posição final do movimento.

Uma característica importante para o estudo do movimento dos corpos é a capacidade interpretativa de gráficos. Nesta seção, vamos destacar 3 gráficos importantes. A posição em função do tempo, a velocidade em função do tempo e a aceleração em função do tempo. O Gráfico 1 demonstra o comportamento da posição em função do tempo, isto é, o comportamento da função  $x(t)$ .

Gráfico 1 – Posição em função do tempo no movimento uniforme

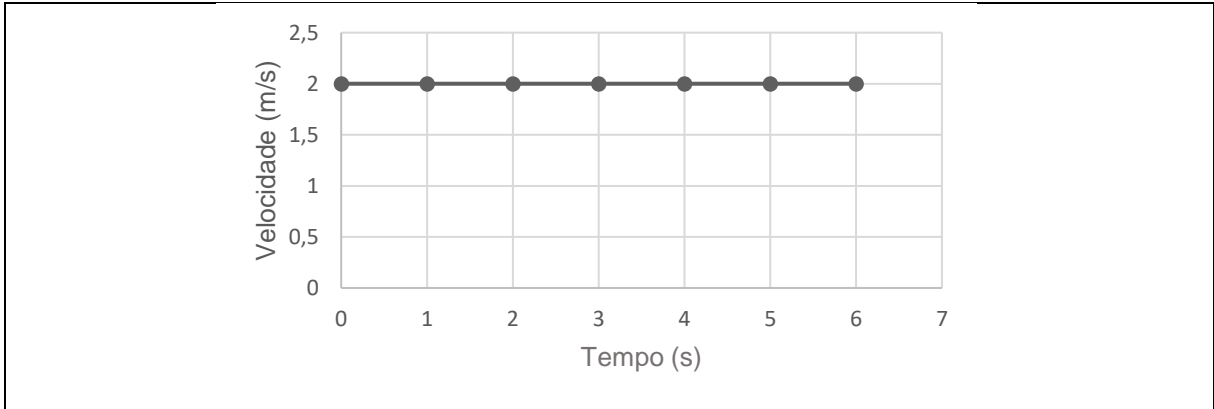


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O comportamento da função  $x(t)$  é crescente, ou seja, a posição da esfera cresce em função do tempo e pode ser descrito por uma função linear.

Agora vamos conhecer o comportamento da velocidade em função do tempo, ou seja, a função  $v(t)$ .

Gráfico 2 – Velocidade em função do tempo no movimento uniforme

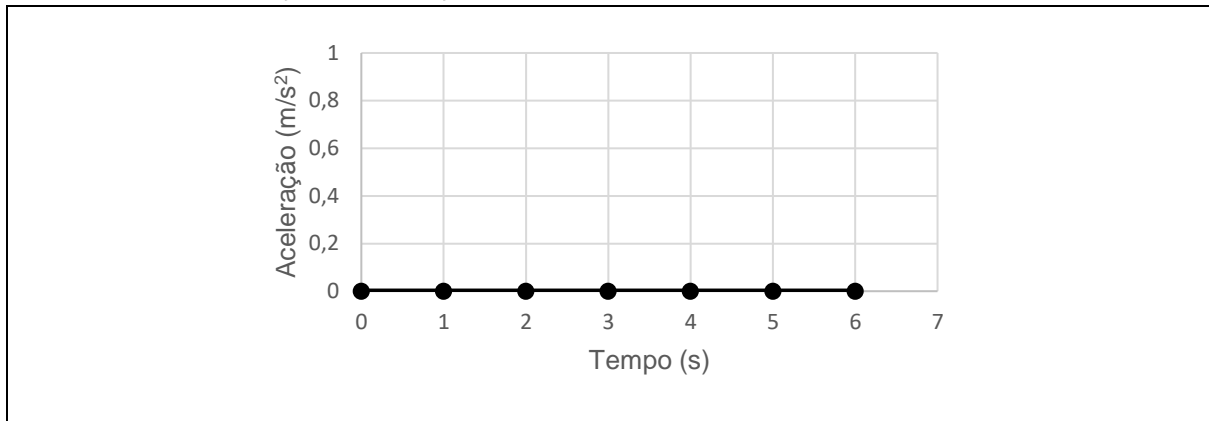


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

A velocidade é constante em qualquer instante de tempo, o Gráfico 2 demonstra uma linha reta horizontal indicando uma velocidade de 2 m/s.

E, por último, vamos conhecer a função aceleração  $a(t)$ . Podemos notar na Tabela 1 que a aceleração, em todo o percurso da esfera, é zero, ou seja, não existe aceleração.

Gráfico 3 – Aceleração em função do tempo no movimento uniforme



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Assim, finalizamos o processo de análise do movimento da esfera de aço que foi proposto no início desta seção.

### 3.3 MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

#### 3.3.1 Definição

Já o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) é o movimento em que o corpo sofre aceleração constante, mudando de velocidade em um dado intervalo de tempo. Para que o movimento continue sendo retilíneo, a aceleração deve ter a mesma direção da velocidade. Caso a aceleração tenha o mesmo sentido da velocidade, o movimento pode ser chamado de movimento retilíneo uniformemente acelerado. No caso em que a aceleração tenha sentido contrário ao da velocidade, o movimento pode ser chamado de movimento retilíneo uniformemente retardado.

#### 3.3.2 Gráficos

Neste espaço, fazemos uma breve discussão dos gráficos do movimento retilíneo uniformemente variado. Para iniciarmos a nossa discussão, vamos seguir um modelo que descreve o movimento de uma partícula. Os dados são hipotéticos e estão apresentados conforme segue a Tabela 2.

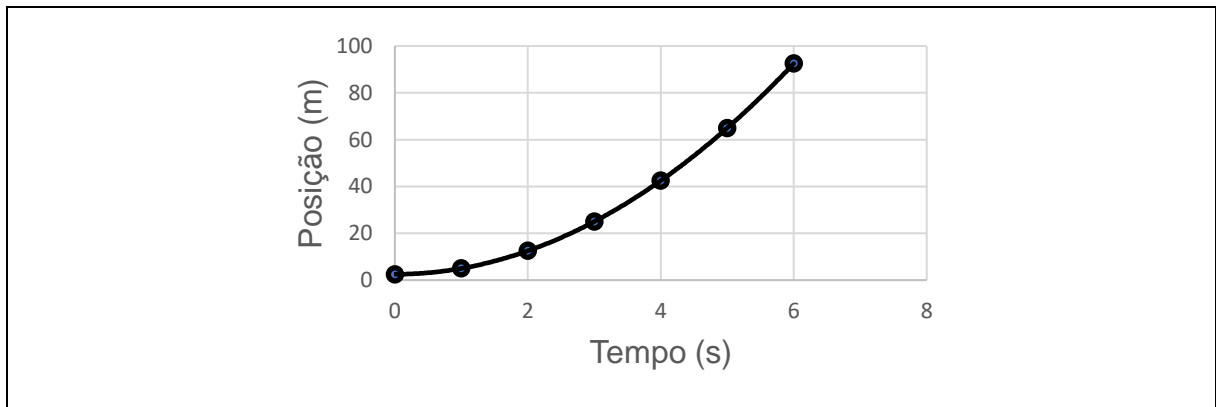
Tabela 2 – Dados do movimento da partícula no movimento uniformemente variado

$t(s)$	$x(m)$	$v(m/s)$	$a(m/s^2)$
0	2,5	0,0	5,0
1	5,0	5,0	5,0
2	12,5	10,0	5,0
3	25,0	15,0	5,0
4	42,5	20,0	5,0
5	65,0	25,0	5,0
6	92,5	30,0	5,0

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Utilizamos os dados idealizados para criar o movimento de uma partícula com aceleração constante. O Gráfico 4 mostra o comportamento da posição da partícula em função do tempo, quando a aceleração é constante.

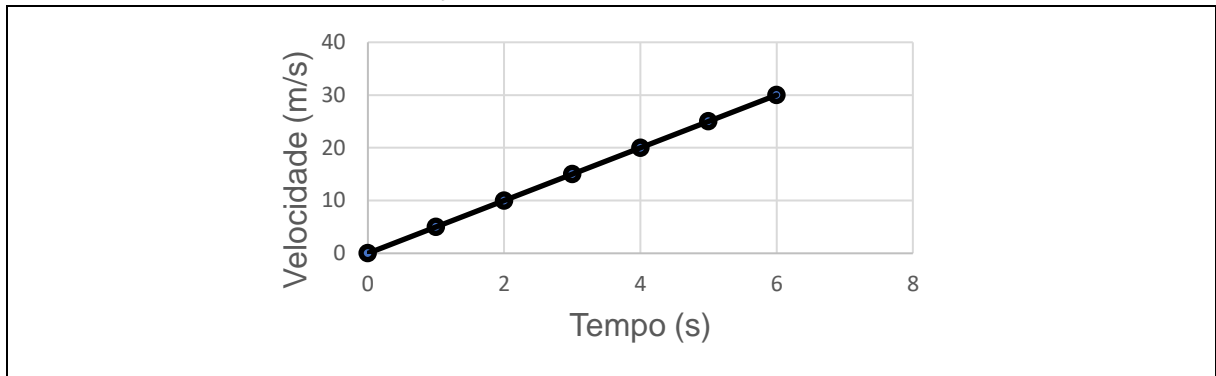
Gráfico 4 – Posição em função do tempo no movimento retilíneo uniformemente variado



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O gráfico da posição demonstra uma inclinação variável indicando uma parábola que é descrita por uma função do segundo grau, conforme a previsão dos dados previstos na Tabela 2. Na sequência, mostramos a análise do gráfico da velocidade em função do tempo, conforme mostra o Gráfico 5.

Gráfico 5 – Velocidade em função do tempo no movimento uniformemente variado



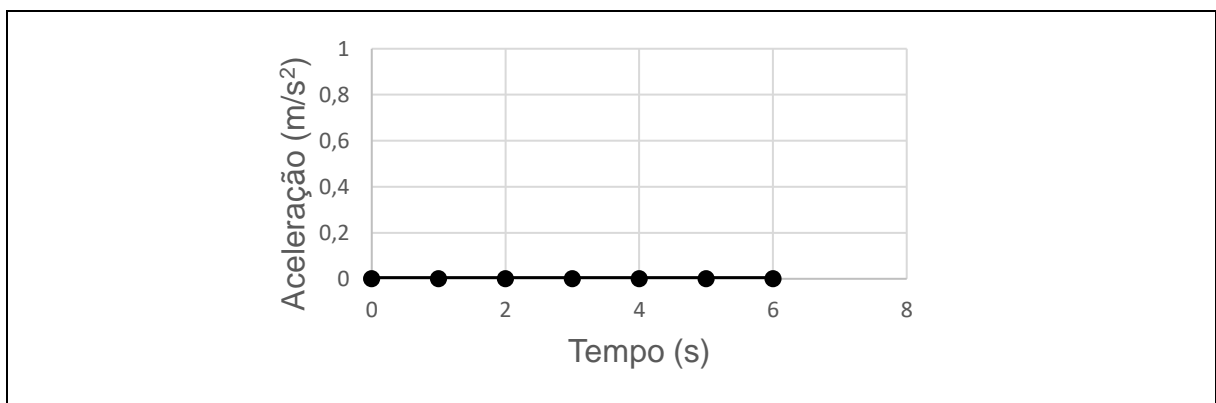
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Devemos lembrar que estamos assumindo uma aceleração constante de forma que a velocidade apresenta um comportamento diretamente proporcional ao tempo, onde uma equação linear pode descrever (prever) seu movimento, conforme já foi discutido e representado na Equação 8.

Para finalizar esta seção, o Gráfico 6 apresenta o comportamento da aceleração como função do tempo, sendo uma reta horizontal

Lembramos que a construção do gráfico da aceleração como função do tempo foi plotado conforme os dados extraídos da Tabela 2, cujos dados foram idealizados.

Gráfico 6 – Aceleração em função do tempo no movimento retilíneo uniformemente variado



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 3.3.3 Estudo do MRUV usando cálculos de integrais

Se arremessássemos um objeto para cima ou para baixo e, de alguma forma, pudéssemos eliminar os efeitos do ar sobre o voo, perceberíamos uma aceleração cujo valor, ou taxa em relação ao tempo, é constante. Esta taxa é conhecida como aceleração de queda livre ou de lançamento.

Utilizando os métodos de integração, podemos proceder da seguinte forma:

$$\int d\vec{v} = \int \vec{a} dt.$$

Como a aceleração é constante, ela pode ser retirada de dentro do integrando. Obtemos então:

$$\int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} d\vec{v}' = \vec{a} \int_0^t dt'$$

Ou simplesmente:

$$\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}t. \tag{13}$$

Essa equação descreve a velocidade em relação a um movimento retilíneo uniformemente variado.

Para chegarmos à equação que descreve a posição como função do tempo, temos que integrar a Equação 13, ou seja,

$$\int_{\vec{x}_0}^{\vec{x}} d\vec{x}' = \int_0^t \vec{v} dt'.$$

Como  $\vec{v}$  não é constante, não podemos retirá-la para fora do sinal da integral. Entretanto, podemos substituir a expressão de  $\vec{v}$  dada pela Equação 13:



$$\int_{\vec{x}_0}^{\vec{x}} d\vec{x}' = \int_0^t (\vec{v}_0 + \vec{a}t') dt'.$$

Uma vez que  $\vec{v}_0$  é uma constante, assim como aceleração  $\vec{a}$ , isto pode ser reescrito como:

$$\int_{\vec{x}_0}^{\vec{x}} d\vec{x}' = \vec{v}_0 \int_0^t dt' + \vec{a} \int_0^t t' dt'.$$

A integração nos fornece:

$$\vec{x}(t) = \vec{x}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{1}{2} \vec{a}t^2.$$

### 3.3.4 Queda livre

O movimento de um objeto se movendo apenas sob a influência da força da gravidade, tal que nenhuma outra força possa interferir no movimento, é chamado de queda livre. Rigorosamente considerando, a queda livre ocorre somente no vácuo, onde não há resistência do ar. O efeito da resistência do ar é pequeno no caso dos “objetos pesados” e compactos, de modo que cometeremos apenas um pequeno erro ao tratar estes objetos como se eles estivessem em queda livre. No caso de objetos leves e não compactos, tais como uma pena de pássaro, ou de objetos que caem por longas distâncias e adquirem altas velocidades, o efeito da resistência do ar não é desprezível. Destaca Segatto (2019, p. 32), em seu artigo sobre perícia criminal, a definição de longas distâncias.

Inicialmente vamos definir quedas de pontos elevados como sendo um evento no qual um corpo percorre uma trajetória sobre ação da gravidade, de um ponto inicial a um ponto de impacto. Em termos práticos, podemos considerar que esta queda para corpos humanos é uma queda livre, uma vez que, para até 100 m ou aproximadamente 28 andares (considerando 3,6 m por andar), a resistência do ar pode ser desconsiderada. Como definição do evento para a análise, vamos considerar que a imagem de um corpo em queda livre foi capturada por uma câmera de segurança em qualquer etapa de sua trajetória (SEGATTO, 2019, p. 32).

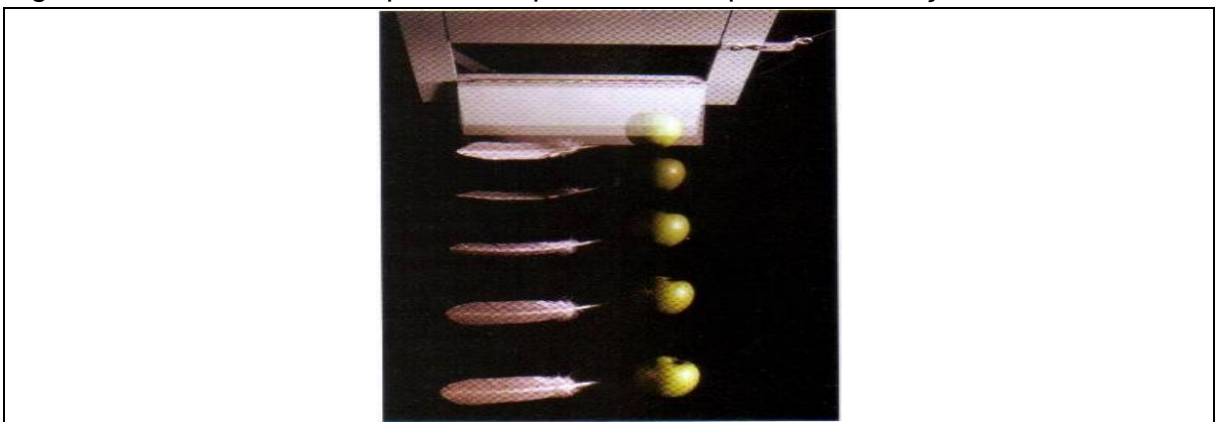
Foi Galileu quem percebeu que objetos em queda não batem no solo ao mesmo tempo. Existem ligeiras diferenças de tempos que decorrem da resistência do ar agindo nos objetos em queda. Galileu desenvolveu um modelo de movimento na ausência da resistência do ar que poderia valer para todos objetos. A descoberta de Galileu pode ser resumida da seguinte maneira:

- Se a resistência do ar for desprezada, dois objetos em queda, independentemente de suas massas, atingirão o solo no mesmo instante de tempo, com a mesma velocidade;
- Todos os objetos em queda livre adquirem a mesma aceleração. Esta é uma conclusão particularmente importante para o estudo do movimento de queda dos corpos.

### 3.3.5 Figura e gráficos do movimento de queda livre

Uma imagem emblemática utilizada para demonstrar o experimento de queda livre é a que demonstra uma série de fotos estroboscópicas de uma pena e de uma maçã, como pode ser observado na Figura 1, onde os objetos caem com a mesma aceleração da gravidade  $g$  constante, cujo valor é aproximadamente  $g = 9,98 \text{ m/s}^2$  na direção vertical e dirigida para baixo.

Figura 1 – Foto estroboscópica do experimento da pena e da maçã caindo no vácuo



Fonte: HALLIDAY (2006, p.27)

Para a construção dos gráficos da Posição, Velocidade e Aceleração, estamos reproduzindo, na Tabela 3, os dados do experimento que Dave Munday<sup>1</sup> realizou em 1993, deixando uma bola de aço cair de uma altura de 48 m, no lado canadense das Cataratas do Niágara.

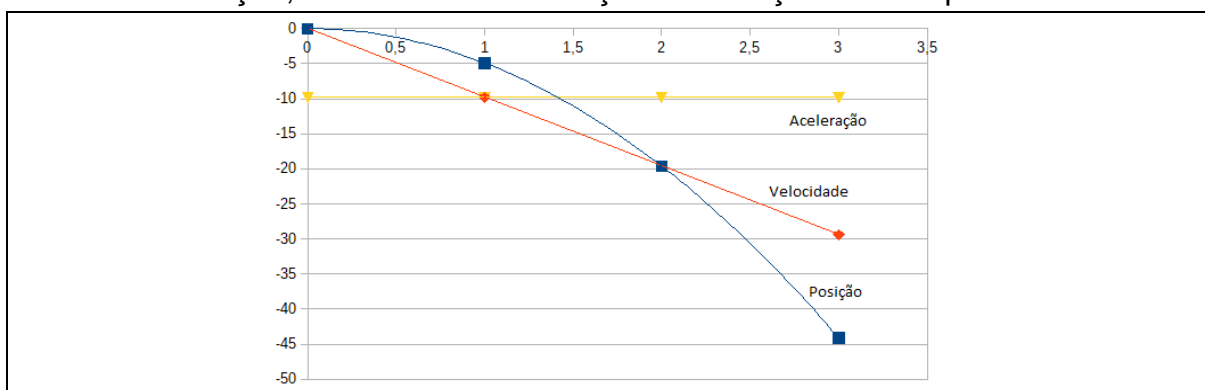
Tabela 3 – Dados do experimento de Dave Munday

$t(s)$	$y(m)$	$(v_{méd})$	$(a_{méd})$
0	0,0	0,0	- 9,8
1	- 4,9	- 9,8	- 9,8
2	- 19,6	- 19,6	- 9,8
3	- 44,1	- 29,4	- 9,8

Fonte: HALLIDAY (2006, p.28), adaptado pelo autor

Desprezando o efeito do ar e assumindo a velocidade inicial nula, podemos analisar o comportamento da bola de Munday, conforme consta no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Posição, velocidade e aceleração com funções do tempo



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

<sup>1</sup> Em 5 de outubro de 1985, dois meses após sua primeira tentativa de conquistar as Cataratas de Ferradura, frustrada pela polícia de Niagara Parks, John "David" Munday finalmente conseguiu. Vestido com macacão azul, esse mecânico de 48 anos de idade do Caistor Center fez sua viagem em um barril de aço de sete pés de comprimento e quatro pés de diâmetro. Forrado com alumínio separado por espuma, foi pintado de prata com uma folha de bordo vermelha do lado de fora. Seu barril, que incluía equipamento de vídeo e rádio, custou 16.000 dólares para construir. Após a queda, o barril de Munday foi recuperado por seus assistentes abaixo das cataratas, do lado de fora da plataforma de observação dos túneis cênicos de Table Rock. Emergindo de seu cano e subindo sobre as rochas escorregadias, ele foi aplaudido por sua equipe e por alguns membros locais da mídia. Munday foi a décima pessoa a sobreviver à viagem. Em 15 de julho de 1990, Munday mais uma vez tentou percorrer as Horseshoe Falls em um barril de aço "sem frescuras" de 179 kg (394 lb). O barril ficou preso por uma maré baixa à beira das cataratas e acabou sendo pescado por um cabo acoplado a um guindaste. Em 27 de setembro de 1993, John "Dave" segunda-feira se tornou a primeira pessoa a percorrer as Cataratas duas vezes. O homem de 56 anos realizou sua façanha usando um barril de aço vermelho e branco feito em casa. Disponível em <<http://www.infonigara.com/niagaradaredevils/davemunday.aspx>> Acesso em 4 de janeiro de 2020.

Sobre a discussão gerada ao longo desta seção, o Gráfico 7 apresenta o comportamento típico de queda livre de um objeto, no qual pode ser notado o comportamento de três variáveis, posição, velocidade e aceleração, no mesmo gráfico.

Notamos que:

- A posição ( $y$ ) é variável e é descrita por uma função quadrática;
- A velocidade ( $v$ ) cresce em função do tempo e seu comportamento pode ser descrito por uma função linear;
- A aceleração é constante e é igual a  $9,8 \text{ m/s}^2$ .

### 3.4 LANÇAMENTO OBLÍQUO

#### 3.4.1 Definição

Um projétil é um objeto que se move em duas dimensões unicamente pela força da gravidade. O movimento de projéteis é uma ampliação do movimento de queda livre. Aqui vamos assumir que não há influência da resistência do ar, o que poderá nos levar a resultados que estão em concordância com os dados experimentais para objetos relativamente pesados, que se movem com velocidades relativamente pequenas e por curtas distâncias.

O início do movimento de um projétil, seja ele arremessado por uma mão ou disparado por uma catapulta, é chamado de lançamento e o ângulo de orientação  $\alpha$  da velocidade inicial acima do eixo das abcissas é chamado de ângulo de lançamento. A relação existente entre o vetor velocidade inicial ( $\vec{v}_0$ ) e os valores iniciais das componentes ( $v_{0x}$ ) e ( $v_{0y}$ ) é dada por:

$$v_{ix} = v_i \cos\alpha \quad (15)$$

$$v_{iy} = v_i \sin\alpha \quad (16)$$

onde ( $\vec{v}_0$ ) é a velocidade inicial.

As componentes  $v_{ix}$  e  $v_{iy}$  não são necessariamente positivas em todos os casos. Em particular, um projétil lançado com um ângulo de orientação abaixo da horizontal, como uma bola arremessada obliquamente para baixo, a partir do topo de um prédio, possui valores negativos de  $\alpha$  e de  $v_{iy}$ . Todavia, a força da gravidade é dirigida para baixo e todos sabemos que objetos soltos a partir do repouso caem verticalmente para baixo e não, lateralmente. Daí, é razoável considerar que um projétil não possui aceleração horizontal e sua aceleração vertical é, simplesmente, a de queda livre. Assim podemos escrever:

$$a_x = 0$$

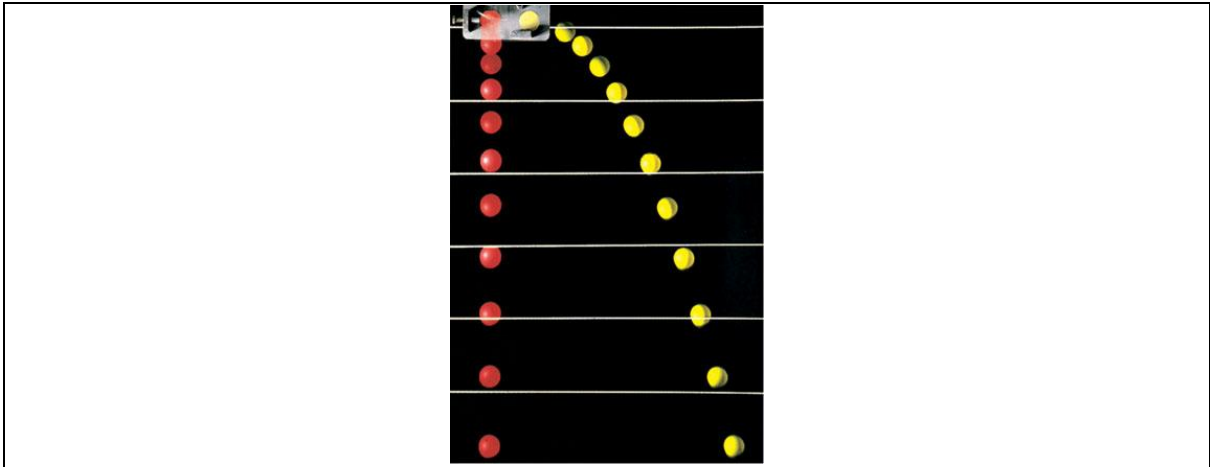
$$a_y = -g$$

Em outras palavras, podemos afirmar que a componente vertical  $a_y$  da aceleração tem o valor bem conhecido  $g$  de queda livre, enquanto a componente horizontal  $a_x$  é nulo. Podemos averiguar que o movimento de um projétil é composto por dois movimentos independentes: primeiro um movimento uniforme na direção horizontal e o segundo um movimento de queda livre na direção vertical.

### 3.4.2 Descrição matemática

Considere a seguinte situação: Uma bola é lançada exatamente na linha do horizonte de uma altura ( $h$ ) do alto de um prédio. No exato instante em que a bola é lançada, uma segunda bola é, simplesmente, solta a partir da mesma altura  $h$  (Figura 2). Qual das bolas atingirá o solo primeiro? Se a resistência do ar for desprezível, as duas bolas chegarão coincidentemente ao solo no mesmo instante de tempo. Isso ocorre porque as componentes horizontal e vertical do movimento do projétil são independentes. A velocidade inicial horizontal da primeira bola não tem qualquer influência sobre seu movimento vertical. Nenhuma delas tem qualquer movimento inicial na direção vertical, de modo que ambas caem por uma distância ( $h$ ) no mesmo tempo. Os movimentos verticais das duas bolas são idênticos e elas chegam juntas ao solo.

Figura 2 – Uma bola é abandonada a partir do repouso no mesmo instante em que outra bola é lançada horizontalmente. Os movimentos verticais das duas bolas são idênticos

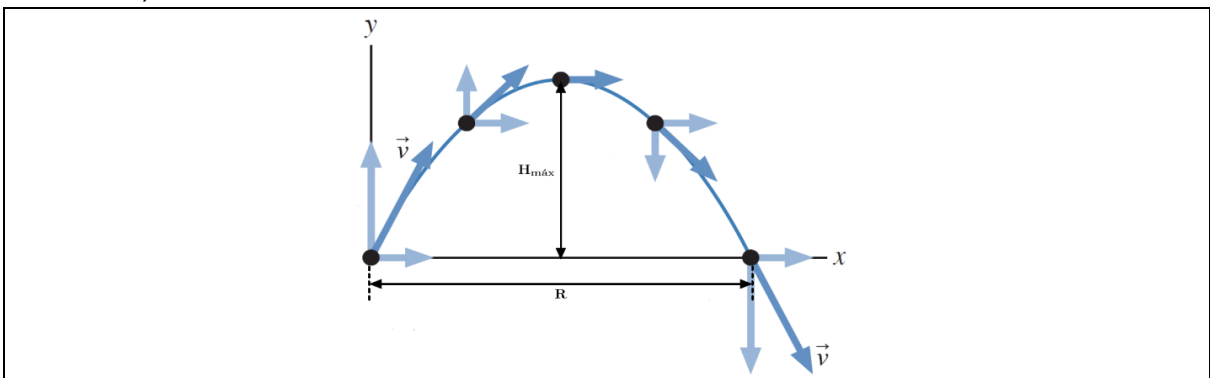


Fonte: HALLIDAY (2016, p.73)

Se não existisse a força da gravidade, um projétil seguiria em linha reta. Devido à força da gravidade, no instante  $t$  a bola terá se deslocado uma distância  $\frac{1}{2}gt^2$  abaixo dessa reta, isto é, o deslocamento vertical é uma função parabólica em relação ao tempo.

Esta característica de movimento independente nos garante dividir o problema que é bidimensional em dois problemas unidimensionais, um movimento horizontal, com aceleração nula e outro com aceleração vertical constante para baixo. Observemos a Figura 3.

Figura 3 – Trajetória de um projétil lançado da origem de um sistema de coordenadas. O movimento configura-se como uma combinação de um movimento vertical (com aceleração constante) e um movimento horizontal (com velocidade constante)



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Examinando a Figura 3, percebemos que a componente horizontal da velocidade  $v_{0x}$  permanece constante em toda trajetória, mas a componente vertical  $v_{0y}$  muda continuamente. Na Figura 3, é importante reconhecer a altura máxima e a distância máxima que um projétil pode atingir, em função do ângulo de lançamento. Na Figura 3 estas grandezas estão sendo representado por  $H_{\max}$  e  $R$ .

A velocidade inicial de lançamento pode ser escrita em função dos vetores unitários

$$\vec{v}_0 = v_{0x} \hat{i} + v_{0y} \hat{j}, \quad (17)$$

os quais são dados pela equação (15) e (16) e as componentes  $v_{0x}$  e  $v_{0y}$  onde  $\hat{i}$  e  $\hat{j}$  são os vetores unitários nas direções positivas do eixo x e y, respectivamente.

Agora estamos prontos para analisar o movimento de um projétil, que foi dividido em dois problemas unidimensionais:

- O Movimento horizontal: por não existir aceleração ao longo da componente horizontal  $v_x$ , em toda a trajetória, em qualquer tempo  $t$ , o deslocamento é dado por  $x - x_0 = v_{0x}t$ . Como  $v_{0x} = v_0 \cos \alpha_0$ , isto torna-se:

$$x - x_0 = (v_0 \cos \alpha_0)t. \quad (18)$$

- Movimento vertical: para uma partícula que se movimenta em queda livre, o mais importante é que a aceleração seja constante. Assim,

$$y = \left[ y_0 + (v_0 \sen \alpha_0)t - \frac{1}{2}gt^2 \right]. \quad (19)$$

Podemos encontrar a equação que descreve a trajetória da partícula isolando o tempo na Equação (18) e substituindo na Equação (19) que, após algumas manipulações, nos fornece:

$$y = (\tan \alpha_0)x - \frac{gx^2}{2(v_0 \cos \alpha_0)^2}, \quad (20)$$

Que é uma equação do segundo grau que descreve uma trajetória da parabólica.

O alcance  $R$  horizontal, ao longo do eixo  $x$ , conforme mostra a Figura 3, pode ser obtido fazendo  $x - x_0 = R$  na Equação (18) e  $y - y_0 = 0$  na equação (19). Ou seja,

$$\begin{aligned} R &= (v_0 \cos \alpha_0)t \\ 0 &= (v_0 \sin \alpha_0)t - \frac{1}{2}gt^2 \end{aligned}$$

E eliminando  $t$  nas duas equações, obtemos a equação

$$R = \frac{2v_0^2}{g} \sin \alpha_0 \cos \alpha_0 .$$

Usando a identidade trigonométrica de arco duplo  $\sin 2\alpha_0 = 2\sin \alpha_0 \cos \alpha_0$ , obtemos:

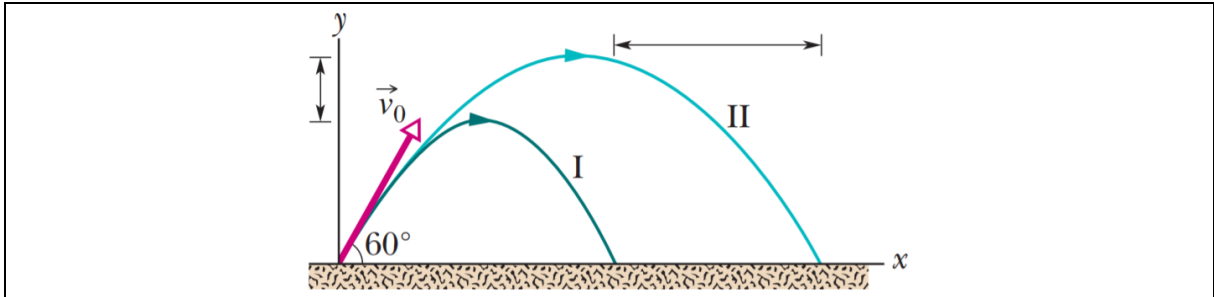
$$R = \frac{v_0^2}{g} \sin 2\alpha_0. \tag{21}$$

Esta equação só fornece o alcance do lançamento. O alcance  $R$  tem seu valor máximo para  $\sin 2\alpha_0 = 1$ , que corresponde a  $2\alpha_0 = 90^\circ$  ou  $\alpha_0 = 45^\circ$ .

Nesta subseção, trabalhamos com a suposição de que a resistência do ar é desprezível. Entretanto, em muitas situações, o efeito da resistência do ar pode ser bastante relevante, pois ele oferece resistência ao movimento do projétil. A Figura 4 demonstra a diferença de duas situações de movimento, sem o efeito da resistência do ar e com o efeito da resistência do ar.



Figura 4 – (I) Trajetória de um projétil levando-se em consideração a resistência do ar. (II) Trajetória que o projétil seguiria no vácuo



Fonte: HALLIDAY (2016, p.75)

- Trajetória I com o efeito da resistência ar;
- Trajetória II sem o efeito da resistência do ar.

### 3.5 FORÇA DE ARRASTO E VELOCIDADE TERMINAL

Quando um corpo se move através de um fluido que pode ser um gás ou um líquido, o corpo experimenta uma força que se opõe ao seu deslocamento. Esta força é conhecida como força de Arrasto  $\vec{F}_R$ .

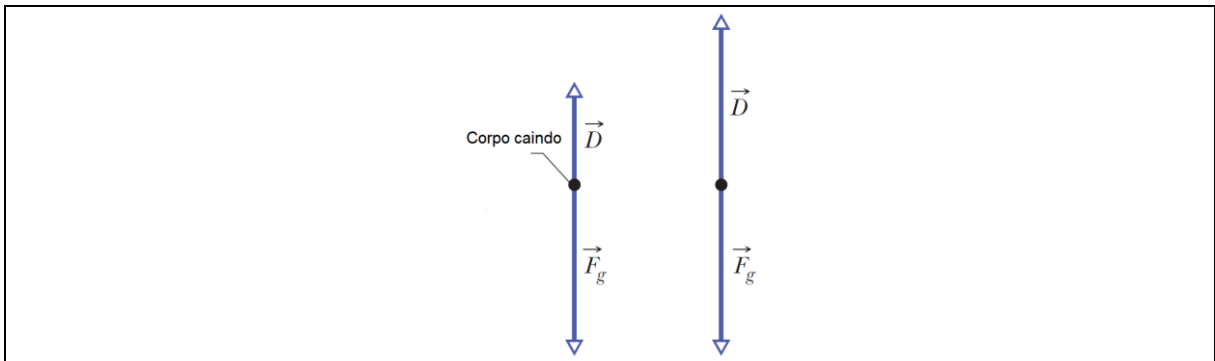
Vamos aqui analisar o caso onde o corpo encontra a resistência do ar e o movimento é rápido para produzir turbulência no ar formando redemoinhos atrás do corpo. Neste caso, a intensidade da força de arrasto está ligada ao módulo da velocidade, por meio do coeficiente de arrasto ( $C$ ) que é determinado experimentalmente. A força de arrasto é dada pela equação:

$$\vec{F}_R = -\frac{1}{2} C \rho A v^2 \hat{v}, \quad (22)$$

onde  $\rho$  é a densidade do ar,  $A$  é área da seção transversal efetiva do corpo. O coeficiente de arrasto  $C$ , em geral, varia de 0,4 a 1,0, não sendo uma constante, pois depende da velocidade.

Vamos agora aprimorar nossos conhecimentos sobre força de arrasto e velocidade terminal considerando a Figura 5, que mostra o diagrama de forças que atuam sobre o corpo em queda no ar.

Figura 5 – Forças que atuam num corpo em queda no ar



Fonte: HALLIDAY (2016, p.133)

Quando um corpo está em queda, agem sobre ele duas forças. A primeira é a força da gravidade, representada por  $\vec{F}_g$ , apontando para baixo. Assim que o corpo adquire velocidade, começa a agir a força de arrasto, aqui representada por  $\vec{F}_R$  que é ilustrada na Figura 5 por  $(\vec{D})$ , que tem a sua intensidade crescendo gradativamente em função do tempo de queda. Como ela está se opondo ao movimento e crescendo à medida em que a velocidade aumenta, então vai chegar a um momento onde o módulo de  $\vec{F}_R$  ficará igual ao módulo da força  $\vec{F}_g$ , gerando equilíbrio entre as forças, fazendo com que o corpo caia com velocidade constante. Podemos relacionar estas forças com segunda lei de Newton para eixo y vertical ( $F_{res,y} = ma_y$ ) como

$$F_R - F_g = ma. \quad (23)$$

Se o tempo de queda for suficientemente longo, a velocidade do corpo (corpo em queda) não mais aumentará, passando a cair com velocidade constante, que é chamada na literatura de velocidade terminal  $v_t$ .

Deste modo temos:

$$\frac{1}{2} C \rho A v_t^2 - F_g = 0,$$

que fornece

$$v_t = \sqrt{\frac{2F_g}{C\rho A}}. \quad (24)$$

Podemos constatar, na Tabela 4, algumas velocidades terminais que já são conhecidas:

Tabela 4 – Velocidades terminais de um objeto em queda no ar

<b>OBJETO</b>	<b>VELOCIDADE TERMINAL (m/s)</b>
Bola de tênis	31
Bola de pingue-pongue	9
Paraquedista (típico)	5

Fonte: HALLIDAY (2006, p. 134), adaptado pelo autor

## 4 APLICATIVO COMO FERRAMENTA DIDÁTICA

Neste capítulo, descrevemos o aplicativo VidAnalysis como um recurso tecnológico para implementação da metodologia POE.

### 4.1 O APLICATIVO VIDANALYSIS

A proposta inicial foi utilizar o sistema do Tracker<sup>2</sup> para executar a sequência de aulas que envolveria a análise de movimentos em vídeos filmados pelos próprios estudantes. O sistema Tracker exige algumas especificidades para seu uso, pois o funcionamento depende de computadores de mesa que utilizam as plataformas Windows, Mac e Linux. Isso exige que a unidade escolar de ensino possua um laboratório de informática em boas condições de uso e rede de internet disponível para os computadores.

Em face das restrições de uso do sistema Tracker, percebemos que o laboratório de informática da unidade de ensino onde atuamos não possuía as características necessárias para sua utilização, foi quando surgiu a ideia de buscarmos um aplicativo de análise de vídeo para suprir esta necessidade estabelecida pelo ambiente escolar. Araújo (2017) explora o uso do aplicativo VidAnalysis no lançamento de projeteis e sugere a continuidade deste trabalho em outros temas, tais como queda livre, oscilações harmônicas de uma mola, MRU e MRUV. Seu trabalho de pesquisa foi aplicado no 1<sup>a</sup> ano do ensino médio de uma escola da rede pública de ensino no estado do Ceará.

Araújo *et al.* (2017) ainda salientam que o aplicativo VidAnalysis é um sistema específico de uso em sala de aula, o qual está baseado na plataforma Android disponível em duas versões de uso na loja de aplicativos do Google Play. A versão paga não exibe anúncios, na versão livre são projetados alguns banners publicitários, caso o smartphone esteja conectado à internet. O aplicativo é mantido pela [vidanalysis.com](http://vidanalysis.com), com direitos reservados ao Austríaco Richard Sadek.

---

<sup>2</sup> O Tracker é uma ferramenta gratuita de análise e modelagem de vídeos construído na estrutura Java de Open Sourcer Physics (OSP). Ele é projetado para ser utilizado em aulas de Física, de direitos reservados a Douglas Brown. Disponível em: < <https://physlets.org/tracker/>>. Acesso em: 23 set. 2018.

O aplicativo VidAnalysis é uma ferramenta multiuso que pode ser utilizada nas aulas de física para abordar os conceitos de cinemática. Por se tratar de um sistema de fácil interface com usuário, mesmo sendo escrito na língua inglesa, os parâmetros de acesso ao sistema são altamente intuitivos, seguindo uma sequência lógica de utilização que favorece adaptação dos usuários que não têm domínio da língua inglesa. Apresentamos a seguir o Quadro 2, onde são resumidos os principais parâmetros do aplicativo que pode ser utilizado em experiências que envolvem análise de vídeos:

Quadro 2 – Descrição do processo de vídeo-análise utilizando o aplicativo VidAnalysis

PASSOS	OBSERVAÇÃO 1	OBSERVAÇÃO 2
Obtenção do vídeo	Interno do seu Smartphone	Externo, baixados de outras plataformas
<b>Ao iniciar uma análise no aplicativo é necessário conhecer:</b>		
Barra de rolagem e movimentação dos frames	Inserir parâmetros dos frames	Excluir partes desnecessárias do vídeo
Informar dimensão de comprimento existente no vídeo	Unidade de medida e (m), padrão do aplicativo	É necessário ter um objeto no vídeo onde as duas dimensões sejam conhecidas.
Sistema de coordenadas	Definir x, y e z	Ajuste de coordenadas, os eixos podem ser racionados conforme a necessidade da análise.
Salvar	A cada análise temos que gravar os parâmetros inseridos.	Novas análises podem ser feitas com outros parâmetros.
Resultados	5 gráficos e 1 tabela	Ideal e visualizar modo paisagem

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Além disso, fica disponível para os usuários uma aba complementar de informações que podem ser utilizadas conforme a necessidade do usuário, como por exemplo:

1. Salvar os dados coletados em arquivo CVS<sup>3</sup>;

<sup>3</sup> O CSV é uma implementação particular de arquivos de texto separados por um delimitador, que usa a vírgula e a quebra de linha para separar os valores. O formato também usa as aspas em campos nos quais são usados os caracteres reservados (vírgula e quebra de linha). Essa robustez no formato torna o CSV mais amplo que outros formatos digitais do mesmo segmento. Disponível em: <[http://wiki.inetweb.com.br/index.php?title=O\\_que\\_%C3%A9\\_formato\\_CSV\\_%3F](http://wiki.inetweb.com.br/index.php?title=O_que_%C3%A9_formato_CSV_%3F)>. Acesso em: 23 set. 2018.

2. Revisar análise, calibrar a marcação de pontos em cada quadro;
3. Renomear nome da análise;
4. Deletar toda análise;
5. Help, consultar alguma informação relevante.

Quanto à produção de vídeos, é essencial que eles sejam produzidos em um ambiente com bastante iluminação, que o corpo a ser analisado possua destaque, evitando sombras, e que todo o movimento aconteça dentro de um mesmo quadro de produção, disponível pelas dimensões da tela do smartphone ou tablete que está sendo utilizado. Outra informação importante é que o vídeo que venha a ser produzido tenha uma referência de tamanho, como uma régua ou medida já determinada. O aplicativo necessita ter esta referência de medida para melhor representar o fenômeno que está sendo analisado. O aplicativo trabalha com sistema internacional de medidas SI.

Podemos observar na Figura 6 a tela principal do aplicativo VidAnalysis. Ela é formada por uma barra de ferramentas simples, com três ícones de acesso: uma câmera, um sinal em forma de cruz e três pontos na vertical.

Figura 6 – Tela inicial do aplicativo VidAnalysis



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O ícone em formato de **câmera** representado na Figura 6, destacado com círculo, executa as filmagens que serão analisadas nos experimentos. Uma segunda opção seria acessar o ícone em formato de **cruz** para ter acesso a vídeos já gravados em seu dispositivo.

Uma vez gerada análise, o sistema mostra 5 diferentes gráficos, seguindo os padrões do sistema internacional de medidas (SI)<sup>4</sup>:

---

<sup>4</sup> O Sistema Internacional de Unidades (SI) foi criado em 1960, na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM), com a finalidade de padronizar as unidades de medida das inúmeras grandezas existentes a fim de facilitar a sua utilização e torná-las acessíveis a todos. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/sistema-internacional-unidades.htm>>. Acesso em: 10 out. 2018.

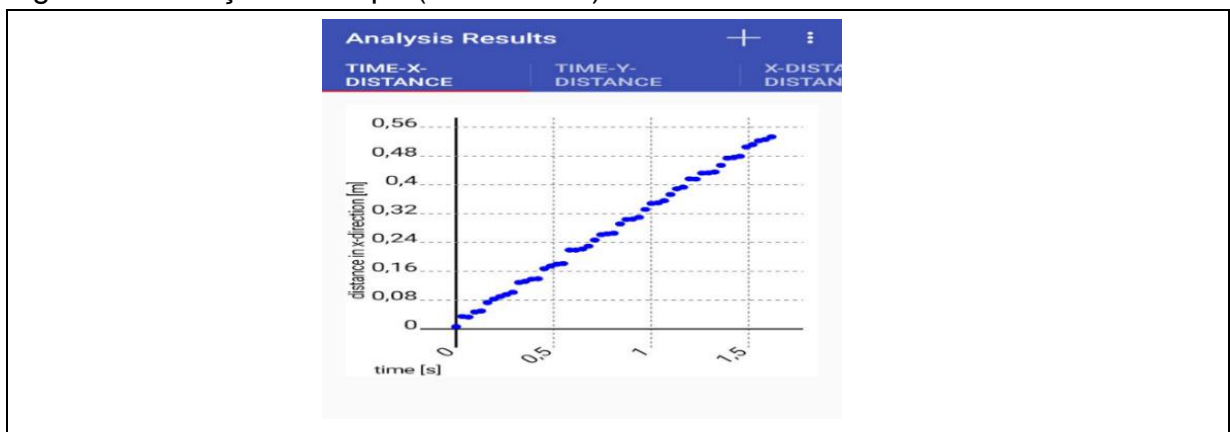
1. Distância x Tempo em (direção x);
2. Distância x Tempo em (direção y);
3. Distância (y) x Distância (x);
4. Velocidade x Tempo (direção x);
5. Velocidade x tempo (direção y).

Demostraremos nas Figuras 7, 8, 9 e 10 um resumo das principais funcionalidades do aplicativo, por exemplo, gráficos e funções adicionais. Outro ponto a observar e que estes dados foram extraídos da análise do trilho de ar horizontal.

Um comportamento mais próximo da idealização teórica, em experiências de mecânica, pode ser conseguido, por exemplo, diminuindo-se o atrito existente entre os objetos em estudo. O polimento eficiente das superfícies de contato ou a utilização de uma camada de ar entre essas mesmas superfícies são técnicas empregadas para isso. Com base nesse último princípio, desenvolveram-se várias classes de dispositivos, tais como os discos e as mesas de ar para estudos bidimensionais, e o trilho de ar para análises unidimensionais (PIMENTEL, 1989, p.16).

Observando a Figura 7 podemos perceber, no lado superior esquerdo, o ícone em formato de **Cruz**, o qual está associado ao complemento da análise do aplicativo, onde o estudante é convidado adicionar uma função que melhor descreva os pontos gerados pelo sistema.

Figura 7 – Posição x Tempo (Trilho de Ar)



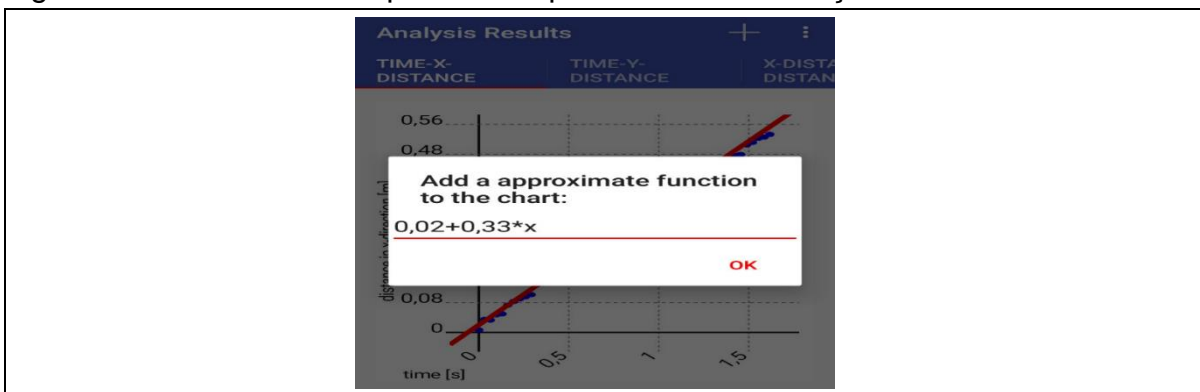
Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Esta experiência do trilho de ar foi por nós realizada para que conhecêssemos os gráficos produzidos pelo aplicativo. Para a construção deste trabalho de pesquisa, foram feitos vários testes com o aplicativo na intenção de perceber seu

funcionamento. Os casos analisados foram de função afim, por exemplo, um carrinho se movimentando em um plano em linha reta. Na função quadrática analisamos o lançamento oblíquo de um foguete conforme o trabalho de Araújo (2017). Em todos os casos citados, o aplicativo construiu uma linha de tendência central que se aproxima dos dados analisados. Esta opção está disponível para os 5 gráficos gerados pelo aplicativo, conforme pode ser observado nas Figuras 8, 9 e 10.

Para dirimir a forças de atritos nos experimentos de mecânica, Laudares (2004) argumenta que “um problema comum na montagem de experimentos de mecânica é a eliminação de forças de atrito indesejadas. Nos laboratórios didáticos isto é frequentemente realizado com o auxílio de trilhos de ar”.

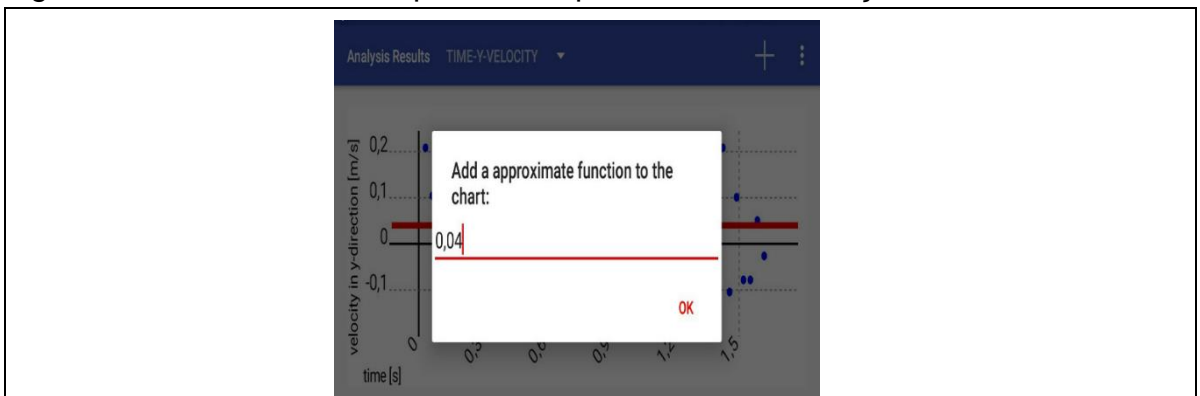
Figura 8 – Distância x Tempo – Caixa para adicionar a função



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O ícone em formato de cruz acessa parte do sistema para inserir funções, sendo que, no caso específico da Figura 8, uma função Afim.

Figura 9 – Velocidade x Tempo – Caixa para adicionar a função

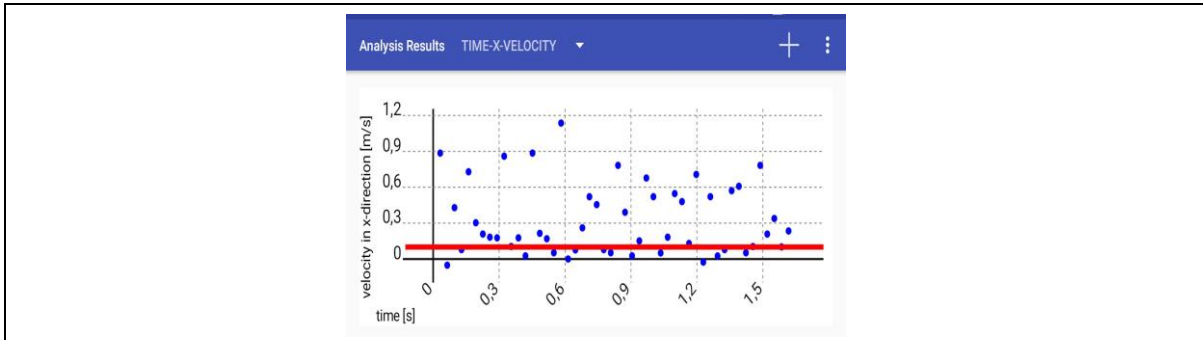


Fonte: Elaborado pelo autor (2020)



Na Figura 9, temos uma caixa de diálogo específica para digitar os parâmetros da equação. Para explorar esta parte do sistema, é necessário que os estudantes já tenham conhecimento do conjunto de equações que regem o movimento em análise.

Figura 10 – Velocidade x Tempo – Linha de tendência



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Podemos observar na Figura 10 a linha de tendência construída pelo sistema, uma reta destacada na cor vermelha representando uma função constante. Uma questão a salientar são os pontos aleatórios da velocidade em função do tempo na figura 10, erro que acontece por questões procedimentais das marcações ponto a ponto do movimento do carrinho deslizando no trilho de ar. Para marcar os pontos na tela do celular, utilizamos a ponta do dedo indicador, desta forma não conseguimos a precisão necessária para demonstrar velocidade constante. Explicitadas essas considerações iniciais, concluímos que a velocidade está contida no intervalo de 0 a 0,3 onde ocorre a maior incidência de pontos.

## 5 APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

Neste capítulo faremos uma descrição da proposta didática que foi aplicada na EEEFM Dr. José Moyses, localizada no bairro Santa Catarina, que atende à população estudantil, da região 7 do município de Cariacica. Nosso trabalho de pesquisa foi desenvolvido no primeiro ano do ensino médio.

Para alcançar os objetivos da pesquisa, construímos uma sequência de aulas pautadas no método Predizer, Observar e Explicar (POE). Assim, propusemos 8 experimentos com análise de vídeos em sala de aula, usando o aplicativo VidAnalysis como ferramenta pedagógica. Nossa intenção é potencializar o ensino de física com vistas à compreensão de conceitos de cinemática.

### 5.1 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta Sequência Didática busca apropriação de conceitos de Cinemática a partir da utilização do método investigativo POE, utilizando o aplicativo VidAnalysis como ferramenta pedagógica. Para cada encontro, foram construídas fichas de “Atividade Investigativa”. A sequência de aulas contou com 10 encontros, nos quais foram desenvolvidos 8 experimentos. O Quadro 3 apresenta a sequência de encontros.

Quadro 3 – Descrição simplificada dos encontros

(continua)

ENCONTROS	DESCRIÇÃO - 1	DESCRIÇÃO - 2
1	Introdução e aplicação do pré-teste	Aula de apresentação da Sequência Didática
2	Atividade quebra gelo: POE, App VidAnalysis	Vídeo analisado: objeto deslizando sobre o trilho de ar horizontal (MRU)
3	Atividade quebra gelo: POE, App VidAnalysis	Vídeo analisado: moto na estrada (MRU)
4	Atividade quebra gelo: POE, App VidAnalysis	Vídeo analisado: esfera em movimento (MRU)
5	Visita à praça da Ciências	Equipamento analisado: tirolesa com massa diferentes e com o mesmo ângulo.

(conclusão)

6	Movimento de queda livre sem resistência do ar	Movimento vertical de esferas de aço.
7	Movimento de queda com resistência do ar	Movimento vertical de bolas de isopor
8	Lançamento oblíquo sem resistência do ar	Foguete de palitos de fósforo
9	Lançamento oblíquo com resistência do ar	Lançamento oblíquo de bolinhas de isopor
10	Questionário Pós-teste	Avaliação

---

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

## 5.2 DESCRIÇÕES DOS ENCONTROS

### 5.2.1 Encontro 1: questionário pré-teste

Para o encontro inicial foi previsto uma roda de debates com os estudantes sobre a proposta pedagógica, aplicada em 10 encontros subsequentes abordando a apropriação de conceitos de cinemática, cuja participação dos estudantes é de fundamental importância. Todos os alunos foram esclarecidos quanto ao objetivo da pesquisa e tiveram contato com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A). A nossa intenção era que o estudante se tornasse parte integrante do processo de aprendizagem, e para isso, incentivamos sua autonomia e seu engajamento. O trabalho foi executado por grupos de estudantes e mediado pelo uso da metodologia de aprendizagem ativa POE, mais conhecida como método POE.

Na explicação do questionário pré-teste, de vital importância ao longo de todo este processo, foi esclarecido que os estudantes deveriam responder aos questionamentos propostos como forma de levantar seus conhecimentos prévios acerca da compreensão de conceitos de cinemática. Além disso, um segundo questionário pós-teste foi aplicado ao final das sequências de aulas, para avaliarmos o método de ensino proposto e apropriação de conceitos por parte dos estudantes. Por fim, aplicamos um terceiro questionário para avaliação do produto educacional como um todo, na perspectiva dos participantes.

Tanto no questionário pré-teste quanto no pós-teste utilizamos a plataforma do aplicativo Plickers<sup>5</sup>. Nunes (2017, p. 37) salienta sobre o uso das Tics nas metodologias ativas.

O aplicativo Plickers tem como finalidade precípua, favorecer uma avaliação dinâmica, que permita mensurar instantaneamente, o nível de aprendizado. O relatório gerado ao final de cada questão, possibilita uma análise acerca do aprendizado sobre cada ponto estudado, promovendo, se necessário, uma revisão direcionada ao tema que apresentou baixo rendimento (NUNES, 2017, p.37).

Explicitados essas considerações iniciais, nossa intenção foi agilizar os tratamentos das informações e termos uma melhor interpretação dos dados, uma vez que, o sistema gera automaticamente gráficos e tabelas mediante as respostas dos estudantes.

## 5.2.2 Encontro 2: aprendendo a usar o App VidAnalysis

Esta experiência inicial foi concebida como uma atividade de ambientação, para que os estudantes pudessem ter um primeiro momento de interação com a metodologia proposta e utilização do aplicativo. Ximenes (2016, p. 1) ressalta a importância da utilização de atividades cooperativas denominadas “quebra gelo”:

O Programa de Aprendizagem Cooperativa em Células Estudantis (PACCE) tem em sua base a criação de células estudantis, grupos de estudos, com objetivos de promover a integração dos mais variados cursos da Universidade Federal do Ceará e formar profissionais mais proativos e habilitados ao trabalho em grupo. Como forma de organização dos grupos, são dadas oficinas para os membros novatos, com intuito de apresentar a metodologia do PACCE, cuja fundamentação baseia-se em seus cinco pilares da aprendizagem cooperativa: Habilidades Sociais, Interação Face a Face, Responsabilidade Individual, Interdependência Positiva e Processamento de Grupo. Dessa forma, são montados diversos grupos com membros veteranos e novatos que, durante o semestre, realizam um processo de formação cujos participantes se apropriam de forma prática dos conceitos e dos pilares que fundamentam a metodologia da aprendizagem cooperativa (XIMENES, 2016, p. 1).

---

<sup>5</sup> O Plickers permite que se façam pesquisas na aula gratuitamente, sem a necessidade de dispositivos dos alunos. Basta dar a cada aluno um cartão (um "clicker de papel") e usar seu iPhone / iPad para digitalizá-los para fazer verificações instantâneas de compreensão, bilhetes de saída e pesquisas improvisadas. O melhor de tudo é que seus dados são salvos automaticamente, aluno por aluno. Acesso em <plickers.com> consultado em 14 de outubro de 2017, (tradução nossa).

Neste sentido de atividades cooperativas, optamos em utilizar vídeos que estavam disponíveis na internet na proposta de Júlio (2016). Os vídeos foram acessados e baixados pelos estudantes, pois estão disponíveis em um link<sup>6</sup> de livre acesso que o autor mantém na nuvem para divulgar seu produto educacional e orientar futuras pesquisas.

O Quadro 4 mostra os vídeos que fizeram parte deste primeiro momento “quebra gelo”, em que houve a ambientação entre o método de ensino e a ferramenta computacional. O objetivo principal deste encontro foi mostrar a utilização do método POE associado à utilização das tecnologias de informação. Sobre esse tema, argumenta Torres (2004, p. 1) que a

Aprendizagem Colaborativa é uma estratégia de ensino que encoraja a participação do estudante no processo de aprendizagem e que faz da aprendizagem um processo ativo e efetivo. É um conjunto de abordagens educacionais também chamadas de aprendizagem cooperativa ou aprendizagem em grupo pequeno (TORRES, 2004, p. 1).

Descrevemos no Quadro 4 a combinação do método POE e o processo de vídeo análise proposta pelo aplicativo VidAnalysis.

Quadro 4 – Descrição da metodologia de ensino e utilização do aplicativo VidAnalysis

<b>ATIVIDADE QUEBRA GELO – CORPO EM MOVIMENTO NO PLANO (MRU)</b>			
Vídeos analisados	Metodologia – POE		
	1ª Etapa	2ª Etapa	3ª Etapa
Objeto deslizando sobre o trilho de ar horizontal. Moto na estrada. Esfera em movimento.	<b>Predizer:</b> Formulação da Hipótese	<b>Observar:</b> Promover confronto de ideias	<b>Explicar:</b> Promover a elucidação das concepções alternativas

É na 2ª etapa, **observar**, que o estudante utiliza o aplicativo VidAnalysis como ferramenta de ensino, para que ele possa confrontar sua hipótese inicial com as observações promovidas pelo processo de vídeo análise do aplicativo.

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

<sup>6</sup> <https://www.dropbox.com/sh/iq7d4pgrqeukfgu/AACiod0DmTG1CwO4nadd1Htea?dl=0>

Uma vez baixado e salvo o vídeo em seu Smartphone, o grupo de estudantes recebe a “Ficha investigativa” do Trilho de Ar horizontal e inicia o processo de vídeo análise. Vejamos a sequência de etapas abordadas pelos estudantes.

**Primeira etapa:** Predizer o acontecimento físico, (formulação de hipótese), respondendo à pergunta:

“O que pode ser dito a respeito do movimento de um corpo, no experimento do trilho de ar”. O estudante responde a este questionamento expondo seus conhecimentos prévios sobre movimento de um corpo.

**Segunda etapa:** Observar o acontecimento físico, (Confronto de ideias), respondendo à pergunta “Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento do carrinho no trilho de ar, quando está em movimento”. É nesta etapa que o estudante usa todo aparato computacional disponível no aplicativo VidAnalysis.

**Terceira etapa:** Explicar o acontecimento físico, (Elucidar as concepções alternativas) respondendo à pergunta “Caso haja diferença entre a Hipótese e a Observação explique suas diferenças”. É nesta etapa final do processo que os estudantes podem mudar suas concepções alternativas. Vale à pena frisar que este trabalho de pesquisa busca no indivíduo a apropriação de conceitos físicos.

### 5.2.3 Encontro 3: atividade de análise em vídeo 2

Ainda neste encontro trabalhamos com vídeos disponíveis na internet com a intenção de promover a ambientação dos estudantes na utilização do método POE conjugado com o processo de vídeo análise do aplicativo VidAnalysis. O vídeo escolhido para este encontro foi a experiência da Moto na Estrada. Selecionamos, na Figura 11, um frame do vídeo em que moto segue a sua trajetória.

Figura 11 – Apresentação da trajetória do motociclista na estrada



Fonte: SILVA (2016), adaptado pelo autor

Na Figura 11 destacamos, na cor vermelha, a trajetória do motociclista, cujo movimento acontece da direita para a esquerda. A seta azul marca o ponto na trajetória onde o motociclista se encontra

#### 5.2.4 Encontro 4: atividade de análise em vídeo 3

Para finalizarmos o período de adaptação dos estudantes, propusemos utilizar o experimento de uma esfera de aço em movimento sobre um trilho graduado, fechando o ciclo de experiências de movimento retilíneo uniforme (Figura 12).

Figura 12 – Apresentação da esfera deslizando sobre o trilho graduado



Fonte: SILVA (2016), adaptado pelo autor

#### 5.2.5 Encontro 5: atividade de análise em vídeo 4

Neste encontro foi realizado uma visita da turma à Praça de Ciência, localizada no estado do Espírito Santo, na capital Vitória. O local está sempre aberto ao público

inclusive aos domingos e feriados, onde são oferecidos 16 equipamentos com orientação pedagógica que podem ser manipulados pelos seus visitantes.

Além dos equipamentos, são oferecidas oficinas com monitores que auxiliam os visitantes a montarem experimentos simples com material de baixo custo. O espaço tem visitação livre e a entrada é franca. Visitamos todos os equipamentos disponíveis na praça, em especial a Tirolesa onde trabalhamos os conceitos de plano inclinado. Para melhor caracterização do local, apresentamos uma imagem da entrada principal da praça da ciência, conforme observado na Figura 13.

Figura 13 – Entrada principal da Praça da Ciência



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Seguindo os grupos preestabelecidos desde o encontro inicial, os estudantes foram orientados a executar 3 diferentes filmagens, alternando a massa. O equipamento foi construído para executar movimentos de descida com ângulos fixos nas tirolesas Azul, vermelha e Amarela como mostrado na Figura 14.

Figura 14 – Equipamento tirolesa



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)



Este encontro, em específico, traz na sua concepção a quebra da rotina escolar, onde estudantes estão acostumados com o tradicionalismo de salas de aula, excesso de oralidade por parte do professor, execução da lista de exercícios e pouca discussão acerca de apropriação de conceitos e fatos históricos. Após cada grupo executar suas filmagens, foi entregue as fichas de “Atividade investigativa” do experimento da Tirolesa. Todo processo foi executado na própria praça da ciência.

Estava previsto para este encontro uma visita de 4 horas, sendo que os trabalhos foram distribuídos da seguinte forma:

1. Visita com orientação pedagógica nos 16 equipamentos disponíveis na praça;
2. Execução das filmagens e edições necessárias do processo;
3. Entrega das fichas de “Atividade investigativa”;
4. Conclusão da análise de vídeo pelo aplicativo.

Por envolver um dia letivo de estudos que está previsto no calendário escolar, esta visita técnica e estava em condições de harmonia com toda comunidade escolar, a saber:

1. Direção escolar, responsável pela viabilidade do transporte;
2. Coordenação pedagógica, responsável por autorizar a proposta pedagógica;
3. Coordenação escolar, responsável por organizar horários da visita;
4. Pais ou representante legal, autorizar de saída do estudante.

#### **5.2.6 Encontro 6: atividade experimental 5**

Este encontro busca a compreensão de conceitos físicos de queda dos corpos desprezando a resistência do ar. Para explorarmos esta situação de queda, buscamos filmar esferas de aço de tamanhos (P) 5 cm, (M) 8 cm e (G) 10 cm de diâmetro, em movimento.

Os alunos foram instruídos a produzir e editar vídeos do movimento vertical de bolas de aço de diferentes tamanhos, analisadas utilizando o aplicativo VidAnalysis. Todo o processo de análise de vídeo foi mediado pela metodologia POE, onde nos

propusemos utilizar neste encontro uma aula de 55 minutos. O experimento utilizando bolas de aço é basicamente simples de fácil manuseio e controle, podendo ser realizado em uma sala de aula tradicional.

Apresentamos a seguir a rotina de trabalho para utilização do experimento e aplicação da análise de vídeo, bem como a utilização da metodologia POE:

- Definição da altura de queda;
- Filmagem do experimento;
- Edição da filmagem;
- Entrega da ficha de “Atividade computacional investigativa”;
- Aplicação da metodologia vinculada ao uso do aplicativo.

### **5.2.7 Encontro 7: atividade experimental 6**

Este encontro busca a compreensão de conceitos físicos de queda dos corpos, levando em consideração a resistência do ar. Para explorar esta situação buscamos filmar a queda de bolas de isopor de tamanhos (P) 3 cm, (M) 4 cm e (G) de 5,5 cm de diâmetro.

Os alunos foram instruídos a produzir e editar vídeos do movimento vertical de esferas de diferentes tamanhos, analisadas utilizando o aplicativo VidAnalysis. Todo o processo de análise de vídeo foi mediado pela metodologia POE, onde nos propusemos a utilizar neste encontro uma aula de 55 minutos. O experimento utilizando bolas de isopor é simples de fácil manuseio e controle podendo ser realizada em uma sala de aula tradicional.

### **5.2.8 Encontro 8: atividade experimental 7**

Dando sequência à Sequência Didática, utilizamos o encontro 8 para trabalhar o conceito de lançamento oblíquo, onde foi lançado um foguete feito de palito de fósforo. Este encontro configura-se como uma atividade ampliada dos encontros anteriores pois executamos o processo de filmagem e edição de vídeos em sala de aula. Utilizamos o tempo regular de uma aula de 55 minutos, onde os estudantes em grupos

foram instruídos a executar uma filmagem do lançamento de um foguete de palito de fósforo.

Propusemos aos alunos a construção e montagem de um foguete de palito de fósforo. Este é um experimento bastante simples que utiliza materiais de baixo custo e pode ser realizado em uma aula de 55 minutos.

Os materiais utilizados para montagem do experimento são 3 palitos de fósforo, uma fita de papel-alumínio de dimensões 6 x 2 cm, 1 clipe grande de papel, um palito de churrasco e uma caixa de fósforo. Cada grupo recebeu um kit com materiais necessários para o lançamento do foguete.

Esta aula foi dividida em três momentos:

**1ª momento** - Instruções de montagem e manuseio<sup>7</sup> do foguete de palitos de fósforo seguindo uma adaptação do modelo proposto por Amoroso (2018), no qual o autor salienta as precauções da montagem e do lançamento do foguetinho.

Esta experiência envolve fogo e faz com que um palito de fósforo seja lançado muitas vezes para longe. Portanto, você deve ter cuidado e, de preferência, fazê-la em um local aberto. Evite ambientes com carpetes, cortinas e outros tipos de tecido, pois estes podem pegar fogo muito facilmente (AMOROSO, 2018).

Essa não é uma tarefa original do experimento do Amoroso (2018). Nossa adaptação fez a substituição da base de lançamento, uma caixa de fósforo, por um clip de papel número 8/0 com 5,5 cm de altura. Por se tratar de um ambiente de sala de aula, tomamos a precaução da troca de base, pois temos 28 alunos divididos em 10 grupos de trabalho, pois concluímos que seria arriscado deixar uma caixa de fosforo completa entre os grupos, pois uma brincadeira ou o mau uso poderia causar um acidente entre os participantes.

---

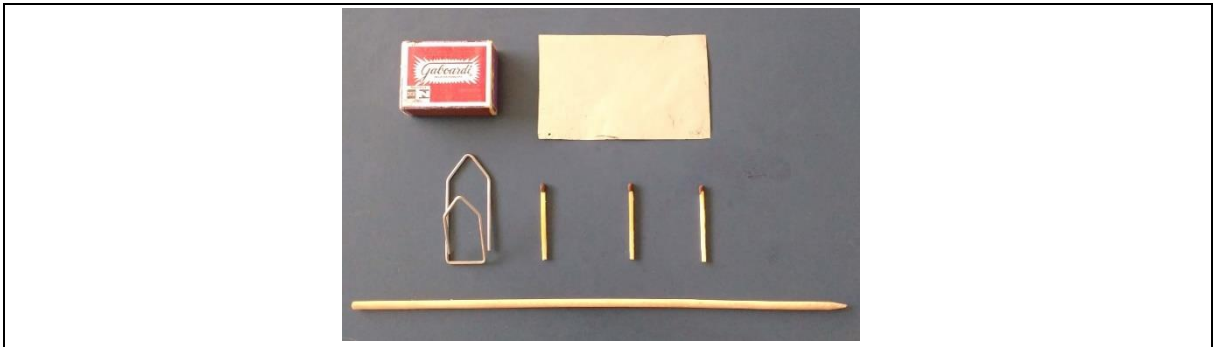
<sup>7</sup> Instrução de montagem e manuseio do foguete de palito de fosforo, link de acesso ao vídeo. Consultado em <<https://www.tecmundo.com.br/videos-do-baixaki/15221-como-fazer-um-foguete-com-um-palito-de-fosforo-video-.htm>>. Acesso em: 23 set. 2018.

**2º momento** - Filmagem e edição do experimento;

**3º momento** - Execução do processo de análise de vídeo.

Podemos observar na Figura 15 o kit de lançamento do foguete.

Figura 15 – Kit de lançamento do foguete de palitos de fósforo



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Por fim, optamos por fazer a descrição da montagem e preparação do lançamento do foguete por meio de um diálogo informal com estudantes. Basicamente, a montagem consiste em enrolar as duas extremidades de dois palitos de fosforo com papel alumínio e colocar na plataforma feita de um clipe de papel para executar o lançamento.

### 5.2.9 Encontro 9: atividade experimental 8

Finalizando o ciclo de aulas experimentais, preparamos, para este último encontro, o lançamento de uma bola de isopor utilizando uma catapulta construída com uma ratoeira.

O processo de compreensão de conceitos físicos em vídeos seguiu uma rotina diferente dos encontros anteriores, pois foi a primeira vez que alunos montariam o experimento para ser analisado por vídeo.

Abaixo apresentamos um breve relato da sequência proposta:

- Manusear a plataforma de lançamento;

- Analisar as bolas de isopor de tamanhos (P) 3 cm, (M) 4 cm e (G) de 5,5 cm de diâmetro;
- Filmar o experimento;
- Editar o vídeo;
- Entregar a ficha de “Atividade investigativa”;
- Executar a análise de vídeo pelo aplicativo.

Na Figura 16, observamos nossa plataforma de lançamento, na qual foram utilizadas uma ratoeira de tamanho médio e base retangular de madeira, sendo que as partes foram acopladas através de parafusos tornando-se um único objeto. Por questões de tempo de aula, trabalhamos com apenas uma plataforma de lançamento, com os tempos de uso sendo distribuídos de maneira igual entre os grupos para que fossem feitas as filmagens com bolas de isopor de diferentes tamanhos.

Figura 16 – Adaptação de uma ratoeira para uma catapulta de lançamento de projéteis



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

### 5.2.10 Encontro 10: questionário pós-teste

O questionário pós-teste seguiu o mesmo padrão do questionário inicial, ou seja, perguntas de múltipla escolha utilizando a plataforma Plickers. As questões seriam projetadas na lousa e os estudantes de posse do Card tomam a decisão sobre a melhor resposta mediante os conhecimentos adquiridos ao longo da aplicação da proposta didática. Utilizando-se da câmera do celular, o aplicativo faz a leitura do card

apresentado pelo estudante e, na sequência, calcula e envia imediatamente para a plataforma onde são gerados gráficos e tabelas para uma posterior análise. Desta forma, podemos avaliar a evolução dos estudantes mediante a aplicação do produto educacional.

Para finalizar essa seção, apresentamos abaixo o Quadro 5 que resume nossa sequência didática com o tempo dedicado à cada encontro.

Quadro 5 – Resumo da Sequência Didática e o tempo dedicado a cada encontro

ENCONTRO	TEMPO DE AULA (min)	ATIVIDADE
1	55	Aplicação do pré-teste
2	55	Objeto deslizando sobre o trilho de ar horizontal.
3	55	Moto na estrada
4	55	Esfera em movimento
5	165	Visita à praça da Ciência
6	55	Movimento de queda de esferas de aço
7	55	Movimento de queda de bolas de isopor
8	55	Lançamento oblíquo sem resistência do ar
9	55	Lançamento oblíquo com resistência do ar
10	55	Aplicação do pós-teste

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

### 5.3 RELATO DA PERCEPÇÃO DOS ESTUDANTES

Durante a intervenção didática, em sala de aula, produzimos dois tipos de relatórios, que posteriormente comporão nossa análise qualitativa da sequência didática aplicada, a saber:

- Relatório registrado no diário de bordo;
- Relatório registrado por meio da gravação em áudio.

O diário de bordo é o relatório manuscrito e pontual das principais ocorrências que possam acontecer na aplicação da Sequência Didática em sala de aula. A partir dele, buscamos evidências de ganhos de aprendizagem que levem à superação das

concepções alternativas dos estudantes. Além disso, verificaremos qual a influência que a adoção de aplicativos de smartphones traz para o processo investigativo. Já a técnica de gravação em áudio foi utilizada para que pudéssemos flagrar momentos de interação, diálogos, percepções, sugestões e a intensidade presente na participação.

## **6 ANÁLISE DOS RESULTADOS DA INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

### **6.1 INTRODUÇÃO**

Neste capítulo desenvolveremos a análise dos resultados colhidos no transcurso da aplicação da proposta didática, começando com a classificação das respostas dos estudantes apresentadas no questionário pré-teste, por meio dos índices de acertos e erros por aluno e questão.

Na segunda seção deste capítulo, destacaremos o modelo que utilizamos para classificar as fichas de atividades investigativas.

Na terceira seção, analisaremos cada encontro proposto por nossa sequência didática. Essa análise é baseada nos questionários e no diário de bordo, os quais serviram de instrumento de coleta de dados. Para finalizar, faremos o levantamento quantitativo das informações do questionário pós-teste na seção 5 e discutiremos a percepção dos alunos quanto à metodologia na seção 6.

### **6.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE**

Na Tabela 5, apresentamos um panorama geral da turma com os índices de acertos e erros alcançados na aplicação do pré-teste (APÊNDICE B). Nela podemos perceber que em média apenas 21% dos nossos estudantes compreendem questões conceituais básicas de cinemática.



Tabela 5 – Classificação do questionário pré-teste com acertos (A) e erros (E) por aluno

QUESTIONÁRIO: PRÉ-TESTE														
ALUNOS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	(%) ACERTOS	(%) ERROS
1	A	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	A	25	75
2	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	8	92
3	A	E	E	A	A	E	E	E	E	E	E	E	25	75
4	E	E	E	E	E	A	E	E	E	E	A	E	17	83
5	E	A	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	17	83
6	E	A	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	17	83
7	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	8	92
8	E	A	E	E	E	E	E	E	E	A	E	E	17	83
9	E	E	E	E	E	E	A	E	A	E	E	E	17	83
10	A	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	A	25	75
11	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	E	8	92
12	E	E	E	A	E	A	E	E	E	E	E	E	17	83
13	E	E	E	E	A	E	E	E	E	E	A	E	17	83
14	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	8	92
15	A	A	A	E	E	E	E	E	E	E	E	E	25	75
16	E	E	E	E	A	A	E	E	E	E	E	E	17	83
17	E	A	E	A	E	E	E	E	E	E	E	A	25	75
18	E	E	A	E	E	E	A	E	E	E	E	E	17	83
19	E	E	E	A	E	E	E	E	E	E	E	E	8	92
20	E	E	E	E	E	E	A	E	A	A	E	E	25	75
21	E	E	E	E	E	E	E	E	A	A	A	E	25	75
22	E	E	E	E	E	E	E	A	E	E	E	E	8	92
23	E	E	E	E	E	E	E	A	E	E	E	E	8	92
24	E	E	E	E	E	E	A	A	E	E	E	E	17	83
25	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	0	100
26	E	E	E	E	E	A	E	E	E	A	E	E	17	83
27	E	A	E	A	A	E	E	E	E	E	E	E	25	75
28	E	E	E	A	A	E	E	E	E	E	A	E	25	75

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Para obter mais informações sobre os participantes da pesquisa, efetuamos uma estatística descritiva dos índices de acertos, levando em consideração os dados globais da turma. Obtivemos os resultados conforme apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Resultados do pré-teste representados descritivamente

ESTATÍSTICA DESCRITIVA - ACERTOS (%)	
Média	17
Mediana	17
Moda	17
Variância	51
Desvio padrão	7
Mínimo	0
Máximo	25

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Todo nosso trabalho de elaboração dos experimentos decorreu da análise dos dados do questionário pré-teste, no qual identificamos a necessidade de um conjunto de atividades que pudesse favorecer a inserção dos alunos nos conteúdos de cinemática.

Para agilizar o processo de aplicação das questões e tabulação das informações, utilizamos a plataforma Plicks, onde foram cadastradas as 12 questões e os 28 alunos, gerando, assim, um card individual para cada participante da pesquisa. Em média cada aluno tinha 4 minutos para responder às questões apresentando o cartão resposta.

### 6.3 ANÁLISE DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Neste trabalho, seguimos o modelo proposto por Scarpato Jr. (2017), no qual o autor faz a categorização das respostas dos estudantes classificando-as em:

1. Correta;
2. Parcialmente correta;
3. “Incorreta”, este termo foi alterado para “Indiferente”, na intenção de mostrar para os estudantes o processo de ensino aprendizagem.

Ao longo da pesquisa, foram classificados e analisados um total de 28 fichas de atividades investigativas trabalhadas com 10 grupos. Para realizarmos o processo de classificação e análise, os dados colhidos dessas fichas serão apresentados em 8 diferentes tabelas, apresentadas nas seções subsequentes.

### 6.3.1 Análise da atividade investigativa 1

Nossa atividade computacional investigativa 1 analisa o movimento de um objeto deslizando sobre o trilho de ar (APÊNDICE C). As informações relevantes para a análise da aplicação foram organizadas na Tabela 7, na qual constatamos a categorização das respostas dos estudantes.

Tabela 7 – Classificação das respostas da atividade experimental 1

(continua)

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA OBJETO DESLIZANDO SOBRE O TRILHO DE AR			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 2 C/3	Predizer	<b>X</b>		
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar	<b>X</b>		
Grupo 3 C/3	Predizer	<b>X</b>		
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar	<b>X</b>		
Grupo 4 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 5 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 6 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 7 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar	<b>X</b>		
Grupo 8 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 9 C/2	Predizer	<b>X</b>		
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar	<b>X</b>		

(conclusão)

Grupo 10 C/2	Predizer	X
	Observar	X
	Explicar	X

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Tabela 8 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 1

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	4	0	6
	Observar	5	5	0
	Explicar	5	5	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Analisando a Tabela 8, podemos perceber que 60% dos alunos tiveram dificuldades na etapa de descrever o fenômeno físico no experimento do Trilho de ar, a qual já era esperada, pois parte dos alunos não detém a habilidade de formular uma hipótese coerente com a atividade proposta a respeito do movimento de um corpo. De toda forma, ressaltamos que esta é uma atividade de aprendizagem sobre o uso da metodologia empregada.

Dando sequência à nossa análise, a Tabela 8 esclarece que 40% dos alunos descreveram corretamente o fenômeno físico. Uma observação importante é que os grupos 2, 3, 9 e 10 descreveram o fenômeno físico nas 3 etapas do método POE.

A Figura 17 mostra a formalização da hipótese criada pelo grupo 6, quando o aluno diz “Eu acho que o carrinho vai fazer...”. Esse recorte da aplicação demonstra ausência de concepções alternativas por parte dos alunos. Nossa percepção nos permite apontar que os alunos estão com receio de expor suas percepções acerca do experimento.

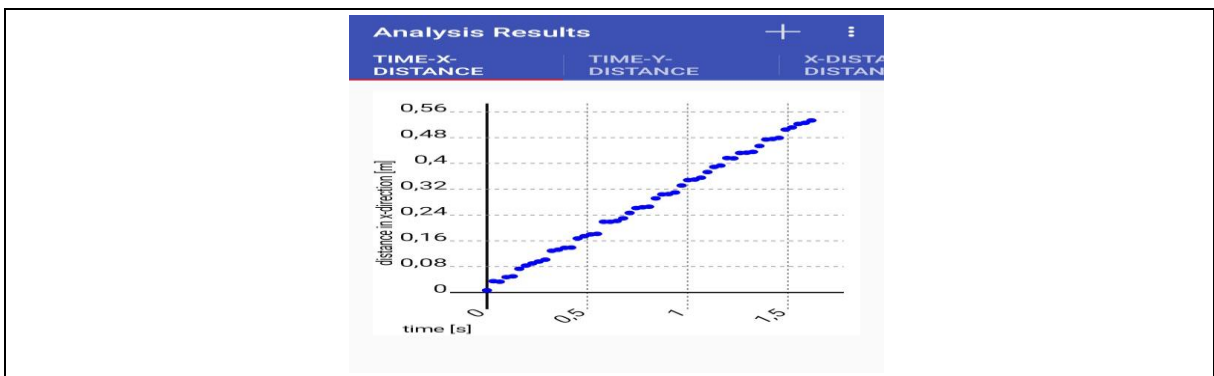
Figura 17 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Predizer

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Agora, vamos tratar da etapa de observação dos fenômenos físicos. Neste momento do processo, os alunos fazem uso do aplicativo VidAnalysis para descrever o movimento do objeto no trilho de ar. Constam nas Figuras 17 e 18 os gráficos que foram analisados pelos alunos do sexto grupo. O aplicativo VidAnalysis mostra 5 possíveis gráficos para interpretação dos estudantes, porém, nessa seção, nos restringiremos a apresentar, apenas, dois deles, por questões de pertinência didática.

A seguir, podemos observar na Figura 18 que demonstra o gráfico da posição em função do tempo  $x(t)$  produzido e analisado pelos estudantes que compõem o grupo 6, no qual é possível destacar claramente o comportamento linear da posição em função do tempo, o que demonstra que o movimento é uniforme.

Figura 18 – Posição em função do tempo para o objeto deslizando sobre o trilho de ar

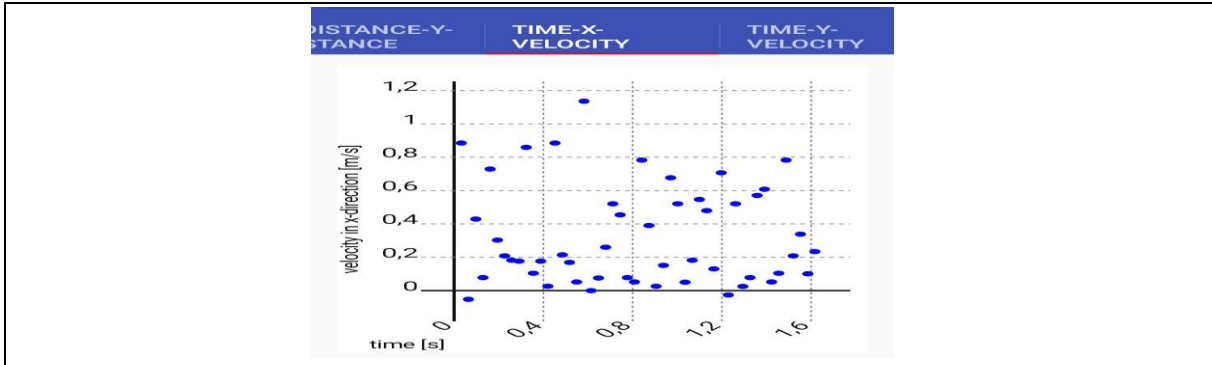


Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Por se tratar de um gráfico muito simples, os estudantes conseguiram identificar sem grandes dificuldades a relação linear de proporcionalidade entre posição e tempo.

Em um segundo momento, discutimos a velocidade do carrinho ao se movimentar no trilho de ar. A Figura 19 apresenta o gráfico da velocidade em função do tempo  $v(t)$ .

Figura 19 – Velocidade em função do tempo para o objeto deslizando sobre o trilho de ar



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Nos livros didáticos um corpo em movimento uniforme possui um gráfico de velocidade versus tempo que é uma reta horizontal, ou seja, a velocidade é constante. Porém, na Figura 18 podemos perceber variações de velocidade no intervalo entre 0,1 e 0,9 que poderia levar os alunos a associar essa alternância de valores à variação da velocidade. Esta alternância de valores em torno da velocidade foi um ponto relevante de discussão em sala de aula, pois o gráfico do aplicativo é diferente dos gráficos que aparecem nos livros didáticos. Após uma acalorada discussão, os estudantes, com a ajuda do professor, chegaram à conclusão que, apesar de haver flutuações da velocidade, ela não ultrapassa o valor de 1,2 m/s e que essas flutuações apareciam porque o gráfico da posição em função do tempo não era uma reta perfeita.

Durante a discussão, esclarecemos aos alunos que isso se trata de um erro de procedimento, pois a marcação tem que ser feita quadro a quadro evitando, com isso, imprecisões nos dados da posição, as quais acabam por afetar, também, o gráfico da velocidade. Além disso, alertamos os alunos que este problema pode ser corrigido utilizando-se uma caneta magnética<sup>8</sup> de ponta fina.

<sup>8</sup> Engenheiros coreanos desenvolveram uma "caneta magnética" que não precisa nem tocar nos smartphones e tablets para permitir uma nova forma de interação. A MagPen, como foi batizada, dá aos usuários uma ferramenta de entrada simples, mas muito versátil. Ela funciona em qualquer modelo de aparelho, desde que o tablet ou celular esteja equipado com um magnetômetro, que normalmente funciona como uma bússola, sendo parte do sistema de localização e posicionamento. Disponível em: <<https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=caneta-magnetica-smartphones-tablets&id=010150130725#.XpE03NRKjcd>>. Acesso em: 11 abr. 2020.

Dando continuidade ao processo de análise de vídeos, podemos observar na Figura 20 o formalismo do grupo 6, ao descrever a etapa de observação dos fenômenos físicos quando o aluno relata “utilizando o aplicativo percebi que ...” e “e a velocidade é a mesma”. Do ponto de vista do professor/pesquisador, há evidências de ganho conceitual, já que o aluno demonstra que sabe que a velocidade é constante.

Figura 20 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Observar

Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).  
Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento da Moto na estrada:

Utilizando o aplicativo percebi que distância e tempo são proporcionais e a velocidade é a mesma.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Após a formalização da hipótese e do processo de observação do fenômeno físico utilizando-se o aplicativo VidAnalysis, podemos observar na Figura 21 a etapa de explicação do fenômeno físico. Quando o aluno relata “não, realmente o comportamento do carrinho é em linha reta...”, ele confirma a hipótese formulada. Acreditamos que, a partir dessa afirmação, está ocorrendo uma mudança nas concepções alternativas do aluno.

Figura 21 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Explicar

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).  
Caso aja diferença entre a hipótese e Observação explique suas diferenças:

Não, realmente o comportamento do carrinho é em linha reta. Movimento retilíneo uniforme.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Finalizando nossa análise da experiência do carrinho deslizando sobre trilho de ar, identificamos que 50% dos alunos conseguiram classificar corretamente o movimento retilíneo uniforme do carrinho. Esse percentual é considerado bom para uma primeira atividade, mesmo em condições adversas, tais como ausência de conhecimentos prévios e insipiência quanto ao uso do método POE.

### 6.3.2 Análise da atividade investigativa 2

Nesta aula continuamos desenvolvendo a Sequência Didática, apresentando um vídeo de um motociclista se movimentando em linha reta. O objetivo foi verificar se os alunos estavam assimilando o método e se eles estavam engajados. Para isso, entregamos a ficha investigativa disponível no Apêndice D.

Na Tabela 9 destacamos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 9 – Classificação das respostas da atividade experimental 2

(continua)

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA – MOTO NA ESTRADA			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 2 C/3	Predizer	<b>X</b>		
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar	<b>X</b>		
Grupo 3 C/3	Predizer	<b>X</b>		
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar	<b>X</b>		
Grupo 4 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar	<b>X</b>		
Grupo 5 C/3	Predizer		<b>X</b>	
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 6 C/3	Predizer		<b>X</b>	
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 7 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 8 C/3	Predizer			<b>X</b>
	Observar		<b>X</b>	
	Explicar		<b>X</b>	
Grupo 9 C/2	Predizer	<b>X</b>		
	Observar	<b>X</b>		
	Explicar	<b>X</b>		



(conclusão)

Grupo 10 C/2	Predizer	X
	Observar	X
	Explicar	X

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 10 evidenciamos o quantitativo de grupos que responderam, segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa predizer, 4 grupos responderam de forma correta, 2 grupos responderam parcialmente correta e 4 grupos responderam de forma indiferente.

Tabela 10 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 2

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	4	2	4
	Observar	4	6	0
	Explicar	5	5	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Sendo assim, comparando as atividades experimentais 1 e 2, podemos perceber uma mudança de comportamento nos estudantes, pois o percentual de alunos com dificuldades em formular uma hipótese diminuiu em 20% dos casos analisados. Isso mostra que houve uma aceitação da proposta e que os alunos conseguiram compreender a utilização do método POE.

Sendo assim, apresentamos na Figura 22 a formalização da predição dos estudantes do grupo 1.

Figura 22 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 1: Predizer

Experimento<sub>2</sub>: Moto na estrada

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento de um corpo, no experimento Moto na estrada:

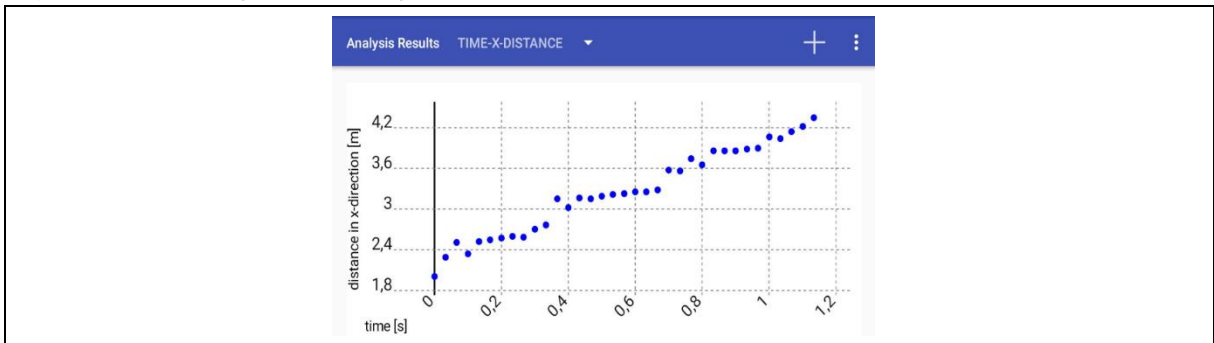
*não sei prever o que vai acontecer*

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Quando o aluno registra “não sei prever o que vai acontecer ...” percebemos uma resistência por parte do grupo, pois em atividades anteriores os mesmos estudantes conseguiram formular uma hipótese plausível.

A Figura 23 apresenta o gráfico que foi produzido pelo processo de análise de vídeo, levando em consideração os erros de procedimento, em que, ao marcar os pontos, na tela do celular, posição da moto aumenta linearmente com o tempo.

Figura 23 – Posição em função do tempo para o vídeo da moto na estrada



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

A Figura 23 mostra o gráfico da posição em função do tempo no experimento realizado com a moto na estrada. Este gráfico em questão gerou um grande debate na sala de aula, pois os alunos dos grupos 2, 3, 9 e 10 esperavam que o movimento da moto fosse descrito por um gráfico de posição em função do tempo perfeito.

Na sequência, podemos observar na Figura 24 a formalização da etapa de observação dos fenômenos físicos em vídeos, onde os alunos classificaram corretamente o tipo de movimento efetuado pela moto.

Figura 24 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 1: Observar

Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento da Moto na estrada:

*Utilizando as aplicações percebi que a distância e tempo são proporcionais e a velocidade é a mesma.*

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Para finalizarmos nossa análise do experimento com a moto na estrada, identificamos que apenas 50% dos alunos conseguiram classificar corretamente o comportamento da moto. Para exemplificar a consistência das informações, mostramos na Figura 25 a explicação que o grupo 1 apresentou para o movimento da moto.

Figura 25 – Ficha de atividade investigativa preenchida pelo grupo 1: Explicar

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso aja diferença entre a hipótese e Observação explique as diferenças:

<p><i>É, realmente utilizando o aplicativo o gráfico de (DXT) são proporcionais e a velocidade é constante.</i></p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Lembramos que o grupo 1, inicialmente, na etapa de predição, não conseguiu formular uma hipótese. Assim, quando aluno relata que distância e tempo são crescentes com velocidade constante podemos perceber evidências de aprendizagem.

### 6.3.3 Análise da atividade investigativa 3

Nesta aula, damos continuidade à proposta, apresentando um vídeo de uma esfera rolando sobre um trilho. O objetivo era verificar se os alunos assimilavam o método e se eles estavam engajados. Para isso, entregamos a ficha investigativa disponível no Apêndice E.

Na Tabela 11 mostramos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 11 – Classificação das respostas da atividade experimental 3

(continua)

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA – ESFERA EM MOVIMENTO			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer			X
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 2 C/3	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 3 C/3	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 4 C/3	Predizer			X
	Observar		X	
	Explicar		X	

				(conclusão)
Grupo 5 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 6 C/3	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 7 C/3	Predizer			X
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 8 C/3	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar		X	
Grupo 9 C/2	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 10 C/2	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 12 mostramos o quantitativo de grupos que responderam, segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa predizer, 6 grupos responderam de forma correta, 2 grupos responderam parcialmente correta e 2 grupos responderam de forma indiferente.

Tabela 12 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 3

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	6	2	2
	Observar	5	5	0
	Explicar	5	5	0

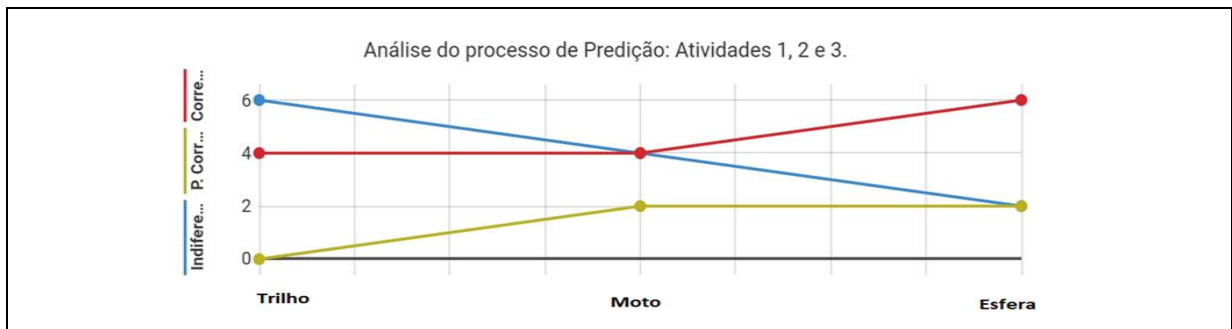
Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

O experimento da esfera rolando sobre o trilho foi a última atividade investigativa que buscava habilitar os alunos a manusear o processo de análise de vídeos. Ressaltamos que essas atividades, que chamamos de “quebra gelo”, foram de extrema importância para entender a proposta de aprendizagem ativa que envolvia o método POE, apoiado pelo uso do aplicativo VidAnalysis.

A Tabela 12 destaca a classificação das fichas de atividades por grupo de trabalho, na qual visualizamos a diminuição do número de respostas indiferentes em 20%. Em outras palavras, houve uma queda acentuada na taxa de alunos com respostas “Indiferentes” na etapa de formalização da hipótese quando comparado ao experimento do carrinho deslizando sobre o trilho (60%) e o da moto na estrada (40%). Os alunos avançaram na habilidade de formular hipóteses sobre a física envolvida nas atividades investigativas propostas. Um outro aspecto importante é que, nas etapas subsequentes de Observação e Explicação, identificamos que a taxa de respostas corretas e incorretas se mantiveram no patamar de 50%.

Para melhor compreendermos a fase de adaptação dos alunos, condensamos as informações de predição dos últimos 3 encontros. Observemos, por exemplo, no Gráfico 8, a evolução do processo de predição dos fenômenos físicos.

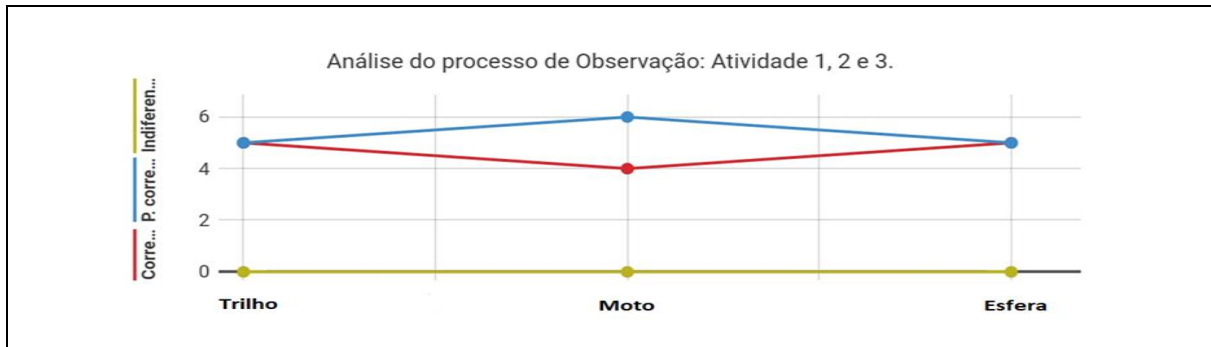
Gráfico 8 – Etapa Predição das atividades investigativas 1, 2 e 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Analisando as informações de predição dos fenômenos físicos das atividades investigativas 1, 2 e 3, podemos perceber uma redução do índice de respostas que foram classificadas como “Indiferentes”. Nossa curva de referência está grifada pela cor azul no gráfico. Este resultado já era esperado, pois não é do cotidiano dos nossos estudantes a formulação de uma hipótese para a interpretação de fenômenos naturais. Por isso, acreditamos que essas primeiras atividades, chamadas de “quebra gelo”, foram de extrema importância para dar início à Sequência Didática.

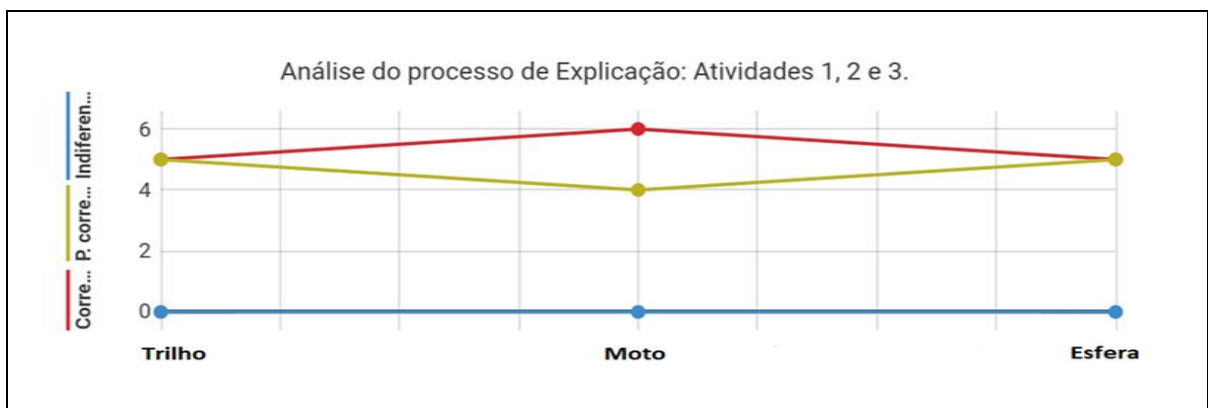
Gráfico 9 – Etapa Observação das atividades investigativas 1, 2 e 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

O Gráfico 9 mostra a evolução do processo de Observação entre os encontros 1, 2 e 3. Não encontramos casos de respostas “Indiferentes” nas três atividades investigativas. Com relação a isso, é possível que os alunos estivessem mais confiantes quanto ao uso do aplicativo.

Gráfico 10 – Etapa Explicação das atividades investigativas 1, 2 e 3



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Analisando o processo de adaptação dos estudantes nas atividades “quebra gelo”<sup>9</sup> constatamos que a taxa de respostas “indiferentes” diminuiu (Gráfico 10). Isso significa que os estudantes estavam confiantes quanto ao uso do aplicativo. Este passo é de extrema importância no processo de aprendizagem, pois demonstra que, mesmo em fase inicial, os estudantes estão rompendo com silêncio e sendo ativos no processo de ensino aprendizagem, conforme assevera Ximenes (2016, p. 1).

<sup>9</sup> A expressão popular **quebra gelo** é usada quando se deseja diminuir a tensão de um ambiente em que duas ou mais pessoas estão presentes. O **objetivo** é romper com o silêncio e fazer com que, aos poucos, seja criada uma interação entre as partes envolvidas no processo. Consultado em: <<https://www.sbcoaching.com.br/blog/quebra-gelo/>> Acesso em: 18 nov. 2019.

Essas dinâmicas grupais introduzem determinados assuntos, dinamizando e tirando, um pouco, a inibição inicial dos participantes. Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo investigar como a aplicação de quebra-gelos favorece à relação de confiança e união entre os membros de formação e sua preparação para novas situações em grupo (XIMENES, 2016, p 1).

Nosso julgamento prévio tende a dar ênfase ao uso da tecnologia como forma de promover o engajamento dos estudantes. Esperamos que nossos grupos de estudantes possam manter este padrão e foquem na busca de um equilíbrio satisfatório entre as classificações “Corretas e Parcialmente Corretas” nas atividades subsequentes.

#### **6.3.4 Análise da atividade investigativa 4**

Dando sequência à proposta de trabalho, conseguimos manter a formação inicial dos grupos, isto é, 8 grupos com 3 integrantes e 2 grupos com 2 integrantes, totalizando 10 grupos de trabalhos.

Para esta atividade investigativa, propusemos analisar o plano inclinado da Praça da Ciência utilizando o equipamento tirolesa. Para isso, entregamos a ficha investigativa disponível no Apêndice F.

Assim, pedimos aos alunos que produzissem 3 filmagens de descida usando a mesma tirolesa (ângulo igual para todas as descidas), porém, mudando as massas (estudantes). Tais filmagens auxiliariam os alunos na busca pelo valor da aceleração na descida do plano inclinado. Aqui o objetivo foi levar o aluno a entender que a aceleração não depende da massa do estudante.

Na Tabela 13 mostramos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 13 – Classificação das respostas da atividade experimental 4

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA – TIROLESA			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 2 C/3	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 3 C/3	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 4 C/3	Predizer			X
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 5 C/3	Predizer			X
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 6 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 7 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 8 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 9 C/2	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 10 C/2	Predizer	X		
	Observar	X		
	Explicar	X		

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 14, mostramos o quantitativo de grupos que responderam segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa predizer, 4 grupos responderam de forma correta, 4 grupos responderam de forma parcialmente correta e 2 grupos responderam de forma indiferente.



Tabela 14 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 4

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	4	4	2
	Observar	4	6	0
	Explicar	4	6	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Após análise dos dados do experimento da tirolesa percebemos que apenas 20% dos estudantes não conseguiram formular uma hipótese a respeito do movimento de descida na tirolesa. Neste encontro em específico, identificamos que os alunos do quarto e quinto grupos estavam meios dispersos e completamente desinteressados pela atividade proposta.

Nas Figuras 26, 27 e 28 podemos constatar o que os educandos escreveram nas etapas de Predizer, Observar e Explicar para o movimento no plano inclinado, simulado por meio da tirolesa.

Figura 26 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo1: Predizer

Experimento: Aprendiz na Tirolesa massa<sub>1</sub>.  
 Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).  
 O que pode ser dito a respeito do movimento de um corpo, na experiência de descer pela Tirolesa em linha reta:

Penso que vai ser em linha reta, pois a altura está diminuindo como ocorre de rampa

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

O grupo 1 escreveu “penso que vai ser em linha reta, pois...”. A partir dessa frase, constatamos que os estudantes estavam associando o conhecimento vivenciado nas atividades anteriores de MRU à descrição do movimento no plano inclinado.

Figura 27 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo1: Observar

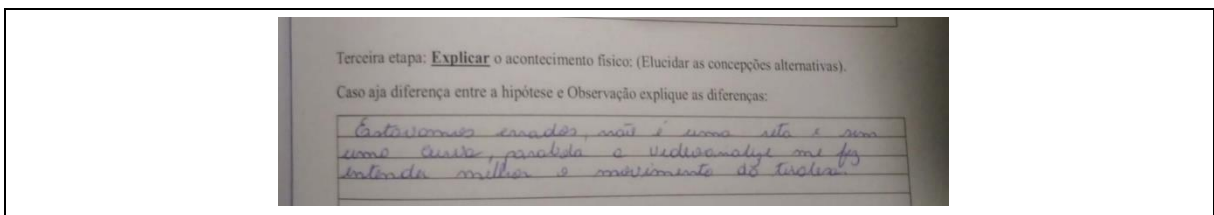
Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).  
 Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento do corpo ao descer pela Tirolesa:

fazendo processo de vídeo análise usando os gráficos e tabelas referentes, não é linha reta e não uma curva

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Figura 26, podemos constatar a transcrição do grupo 1 após utilização do aplicativo VidAnalysis. O grupo escreve o seguinte: “Fazendo processo de vídeo análise vendo os gráficos...” Nessa etapa, podemos perceber claramente o conflito cognitivo entre a Predição e a Observação, pois o estudante faz a previsão de que o movimento de descida na tirolesa seria descrito por um gráfico do movimento uniforme, porém, em vez disso, ele obtém um gráfico que é uma parábola (na folha de respostas o estudante chamou de curva).

Figura 28 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo1: Explicar



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Figura 28 podemos analisar a terceira e última etapa de utilização da metodologia POE, na qual os estudantes escreveram o seguinte: “estávamos errados, não é linha e sim uma curva...” A utilização do método POE, vinculado ao aplicativo, conseguiu promover o ganho conceitual nos alunos.

### 6.3.5 Análise da atividade investigativa 5

Nesta aula, demos continuidade à proposta, apresentando com um vídeo do movimento vertical de uma esfera de aço. O objetivo foi verificar se os alunos assimilaram os conceitos do movimento uniformemente variado. Para isso, entregamos a ficha investigativa disponível no Apêndice G.

Na Tabela 15 mostramos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 15 – Classificação das respostas da atividade experimental 5

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA – ESFERA DE AÇO			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer Observar Explicar			
Grupo 2 C/3	Predizer Observar Explicar	X X	X	
Grupo 3 C/3	Predizer Observar Explicar	X X	X	
Grupo 4 C/3	Predizer Observar Explicar	X	X X	
Grupo 5 C/3	Predizer Observar Explicar	X	X X	
Grupo 6 C/3	Predizer Observar Explicar	X	X X	
Grupo 7 C/3	Predizer Observar Explicar	X	X X	
Grupo 8 C/3	Predizer Observar Explicar	X	X X	
Grupo 9 C/2	Predizer Observar Explicar	X X X		
Grupo 10 C/2	Predizer Observar Explicar	X X	X	

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 16, mostramos o quantitativo de grupos que responderam segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa Predizer, 4 grupos responderam de forma correta, 6 grupos responderam parcialmente correta e não foram encontradas respostas indiferentes.

Tabela 16 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 5

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	4	6	0
	Observar	7	3	0
	Explicar	5	5	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Nas Figuras 29, 30 e 31 podemos observar o que os educandos escreveram nas etapas de Predizer, Observar e Explicar para o movimento vertical da esfera de aço.

Figura 29 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Predizer

Experimento: Esfera em queda livre, massa.

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento de um corpo, no experimento da Esfera em queda livre:

*Esta esfera vai se movimentar muito rápido, tem peso, mas pouco tempo como velocidade, mas que depois de tempo, tudo acontece em pouco tempo.*

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Foi importante orientar os estudantes sobre a formulação da hipótese inicial, pois o trabalho de mudança das concepções alternativas nasce da capacidade de os alunos interpretarem uma situação prévia. E um processo que se desenvolve em três etapas: formulação da hipótese inicial, interação visual com objeto de pesquisa e, por último, aceitar ou refutar a hipótese inicial.

Figura 30 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Observar

Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento da esfera em queda livre:

*Observando os gráficos de aplicação descreve uma curva parabólica concava, que gráfico de aceleração, tudo acontece muito rápido.*

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Os estudantes escrevem suas observações sempre relacionando com os gráficos de cinemática. Este fato vem se tornando mais constante nas atividades investigativas propostas.

Figura 31 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 6: Explicar

Tercera etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso aja diferença entre a hipótese e Observação explique as diferenças:

*Mudei de entendimento pois pensava em um movimento em linha reta, realmente é um movimento descrito por uma equação quadrática*

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Por exemplo, quando o aluno relata “Mudei de entendimento pois pensava...”, isso indica claramente uma mudança significativa nas concepções alternativas.

Na análise dos dados da quinta atividade investigativa não foram observados avanços na utilização do método em descrever o movimento de um corpo, pois o índice de 60% de respostas, parcialmente corretas, se manteve quando comparado às atividades anteriores. Outra observação importante foi que não foram encontradas respostas incorretas. Assim, acreditamos que o ato de formular uma hipótese se tornou mais fácil para os estudantes, evitando respostas totalmente fora do contexto, como foi observado em atividades anteriores.

### 6.3.6 Análise da atividade investigativa 6

Nesta aula demos continuidade à proposta por meio da apresentação um vídeo do movimento vertical de uma bola de isopor. O objetivo foi verificar se os alunos entendem que o ar exerce um efeito sobre o movimento dos corpos e que, em algumas situações, ele deve ser levado em consideração. Para isso, entregamos a ficha investigativa disponível no Apêndice H.

Na Tabela 17 mostramos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 17 – Classificação das respostas da atividade experimental 6

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA – BOLA DE ISOPOR			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 2 C/3	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 3 C/3	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 4 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 5 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 6 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 7 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 8 C/3	Predizer		X	
	Observar			X
	Explicar			X
Grupo 9 C/2	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar	X		
Grupo 10 C/2	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar	X		

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 18 mostramos o quantitativo de grupos que responderam segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa predizer, 10 grupos responderam de forma parcialmente correta, isto é, não foram encontradas respostas corretas e indiferentes.

Tabela 18 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 6

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	0	10	0
	Observar	4	5	1
	Explicar	6	3	1

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na análise dos dados da sexta atividade investigativa, podemos perceber uma mudança significativa na formulação da hipótese, pois 100% dos grupos conseguiram prever parcialmente o tipo de movimento vertical de uma bolinha de isopor.

Nessa aula, os alunos estavam participativos e engajados no processo de ensino, se comparado ao início da Sequência Didática em que havia claramente uma resistência em expressar seus conhecimentos prévios. Este fato pôde ser observado a partir do diário de bordo do professor. No diário de bordo, registramos que os grupos 1, 4, 5, 6, 7 e 8 falaram o seguinte: “o medo dos alunos se concentrava em ser mal avaliado por parte dos colegas e do professor, uma vez que não estavam entendendo, por completo, a primeira fase da atividade em prever o acontecimento físico”.

Em 50% dos casos analisados, os grupos conseguiram descrever parcialmente o movimento vertical de uma bolinha após o uso do aplicativo VidAnalysis. O grupo 8 não conseguiu interpretar os gráficos gerados pelo aplicativo, demonstrando, os integrantes, dificuldades em trabalhar em grupo.

Para finalizar a análise investigativa do sexto encontro, podemos inferir que 60% dos grupos conseguiram explicar corretamente o movimento vertical da bolinha de isopor. O método POE vem se mostrando promissor na mudança das percepções dos estudantes, conforme sintetizado nos relatos dos estudantes, a saber: “esta metodologia de ensino nos ajuda a participar melhor das atividades propostas pelo professor”.

Alguns relatos dos estudantes foram registrados no diário de bordo que compõe cada atividade. Por exemplo quando os alunos foram indagados sobre a percepção de uso

do aplicativo nas experiências em sala de aula, do diário de bordo, extraímos as seguintes informações:

- 1ª “O aplicativo é de fácil manuseio”;
- 2ª “Ele auxilia no entendimento da atividade”;
- 3ª “Reduz o tempo de oratória do professor”; e
- 4ª “Auxilia na troca de experiências”.

Estes relatos dos estudantes foram colhidos ao longo da utilização da metodologia proposta, entre questionamentos, indagações e observações, tudo pode ser relatado no diário de bordo da atividade experimental investigativa.

Nas Figuras 32, 33 e 35 podemos observar o que os educandos escreveram nas etapas de Predizer, Observar e Explicar para o movimento vertical da bolinha de isopor.

Figura 32 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 10: Predizer

Experimento<sub>3</sub>: Bola de Isopor, tamanho (G).

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento vertical de uma bola de isopor:

*Após ser lançada a bolinha vai descrever uma parábola (curva), onde o ar não influencia no seu movimento.*

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Podemos perceber que os estudantes se esforçaram para descrever melhor a etapa de predição. Além disso, apesar de não terem acertado a etapa de predição, podemos constatar a introdução de palavras mais técnicas quando o grupo escreve “a bolinha vai descrever uma parábola (curva)...” e “onde o ar não influencia...”.

Figura 33 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 10: Observar

Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento da Bola de Isopor:

*Analisando o gráfico da posição, a bolinha inicia seu movimento acelerado e depois se estabiliza*

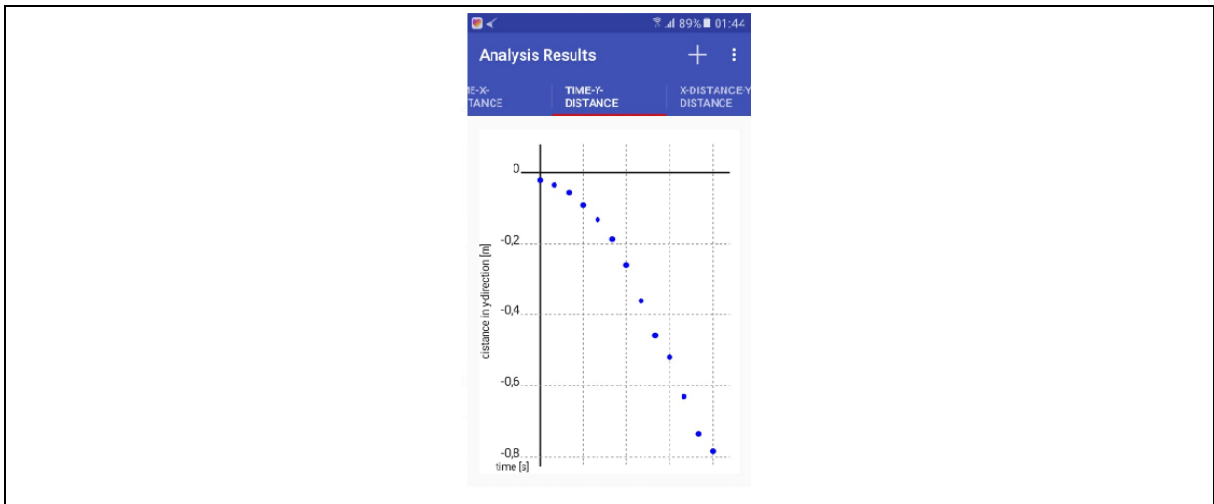
Fonte: Elaborada pelo autor (2020)



Analisando as Figuras 33 e 34 podemos averiguar o quão estão diferentes a previsão e a observação dos alunos. Além disso, em sua descrição eles citam a importância do gráfico em sua análise.

Na Figura 34 estamos apresentando um print do gráfico de posição do movimento vertical da bolinha de isopor. Os estudantes têm a sua disposição 4 gráficos para auxiliar na análise do movimento. Apresentamos apenas o Gráfico 4 para mostrar a sequência de pensamento dos estudantes.

Figura 34 – Posição, em função do tempo, do movimento vertical da bolinha de isopor



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Podemos perceber que, inicialmente, a bolinha tem um movimento de queda que corresponde ao movimento uniformemente variado e, depois, a velocidade se estabiliza, atingindo a velocidade terminal. Ou seja, a partir desse momento, o movimento torna-se uniforme, sendo descrito por uma reta no gráfico, posição em função do tempo.

Por fim, apresentamos a última etapa do processo investigativo, explicação do movimento vertical da bola de isopor.

Figura 35 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 10: Explicar

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).  
 Caso aja diferença entre a hipótese e Observação explique as diferenças:

O movimento da bala não é uma parábola. Além disso a velocidade influencia no seu movimento assim o movimento inicial é acelerado e depois para a ser constante.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Em termos das etapas desenvolvidas no processo de aprendizagem, percebemos que, quando o conflito cognitivo é real, ocorrem divergências entre predição e observação, conforme visto nas Figuras 33 e 35. A formalização da etapa explicar está de acordo com o previsto na literatura.

### 6.3.7 Análise da atividade investigativa 7

Nesta aula, demos continuidade à proposta, por meio da apresentação do vídeo do lançamento oblíquo de palitos de fósforo. O objetivo foi verificar se os alunos conseguiram trabalhar de forma articulada com os movimentos uniforme e uniformemente variável. Para isso, entregamos aos alunos a ficha investigativa disponível no Apêndice I.

Na Tabela 19 mostramos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 19 – Classificação das respostas da atividade experimental 7

(continua)

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA – FOGUETE DE PALITO DE FÓSFORO			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer	X		
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 2 C/3	Predizer	X		
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 3 C/3	Predizer	X		
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 4 C/3	Predizer	X		
	Observar		X	
	Explicar		X	

(conclusão)

Grupo 5 C/3	Predizer	X	
	Observar	X	
	Explicar		X
Grupo 6 C/3	Predizer	X	
	Observar	X	
	Explicar		X
Grupo 7 C/3	Predizer		X
	Observar	X	
	Explicar	X	
Grupo 8 C/3	Predizer		X
	Observar	X	
	Explicar	X	
Grupo 9 C/2	Predizer	X	
	Observar	X	
	Explicar	X	
Grupo 10 C/2	Predizer		X
	Observar	X	
	Explicar	X	

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 20, mostramos o quantitativo de grupos que responderam segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa Predizer, 7 grupos responderam de forma correta, 3 grupos responderam parcialmente correta e não foram encontradas respostas indiferentes.

Tabela 20 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 7

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	7	3	0
	Observar	6	4	0
	Explicar	7	3	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Nas Figuras 36, 37 e 38 podemos observar o que os educandos escreveram nas etapas de Predizer, Observar e Explicar para o lançamento oblíquo do palito de fósforo. Na Figura 35, constatamos que o grupo 9, ao Predizer, desconsiderou a resistência do ar ao registrar “[...] ainda acreditamos que o ar não causaria resistência”. Além disso, os alunos do grupo também descreveram corretamente a trajetória do palito de fósforo.

Figura 36 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 9: Predizer

Experimento: Foguete de palitos de Fosforo.  
 Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).  
 Qual a sua interpretação de movimento, sobre um corpo, no experimento do Foguete:

O foguetinho irá descrever uma parábola, onde a aceleração da gravidade terá uma grande influência sobre a mesma. Ainda acredito que o ar não causará resistência.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

A Figura 37, apresentada na sequência, traz o registro produzido pelo grupo 9, na etapa observar, na qual podemos observar que o grupo confirma o que foi dito na etapa predizer e, além disso, reforçar o papel da aceleração da gravidade no movimento vertical ao afirmar "...aceleração da gravidade exerce o seu papel tanto na subida do foguetinho quanto na descida..."

Figura 37 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 9: Observar

Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).  
 Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento da Foguete:

Analisando os gráficos de posição o movimento é uma curva métrica.  
 Aceleração da gravidade exerce o seu papel tanto na subida do foguetinho quanto na descida, não existe resistência do ar pois tudo acontece bem rápido, não dá tempo dela agir.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Por fim, a Figura 38 traz o registro produzido pelo grupo 9 na etapa Explicar, na qual os alunos têm mais dificuldades e, para tentar superar essas limitações, eles, muitas vezes, utilizam desenhos para expressar suas ideias. Isso pode ser verificado no desenho feito pelo grupo 9, na Figura 38, o qual evidencia um objeto descrevendo um movimento parabólico.

Figura 38 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 9: Explicar

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).  
 Caso aja diferença entre a hipótese e Observação explique as diferenças:

A minha previsão da parábola foi confirmada em gráficos, mas ajudaram muito nesta constatação.  
 Na gravidade também não ela age em todo o movimento do foguetinho.

↑ -g  
 ↓  
 x

Foi possível estudar com a use do App.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Um outro aspecto o qual vale observação é que, na etapa Explicar, os grupos alcançaram 70% de acertos, ou seja, os grupos foram capazes de diferenciar os

movimentos horizontal e vertical do foguetinho de palito de fósforo, quando usaram o aplicativo. Além disso, eles associam esse experimento aos experimentos 2 (esfera em movimento) e 5 (movimento vertical da esfera), concernentes às primeiras atividades.

### 6.3.8 Análise da atividade investigativa 8

Nesta aula, demos continuidade à Sequência Didática com o vídeo do lançamento oblíquo da bolinha de isopor. O objetivo foi verificar se os alunos entenderam que o ar exerce um efeito sobre o movimento da bolinha e, em algumas situações, ele deve ser levado em consideração. Para isso, entregamos aos alunos a ficha da atividade investigativa disponível no Apêndice J.

Na Tabela 21 mostramos o quantitativo de erros e acertos em cada uma das etapas do método POE.

Tabela 21 – Classificação das respostas da atividade experimental 8

(continua)

DISTRIBUIÇÃO DOS ALUNOS	ATIVIDADE INVESTIGATIVA LANÇAMENTO OBLÍQUO DA BOLA DE ISOPOR			
	Metodologia POE	Correta	Parcialmente correta	Indiferente
Grupo 1 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 2 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 3 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar		X	
Grupo 4 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 5 C/3	Predizer		X	
	Observar		X	
	Explicar	X		
Grupo 6 C/3	Predizer		X	
	Observar	X		
	Explicar		X	

		(conclusão)	
Grupo 7 C/3	Predizer		X
	Observar		X
	Explicar		X
Grupo 8 C/3	Predizer		X
	Observar	X	
	Explicar		X
Grupo 9 C/2	Predizer		X
	Observar	X	
	Explicar		X
Grupo 10 C/2	Predizer		X
	Observar		X
	Explicar		X

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Tabela 22 mostramos o quantitativo de grupos que responderam segundo a classificação correta, parcialmente correta e indiferente. Por exemplo, na etapa predizer, 10 grupos responderam de forma parcialmente correta.

Tabela 22 – Resumo da classificação das respostas dos grupos na atividade experimental 8

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS		CORRETA	PARCIALMENTE CORRETA	INDIFERENTE
Método POE	Predizer	0	10	0
	Observar	3	7	0
	Explicar	2	8	0

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Nesta atividade, verificamos que estudantes conseguiram manifestar a previsão do fenômeno físico utilizando termos científicos, pois foram computados 100% de respostas parcialmente corretas. Considerando-se que inicialmente, na atividade investigativa 1 – objeto deslizando sobre o trilho de ar – o índice de respostas indiferentes atingiu 60% dos casos analisados.

Porém, não constatamos avanços nas etapas de observar e explicar o movimento de uma bolinha de isopor no lançamento oblíquo. Apenas dois grupos conseguiram entender que o ar, em certas situações específicas, deve ser levado em consideração.

Inicialmente tínhamos uma certa percepção de que esta atividade investigativa seria não trivial para os estudantes, vez que nossos estudantes estão iniciando seus

estudos no Ensino Médio. Além disso, a prática de ensinar a partir intervenções didáticas não faz parte da sua rotina em sala de aula.

De toda forma, optamos por desafiar nossos estudantes com a atividade proposta. Lembramos que nossa proposta inicial foi a apropriação de conceitos de cinemática no 1º ano do Ensino Médio. Em aulas pós intervenção, os alunos trabalharam com resolução de problemas e exercícios extraídos do livro didático.

Discutiremos, agora, as fichas preenchidas pelos alunos. Nas Figuras 39, 40 e 41 podemos observar o que os educandos registraram nas etapas de Predizer, Observar e Explicar com relação ao lançamento da bolinha de isopor.

Figura 39 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 5: Predizer

Experimento: Lançamento da Bola de Isopor, (G).

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento de um corpo, no experimento de Lançamento da Bola de Isopor:

A bolinha de isopor do tamanho G vai descrever o movimento de variação por causa do seu peso, ela é muito leve.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Figura 39, podemos constatar que o grupo 5 registrou o seguinte: “a bolinha de isopor do tamanho G vai descrever o movimento de variação...” Quando perguntados como ocorre este movimento de variação da bolinha, os alunos responderam que a variação da bolina é subir a uma altura máxima e depois começar a cair como a esfera de aço.

Figura 40 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 5: Observar

Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o comportamento da Bola de Isopor:

A bolinha de isopor deu uma curva ascendente e depois começou a cair rapidamente acreditamos que é o peso da gravidade atuando sobre o mesmo.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na segunda etapa, os estudantes assumiram que a força da gravidade exerce um papel fundamental na trajetória do corpo. Novamente, podemos perceber os termos técnicos sendo utilizados ao longo de toda sua fundamentação teórica. Outro ponto

importante no seu relato é que a bola descreve um movimento curvo ascendente, isto é, o aluno descreve parte do movimento observando os gráficos gerados pelo aplicativo.

Figura 41 – Ficha da atividade investigativa preenchida pelo grupo 5: Explicar

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).  
Caso aja diferença entre a hipótese e Observação explique as diferenças:

Utilizando o aplicativo percebi que a bola faz um movimento que não sei descrever por completo e o aplicativo me fez entender melhor o trajeto da bolinha ao cair em queda livre a partir de um certo momento.

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Na Figura 41 o grupo 5 apresenta uma descrição parcialmente correta do movimento da bolinha de isopor. Nesta investigação, 80% dos grupos de trabalho conseguiram organizar uma explicação parcialmente correta para o movimento da bolinha de isopor.

Em relação aos detalhes relativos à utilização do aplicativo, rotineiramente, o sistema de gráficos é citado pelos alunos para auxiliar na explicação do fenômeno físico. Esse ponto pode ser explorado em trabalhos futuros.

#### 6.4 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

As respostas dos estudantes foram classificadas conforme mostra a Tabela 23. O questionário pós-teste continha doze questões de múltipla escolha que abordam os conceitos de movimento dos corpos. Lembremos que utilizamos a plataforma Plicks para capturar as respostas dos alunos e agilizar o processo de análise dos dados.

As questões foram tratadas de forma abreviada por Q#, onde o # vai de 1 a 12. Nas duas últimas colunas da tabela, colocamos os acertos e erros de cada aluno. Ao final, na Tabela 24, calculamos uma estatística descritiva dos índices de acerto global da turma.



Tabela 23 – Classificação do questionário pós-teste

QUESTIONÁRIO: PÓS - TESTE														
ALUNOS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	(%) ACERTOS	(%) ERROS
1	A	A	A	A	A	A	E	A	E	A	A	A	83	17
2	A	E	A	A	A	A	E	A	A	E	A	E	67	33
3	A	A	A	A	A	A	A	A	E	E	A	A	83	17
4	A	A	A	A	E	A	E	A	A	A	A	A	83	17
5	A	A	A	A	A	E	A	A	A	E	A	A	83	17
6	A	A	A	A	E	A	A	A	A	E	A	E	75	25
7	A	A	E	A	E	A	A	A	A	A	A	A	83	17
8	E	A	E	E	E	A	A	A	A	A	A	E	58	42
9	E	E	A	A	A	A	A	A	A	E	A	A	75	25
10	A	A	A	A	A	E	A	A	E	E	A	E	67	33
11	E	A	A	A	A	A	E	A	E	E	A	A	67	33
12	A	A	A	A	A	A	A	E	E	E	A	E	67	33
13	E	A	A	A	A	A	A	A	E	E	A	A	75	25
14	A	A	A	A	A	A	A	A	E	E	A	E	75	25
15	A	A	A	A	E	E	E	A	A	A	A	A	75	25
16	A	A	A	E	A	A	A	A	A	A	A	E	83	17
17	A	A	A	A	A	A	A	E	E	E	A	A	75	25
18	A	A	A	E	E	A	A	A	A	A	A	E	75	25
19	A	A	E	A	E	A	A	A	A	A	A	A	83	17
20	A	A	A	E	E	A	A	E	A	A	A	E	67	33
21	A	A	A	A	A	A	E	E	A	A	A	A	83	17
22	A	A	A	A	A	A	E	A	E	E	A	E	67	33
23	A	A	A	E	A	A	E	A	A	E	A	A	75	25
24	A	A	A	A	A	A	A	A	E	E	A	E	75	25
25	A	A	A	A	E	A	E	A	A	A	A	A	83	17
26	E	E	E	A	E	A	A	A	A	A	A	E	58	42
27	A	A	A	A	A	A	E	E	A	E	A	A	75	25
28	A	A	A	A	A	A	A	E	A	E	A	A	83	17

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Tabela 24 – Estatística descritiva do pós-teste

ESTATÍSTICA DESCRITIVA – ACERTOS (%)	
Média	75
Mediana	75
Moda	83
Variância	62
Desvio padrão	8
Mínimo	58
Máximo	83

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Outro ponto importante para complementar a análise de dados foi o cálculo do Ganho de Hake. O Ganho de Hake normalizado é obtido pela razão entre o ganho apurado pelo aluno e o máximo ganho possível com base em duas avaliações idênticas e na forma de testes múltipla escolha, uma antes da apresentação do conceito (pré) e outra após (pós). Ele é calculado pela fórmula:

$$g = \left[ \frac{Pós_{teste} \% - Pré_{teste} \%}{100 - Pré_{teste} \%} \right] \quad (25)$$

Os valores de  $Pré_{teste} \%$  e  $Pós_{teste} \%$  são apresentados em porcentagem de acertos nas aplicações do questionário.

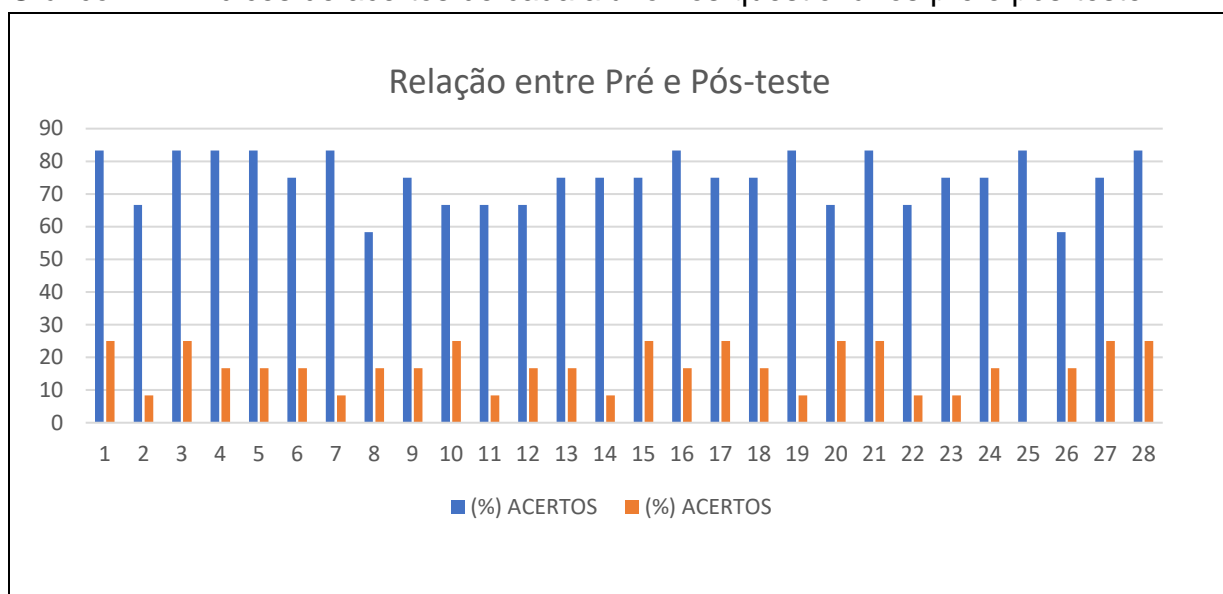
Em seu trabalho, Hake (1998) classificou o ganho normalizado em 3 categorias:

- Turmas de ganho baixo apresentam valores de  $g < 0,30$ ;
- Turmas de ganho médio, os valores entre  $0,30 \leq g < 0,70$ ;
- Turmas de ganho alto possuem valores acima de 0,70.

Nossa pesquisa aponta que a turma que participou da intervenção situa-se na categoria de ganho médio, uma vez que, calculando o ganho, obtemos  $g = 0,69$ .

Além disso, ao efetuarmos uma comparação entre o questionário pré e pós-teste, verificamos que os estudantes conseguiram saltar de uma média de 20% de acertos para 80%, indicando um avanço significativo na compreensão de conceitos de cinemática. O Gráfico 11 exibe uma comparação entre os índices de acertos de cada aluno nos questionários pré e pós-teste.

Gráfico 11 – Índices de acertos de cada aluno nos questionários pré e pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

## 6.5 ANÁLISE DO DIÁRIO DE BORDO

### 6.5.1 Ponto de vista dos estudantes sobre a metodologia POE

Ao analisar os relatos dos estudantes, podemos observar pontos positivos e negativos em relação à utilização da metodologia POE. As informações estão agrupadas conforme podemos constatar na Tabela 25.

Tabela 25 – Relatos dos estudantes sobre a utilização da metodologia POE

GRUPOS ENTREVISTADOS	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10	Desenvolve o trabalho de grupo;	Dificuldades em formalizar hipótese;
	Cria um ambiente de interação com objeto de pesquisa;	Não exige formalismo matemático;
	Exige pensamento crítico;	Existe alguma relutância de trabalhos em grupos pela minoria;
	Renova o ambiente de sala de aula;	
	Elimina o excesso de oratório por parte do professor.	

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Uma leitura analítica dos pontos positivos do método POE, seguindo os relatos dos estudantes, leva-nos a perceber que existe uma busca pela interação e articulação entre os objetos de pesquisa, uma tendência para aprender por suas próprias experiências, cometendo erros e acertos, executando um certo tipo de autonomia no aprendizado.

### 6.5.2 Ponto de vista dos estudantes sobre o aplicativo VidAnalysis

De acordo com relatos dos estudantes, podemos observar pontos positivos e negativos em relação à utilização do aplicativo VidAnalysis. As informações estão agrupadas conforme podemos observar na Tabela 26. As informações foram extraídas de entrevistas gravadas e anotações do diário de bordo das 8 atividades investigativas. As entrevistas ocorreram de modo informal com os grupos, no transcurso do processo de análise de vídeo.

Tabela 26 – Relatos dos estudantes sobre a utilização do aplicativo VidAnalysis

GRUPOS ENTREVISTADOS	PONTOS POSITIVOS	PONTOS NEGATIVOS
Grupos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10	Facilidade de manuseio;	
	Ambientação descomplicada;	Não estar traduzido para Língua Portuguesa;
	Comodidade de uso no próprio celular na sala de aula;	Só funcionar em plataforma Android;
	Faz uso ativo de novas tecnologias;	Nem todos os estudantes possuem celular do tipo Smartphone;
	Muda o perfil de trabalho do professor;	As escolas deveriam disponibilizar Tabletes e internet.
	Os dados podem ser exportados para novos ambientes.	

Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Analisando os pontos negativos quanto ao uso do aplicativo VidAnalysis, percebemos que todos os 28 estudantes gostariam de efetuar suas próprias análises, para depois contribuir com o grupo. Trata-se de uma percepção positiva quanto ao aplicativo, tendo em vista a interação e a participação significativa que ocorreu durante a aplicação da Sequência Didática.

## 7 CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa desenvolveu um estudo científico que teve como objetivo principal desenvolver e analisar uma sequência didática pautado no pressuposto do ensino por investigação, mediada pelo método de aprendizagem ativa, que promova a mudança do perfil conceitual dos estudantes quanto aos conceitos de cinemática.

Para tanto, utilizamos um aplicativo de vídeo análise como ferramenta que nos possibilitou inverter a lógica do ensino tradicional, passando a levar em consideração as especificidades de cada indivíduo no processo de aprendizagem.

Por meio do uso do aplicativo em sala de aula, utilizamos uma gama variada de recursos, seja para fornecer a informação desejada, seja para estimular a participação dos alunos nas atividades investigativas, mesmo que estivessem fora do espaço escolar, como foi o caso da visita à praça da ciência.

Destacamos que nem todas as funcionalidades do aplicativo de vídeo análise foram úteis, o quanto esperávamos. Encontramos diversos contratempos, entre os quais a falta de equipamento ou internet para baixar o aplicativo. Mas defendemos que aplicativos de celular devem ocupar os espaços escolares, atingindo não somente alunos, mas também professores e gestores.

Apesar dessas adversidades, observamos que houve mudança no perfil investigativo dos alunos quanto ao uso dos *smartphones*, pois antes ele era usado para ouvir músicas, jogar e conversar por mensagens de texto. Os alunos, após a aplicação da Sequência Didática, passaram a usar o aparelho para pesquisar e fotografar o quadro, ganhando com isso tempo para a execução das tarefas.

Essa proposta vai ao encontro dos resultados de anos de pesquisa que defende serem os *smartphones* ferramentas poderosíssimas em sala de aula, contribuindo para a inserção de conteúdos de mais variada natureza, em um suporte atual e até popular.

A mudança que ocorreu nos alunos certamente foi proporcionada com a inserção, nas aulas, do aplicativo de vídeo análise e da metodologia Predizer, Observar e Explicar.

A metodologia de trabalho apresentou algumas dificuldades de execução, uma vez que os alunos não estavam acostumados a atuar como agentes ativos no processo de ensino aprendizagem. No entanto, ela trouxe benefícios importantes para o aprendizado e mudança de atitude dos alunos, demandando-lhes autonomia do seu saber.

Para atingir nosso objetivo geral, foi preciso elaborar 10 encontros planejados, que culminaram com a elaboração de um produto educacional, disponibilizado ao professor da educação básica.

Após esta etapa preliminar, aplicamos a metodologia POE junto aos alunos de uma turma da primeira série do Ensino Médio, período em que produzimos vários dados por meio de observações, discussões, anotações no diário de bordo, registros fotográficos e ainda através de testes e questionários.

Após organização, análises e reflexões sobre esses dados, concluímos que o método POE, atrelado ao uso de aplicativo de vídeo análise, constitui uma proposta viável para o ensino dos conceitos de cinemática, contribuindo significativamente para o ganho conceitual dos estudantes, mudança de sua postura, tornando-os protagonista de sua aprendizagem.

Ao analisar as respostas dos estudantes referentes à aplicação de conhecimentos de movimento uniforme, verificamos um aumento na taxa de respostas corretas e parcialmente corretas. As evidências nos indicam uma evolução no perfil conceitual dos estudantes.

Ademais, analisando a atividade investigativa na qual os alunos produziram vídeos descendo a tirolesa, inferimos que a taxa de respostas “indiferente” tendeu a zero. Os estudantes ficaram comprometidos com processo de aprendizagem, pois, em atividades anteriores, existia uma certa relutância na etapa de formulação da hipótese inicial. Outro ponto importante a ser relatado é a adoção do espaço da Praça de Ciências, utilizado nesta aplicação. Os alunos ficaram mais descontraídos, o que favoreceu a troca de informações entre os grupos de trabalho. Trata-se de um sentido de ajuda mútua que pode ser explorado em trabalhos futuros.

Ao analisarmos a atividade investigativa com a esfera de aço, verificamos que 5 grupos conseguiram explicar corretamente o movimento de queda da esfera de aço. Apesar de fugir do nosso propósito fazer generalizações, uma vez que se trata de uma pesquisa em educação, de uma Sequência Didática, acreditamos que o conteúdo movimento uniformemente variado foi assimilado de forma satisfatória pelos estudantes

Ao analisarmos a atividade investigativa com a bola de isopor, constatamos que 6 grupos conseguiram explicar corretamente o movimento de queda da bola de isopor. Outro ponto importante foi o aumento de respostas parcialmente corretas, o qual cresceu significativamente, o que contribuiu para a mudança do perfil conceitual. Os alunos estavam mais seguros quanto ao processo de ensino aprendizagem, razão pela qual ampliaram seu nível de desenvolvimento e participação com objeto de pesquisa.

A análise do foguetinho de palito de fósforo revela o bom desempenho dos grupos de trabalho. Averiguamos que, em 70% dos casos, os estudantes foram capazes de realizar uma análise em vídeo que refletisse a realidade do fenômeno pesquisado.

Os resultados obtidos no experimento da catapulta arremessando a bola de isopor mostram que o vínculo criado entre o método de pesquisa e a adoção do aplicativo de análise de vídeo, foi bem incorporado pelos estudantes. As respostas corretas aumentaram em 20% dos casos no Predizer, 60% na Observação e 40% no Explicar. Esta contribuição implica a compreensão dos conceitos, o que mostra uma tendência, na mudança nas percepções alternativas dos estudantes.

O uso de estratégias com base em novas tecnologias não garante resolver todos os problemas de aprendizagem relacionados ao Ensino de Física. Sabemos das muitas dificuldades encontradas pelos professores, principalmente no que tange ao uso de laboratórios de informática, à falta de máquinas e equipamentos adequados.

Por isso, consideramos que alguns fatores interferiram na aplicação de forma negativa no andamento da proposta. O primeiro diz respeito aos conhecimentos e habilidades dos alunos. Muitos não sabiam utilizar o celular como plataforma de pesquisa, por isso

gastamos muito tempo tentando sanar esse problema. Ademais, o fato de muitos alunos nunca terem utilizado os conceitos de funções do primeiro e segundo grau junto com um aplicativo de celular gerou, também, muita insegurança.

Apesar disso, um ponto extremamente importante que devemos destacar foi o vínculo entre uso do aplicativo com a metodologia POE, pois as atividades ficaram mais dinâmicas e propiciaram uma maior interação entre os grupos de alunos e, também com o professor. Diante das análises, entendemos que a proposta engendrou também melhora na visão que os alunos tinham do uso das tecnologias em sala de aula, uma vez que puderam formular, e testar, suas hipóteses iniciais, tornando o processo de aprendizagem mais eficaz e motivador.



## REFERÊNCIAS

- AMOROSO, Danilo. **Como fazer um foguete com um palito de fósforo**. 10 nov. 2011. Tecmundo. Disponível em: <<https://www.tecmundo.com.br/videos-do-baixaki/15221-como-fazer-um-foguete-com-um-palito-de-fosforo-video-.htm>>. Acesso em: 8 jun. 2018.
- AGRELLO, D. A.; GARG, R. Compreensão de gráficos de cinemática em Física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 21, n. 1, pp. 103-114, mar. 1999.
- ARAUJO, Ives S; VEIT, Eliane A; MOREIRA, Marco. A. Atividades de modelagem computacional no auxílio da interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 2, p.179-184, jun. 2004.
- ARAÚJO, F. A. G; OLIVEIRA, M. M; NOBRE, E. F; PINHEIRO, A. G.; CUNHA, M. S. Estudo do movimento com o aplicativo vidanalysis: possibilidades no estudo de lançamento de projéteis. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 2, 2017.
- BEZERRA JR, G. A; OLIVEIRA, P. L; LENZ, A. J; SAAVEDRA, N. Videoanálise com o software livre tracker no laboratório didático de física: movimento parabólico e segunda lei de newton. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. esp. 1, pp. 469-490, set. 2012.
- CALLONI, G. J. **A Física dos movimentos analisados a partir de vídeos do cotidiano do aluno**: uma proposta para oitava série. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2010.
- CAMARGO FILHO, Paulo Sérgio de; LABURÚ, Carlos Eduardo. Uma proposta de referencial analítico de gráficos cartesianos de cinemática a partir de tabelas. **Revista Ensaio**: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal, Belo Horizonte, v. 15, n. 1, pp.49-65, abr. 2013.
- CARVALHO, A. M. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, Coleção Ideias em Ação, 2011.
- CHAMPAGNE, A. B.; KLOPFER, L. E.; ANDERSON, J. H. Factors influencing the Learning of classical mechanics. **American Journal of Physics**, College Park, v. 48, pp. 1074–1079, 1980.
- CID, A. S.; CORREA, T. Venturino: Análise da variação de pressão em um tubo de Venturi utilizando Arduino e sensor de pressão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**: produtos e materiais didáticos, São Paulo, v. 41, n. 3, 07 jan. 2019. Disponível em: <[www.scielo.br/rbef](http://www.scielo.br/rbef)>. Acesso em: 02 jan. 2020.
- FOLHAS, Álvaro. Análise digital de vídeo. **Revista de Ciência Elementar**, [s.l.], v. 5, n. 1, p.1-5, 31 mar. 2017. ICETA. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.24927/rce2017.006>>. Acesso em: 04 dez 2019.

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, College Park, 66 (64), 1998.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de Física: Mecânica 1**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2006.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl (Colab.). **Fundamentos de física: mecânica**, v.1. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, c2016.

HAYSOM, J.; BOWEN, M. **Predict, observe, explain: activities enhancing student understanding**, NSTA Press Book, 2010.

JESUS, V. L. B; SASAKI, D. G. G. Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 36, n. 3, p. 3503. 2014.

LEITÃO, L. I; TEIXEIRA, P. F. D; ROCHA, F. S. A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica. **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, Buenos Aires, Argentina, v. 6, n. 1, pp.18-33, 1 jul. 2011.

LAUDARES, F; LOPES. C. S. M. M; CRUZ, A. O. F. Usando sensores magnéticos em um trilho de ar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 26, n. 3, pp. 233-236, 2004.

LENZ, Jorge Alberto; SAAVEDRA FILHO, Nestor Cortez; BEZERRA JR, Arandi Ginane. Utilização de TIC para o estudo do movimento: alguns experimentos didáticos com o software Tracker. **Abakós**, Curitiba, v. 2, n. 2, pp.24-34, mar. 2014.

MARQUES, J. C. S. **Uso de planilha eletrônicas como ferramentas auxiliares no ensino-aprendizagem de cinemática**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, UnB, Brasília, 2015.

MEISTER, J. C. **TRACKER PHYSICS: objetos em movimentos e registro de representação**. 2016. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, UFRGS, Porto Alegre, 2016.

MOREIRA, M. A. Grandes Desafios para o Ensino da Física na Educação Contemporânea, **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 1, pp. 1-13, 2017.

NEDELSKY, Leo. Introductory physics laboratory. **American Journal of Physics**, College Park, v. 26, n. 2, p. 51-59, 1958.

NUNES V.W.N.; BESSA R.C. Metodologias ativas apoiadas por recursos digitais: usando os aplicativos Prezi e Plickers. In: Challenges 2017: Aprender nas Nuvens, Learning in the-Clouds. X Conferência Internacional de Tecnologias de Informação e Comunicação na Educação), 8-10 maio 2017, Universidade do Minho, **Atas...** Braga, Portugal, p.23-39.

OLIVEIRA, F. A. **Uso e divulgação do software tracker em aulas de Física no Ensino Médio**, 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, UTFPR, Curitiba, 2014.

PIMENTEL, R. J; ZUMPARO, H. V; YAGINUMA, T. L. Trilho de ar – Uma proposta de baixo custo, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 11, p. 15 – 23, dez/1989.

SANTOS, R. P; BALTHAZAR, W. F; HUGUENIN J. A. O. Sequência didática para o ensino de cinemática com vídeo análise na perspectiva da Teoria de Aprendizagem Significativa, **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 2, pp. 54-57, 2017.

SASAKI, D. G. G.; JESUS, V. L. B. de. Avaliação de uma metodologia de aprendizagem ativa em óptica geométrica através da investigação das reações dos alunos. **Revista Brasileira de Ensino de Física: pesquisa em ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 2, 15 nov. 2016. Disponível em: <www.scielo.br/rbef>. Acesso em: 06 jan. 2020.

SEGATTO, B. R. Cuidados na elaboração de laudos periciais envolvendo vítimas fatais de queda de alturas usando o Tracker. **Revista Brasileira de Criminalística**, Brasília–DF, v. 8, n. 1, p. 31-34, 2019.

SCARPAT JR., Alfeo. **Uma proposta de atividades investigativas com o uso de um software simulador de circuitos elétricos em sala de aula**. 2017, 124 f. Dissertação (Mestrado) – Mestrado Profissional em Ensino de Física, IFES, Cariacica, 2017.

SCHEFFER, Fabrício da Silva. **O uso de videoaulas para aprendizagem de cinemática**. 2014. 155 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Mestrado em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

SCHWAHN, M. C. A; OAIGEN, E. R. O uso do laboratório de ensino de Química como ferramenta: investigando as concepções de licenciandos em Química sobre o Predizer, Observar, Explicar (POE). **Acta Scientiae**, Canoas, v.10, n.2, jul./dez. 2008.

SERPA, L. F. Influências ambientais sobre a aprendizagem em curso introdutório de física na Universidade. In: III SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, **Anais...**São Paulo, v. esp., n: 3. p. 807- 818, 1976.

SILVA, E. S. *et al.* Estudo simultâneo dos movimentos uniformes, retilíneo e circular, mediado por vídeo análise. **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 2, pp.1-12, mar. 2017.

SILVA, J. C. G. **Uma proposta de ensino de gráficos de cinemática com uso de vídeoanálise mediado por uma metodologia de Aprendizagem Ativa**. 2016. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologia e Educação, CEFET, Rio de Janeiro, 2016.

SIRISATHITKUL, C; GLAWTANONG, P; EADKONG, T; SIRISATHITKUL, Y. Digital video analysis of falling objects in air and liquid using Tracker. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 1504, 2013.

SANTOS, R. J; SASAKI, D. G. G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 3, 2015.

TAO, P.K; GUNSTONE, R. F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at, the computer. **International Journal of Science Education**, London, v. 21, n.1, pp. 39-57, 1999.

TORRES, P. L; ALCANTRARA, P. R; IRALA, E. A. F. Grupos de consenso: uma proposta de aprendizagem colaborativa para o processo de ensino-aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 4, n.13, pp.129-145, set./dez. 2004.

WHITE, R; GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. New York: The Falmer Press, 1992.

XIMENES, M.S; BIZERRA, D.U.B; LUCENA. F.M.B; FEITOSA, A.M.S. O quebra-gelo como forma de unir e promover a sinergia de um grupo de formação em aprendizagem cooperativa. **Revista Encontros Universitário da UFC**, Fortaleza, v.1, p. 3435, 2016. Disponível em: <<http://periodicos.ufc.br/eu/article/view/14185>>. Acesso em: 12 nov. 2019.

ZÔMPERO, F. A; LABURÚ, E. C. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v.13, n. 3, pp. 67–80, set-dez 2011.

## APÊNDICE A – Termo de Consentimento

Eu \_\_\_\_\_ Tel \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_ ( ) Vivo ( ) Oi ( ) Tim ( ) Claro ( ) Nextel  
 responsável pelo(a) aluno(a) \_\_\_\_\_  
 matriculado(a) no \_\_\_\_\_ ano, turma \_\_\_\_\_ do turno ( ) matutino ( ) vespertino da  
 EEEFM “Dr. José Moyses”, autorizo meu/minha filho(a) a participar de trabalhos junto  
 à sua turma e/ou com os alunos das demais turmas da Unidade de Ensino, incluindo  
 trabalhos que envolvam fotografia e vídeo. Projeto de pesquisa intitulado:  
 APRENDIZAGEM ATIVA ASSOCIADA AO USO DE SMARTPHONES NO  
 CONTEXTO DE SALA DE AULA: Uma proposta de atividades investigativas par o  
 ensino de cinemática no 1º ano do ensino médio. Professor regente Fernando Gagno  
 Júnior.

### **DA CESSÃO DE DIREITOS DE VEICULAÇÃO DE IMAGEM E SOM:**

Ao autorizar a participação de meu/minha filho (a), cedo os direitos patrimoniais de imagem e som, do(a) mesmo(a), para a utilização do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF) em veiculação por televisão (canal a cabo e TV aberta), mídia impressa (jornais e revistas), vídeos, documentários, folders, banners, site na internet (Facebook, Instagram e outros), slides de fotos, portfólios e apresentações públicas, com objetivo de contribuir para a divulgação de trabalhos educativos.

A presente cessão que se faz firme e valiosa será respeitada pelo declarante/responsável pela criança e pelo Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), titulares de tais direitos, seus herdeiros e sucessores.

Cariacica (ES), \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 20 \_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Responsável

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Professor

**APÊNDICE B – Pré-teste**

1 – Você saberia indicar qual a principal característica do **Movimento Uniforme**?

- a) A velocidade é variável;
- b) A velocidade é constante;
- c) A velocidade é máxima;
- d) Não existe velocidade.

2 – Quando a distância percorrida é proporcional ao tempo empregado, podemos afirmar que?

- a) Aceleração é variável;
- b) Aceleração é constante;
- c) Aceleração é máxima;
- d) Não existe aceleração.

3 – No **Movimento Uniforme**, analisando o gráfico de posição x tempo, podemos concluir que?

- a) Velocidade está associada ao ângulo de inclinação da reta;
- b) Aceleração tem movimento progressivo;
- c) Aceleração e Velocidade caminham juntas;
- d) Aceleração é nula.

4 – No **Movimento uniforme**, se representarmos em um diagrama velocidade x tempo encontraremos?

- a) Uma curva exponencial;
- b) Uma curva quadrática;
- c) Uma reta paralela ao eixo das ordenadas;
- d) Uma reta paralela ao eixo das abscissas.

5 – Em que situação o movimento pode ser retardado e retrógrado?

- a)  $v_2 > v_1 \rightarrow \Delta v > 0$
- b)  $v_2 < v_1 \rightarrow \Delta v < 0$
- c)  $v_2 = v_1 \rightarrow \Delta v = 0$
- d)  $v_2 > v_1 \rightarrow \Delta v \geq 1$

6 – Quando a variação da velocidade tende para um intervalo de tempo tão diminuto que sua duração se aproxima de zero, podemos afirmar que a velocidade é.

- a) Instantânea;
- b) Constante;
- c) Estática;
- d) Nula.

7 – Qual o significado da expressão “Movimento Variado”?

- a) Velocidade instantânea;
- b) Velocidade constante;
- c) Velocidade nula;
- d) Variação da velocidade instantânea de um móvel.

8 – Quando a velocidade de um corpo varia, dizemos que o corpo possui?

- a) Velocidade;
- b) Velocidade instantânea;
- c) Aceleração;
- d) Aceleração progressiva.

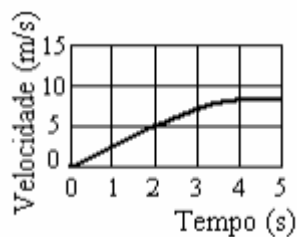
9 – Na função horária da posição do **Movimento Uniformemente Variado**, os termos  $(v_0)$  e  $(a)$  são considerados:

- a) Inversamente proporcionais;
- b) Constantes para qualquer momento;
- c) Termos quadráticos;
- d) Termos independentes.

10 – No gráfico da aceleração x tempo, o que se quer dizer com  $a < 0$ ?

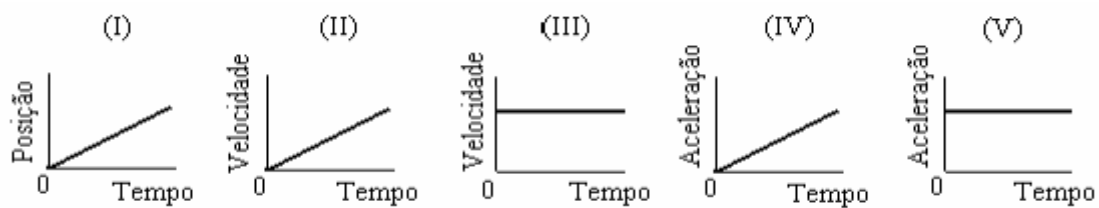
- a) Não existe aceleração;
- b) Aceleração é negativa;
- c) O corpo está parado;
- d) Aceleração neutra.

11 – Se você quisesse saber a distância percorrida (em metros) por um objeto no intervalo de  $t = 0$  s até  $t = 2$  s, a partir do gráfico abaixo, você poderia:



- a) Ler 5 diretamente no eixo vertical;
- b) Encontrar a área entre o segmento de reta e o eixo do tempo calculando  $(5 \times 2) / 2$ ;
- c) Encontrar a inclinação deste segmento de reta dividindo 5 por 2;
- d) Encontrar a inclinação deste segmento dividindo 15 por 5.

12 – Considere os gráficos seguintes, observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

- a) I, II e IV;
- b) I e III;
- c) II e V
- d) Somente IV)



## APÊNDICE C – Ficha da Atividade Investigativa 1

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:     /     /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 1: objeto deslizando sobre o trilho de ar

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento do carrinho deslizando sobre o trilho de ar?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pelo carrinho deslizando sobre o trilho de ar?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a observação explique suas diferenças.


## APÊNDICE D – Ficha da Atividade Investigativa 2

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 2: moto na estrada

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento da moto, no experimento moto na estrada?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela moto na estrada?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


### APÊNDICE E – Ficha da Atividade Investigativa 3

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:     /     /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

#### Experimento 3: esfera em movimento

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do tipo de movimento da esfera que se desloca em linha reta?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela esfera?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


## APÊNDICE F – Ficha da Atividade Investigativa 4

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 4: aprendiz na tirolesa

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento do aprendiz na experiência de descer pela tirolesa.


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pelo aprendiz ao descer pela tirolesa.


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


## APÊNDICE G – Ficha da Atividade Investigativa 5

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 5: movimento de queda livre

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento da esfera de aço, no experimento de queda livre.


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela esfera em queda livre?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e Observação, explique as diferenças:


## APÊNDICE H – Ficha da Atividade Investigativa 6

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:     /     /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 6: movimento de queda com resistência do ar

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento vertical de queda da bola de isopor?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela bola de isopor?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


## APÊNDICE I – Ficha da Atividade Investigativa 7

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 7: foguete de palitos de fósforo

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

Qual a sua interpretação do movimento realizado pelo palito de fósforo, no experimento do foguete de palito de fósforo?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pelo palito de fósforo?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


## APÊNDICE J – Ficha da Atividade Investigativa 8

Atividade investigativa: uso do aplicativo VidAnalysis

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 8: lançamento oblíquo da bolinha de isopor.

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

Qual a sua interpretação do movimento realizado pela bolinha de isopor, ao ser arremessada?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela bola de isopor?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.




## APÊNDICE L – Produto Educacional

### APRENDIZAGEM ATIVA ASSOCIADA AO USO DE SMARTPHONES NO CONTEXTO DE SALA DE AULA: UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES INVESTIGATIVAS PARA O ENSINO DA CINEMÁTICA NO 1 ANO DO ENSINO MÉDIO



PRODUTO EDUCACIONAL  
IFES - CARIACICA

**FERNANDO GAGNO JR**  
**JARDEL DA COSTA BROZEGUINI**

## SUMÁRIO

	<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	<b>129</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>130</b>
<b>2</b>	<b>O MÉTODO PREDIZER, OBSERVAR E EXPLICAR</b> .....	<b>131</b>
<b>3</b>	<b>APLICATIVO VIDANALYSIS</b> .....	<b>133</b>
<b>4</b>	<b>A SEQUÊNCIA DIDÁTICA</b> .....	<b>135</b>
4.1	AULA 1: PRÉ-TESTE .....	137
4.2	AULA 2: OBJETO DESLIZANDO SOBRE O TRILHO DE AR .....	139
4.3	AULA 3: MOTO NA ESTRADA.....	141
4.4	AULA 4: ESFERA EM MOVIMENTO.....	142
4.5	AULA 5: VISITA À PRAÇA DA CIÊNCIA .....	143
4.6	AULA 6: MOVIMENTO DE QUEDA DE ESFERAS DE AÇO .....	146
4.7	AULA 7: MOVIMENTO DE QUEDA DE BOLAS DE ISOPOR .....	147
4.8	AULA 8: LANÇAMENTO OBLÍQUO SEM RESISTÊNCIA DO AR .....	149
4.9	AULA 9: LANÇAMENTO OBLÍQUO COM RESISTÊNCIA DO AR.....	151
4.10	AULA 10: PÓS-TESTE .....	153
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>154</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>155</b>

## APRESENTAÇÃO

Este Guia Didático de Física é um produto educacional resultante de um estudo científico desenvolvido durante os anos de 2017 a 2019 no curso de mestrado profissional do Programa de Pós-graduação em Ensino de Física do Instituto Federal do Espírito Santo (PPGEFIS), Campus Cariacica. Este estudo abordou a compreensão dos conceitos da cinemática e foi aplicado no 1º ano do ensino médio.

A utilização de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's) no ensino de física é um caminho que desperta crescente interesse, seja por sua real utilização nos espaços formais de ensino, seja pelos trabalhos de pesquisa em ensino apresentados à comunidade científica. Assim, o uso crítico e referenciado das TIC's pode colaborar para uma aprendizagem mais efetiva e potencializar oportunidades de uma educação para a emancipação e autonomia, conjugando qualidade acadêmica e tecnologias livres.

A inclusão de tecnologias de informação e comunicação (Tics) nas aulas de física é objeto de estudo de vários pesquisadores, destacando-se, nesta linha, os autores: Calloni (2010); Oliveira (2014); Marques (2015); Meister (2016); Silva (2016) e Santos R. P (2017). Nosso produto educacional para ensino de Física, em essência, faz uso de tecnologias livres, com apelo de baixo custo. Diferenciamos dos demais produtos educacionais apresentados por executar um ensino por investigação em uma sala de aula típica, onde o professor de física dispõe de apenas duas aulas semanais de 55 minutos.

No sentido de tornar a sala de aula um laboratório didático, propomos trabalhar com as concepções alternativas dos estudantes. Produzimos e aplicamos uma Sequência Didática, composta por 10 encontros, aplicada no contexto do ambiente de sala de aula.

Utilizamos a metodologia POE, que divide o processo de aprendizagem em três etapas: Predizer, Observar e Explicar. Ao método, vinculamos o uso do aplicativo VidAnalysis, partindo da ideia da utilização de filmagens e edições de vídeos construídos pelos próprios estudantes.

Fernando Gagno Júnior  
Jardel da Costa Brozeguini

## 1 INTRODUÇÃO

Este produto educacional configura-se como um recorte da pesquisa de mestrado desenvolvida no IFES – Cariacica – ES, polo 33 da Sociedade Brasileira de Física (SBF), para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

As atividades abordadas para a construção deste produto educacional tomaram como base os conceitos de cinemática. Assim, procuramos desenvolver atividades investigativas que explorassem, além do conteúdo de cinemática, o uso de metodologias ativas de ensino.

Neste sentido, foram construídas 8 atividades investigativas de trabalho, as quais foram aplicadas em uma sala de aula típica com carga horária de 55 minutos por disciplina. Os temas e experimentos abordados em sala de aulas estão descritos no Quadro 1.

Quadro 1 – Apresentação de temas e experimentos

DESCRIÇÃO 1, EXPERIMENTOS	DESCRIÇÃO 2, TEMAS
Atividade quebra gelo	Vídeo analisado: objeto deslizando sobre o trilho de ar.
Atividade quebra gelo	Vídeo analisado: moto na estrada.
Atividade quebra gelo	Vídeo analisado: esfera em movimento.
Visita à praça da ciência	Vídeo analisado: diferentes corpos descendo a tirolesa com o mesmo ângulo.
Esferas de aço	Movimento vertical de esferas de aço.
Bolas de isopor	Movimento vertical de bolas de isopor.
Foguete de palitos de fósforo	Lançamento oblíquo sem resistência do ar
Bola de isopor lançada utilizando catapulta feita de ratoeira	Lançamento oblíquo com resistência do ar

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

## 2 O MÉTODO PREDIZER, OBSERVAR E EXPLICAR

A metodologia POE convencional é estruturada em três etapas: Predizer-Observar-Explicar. O processo de **predizer** um fenômeno da natureza busca extrair do estudante seus conhecimentos, ideias prévias sobre um determinado assunto, por meio de uma situação do seu cotidiano, demonstrada sob a forma de experimento real ou virtual. Envolver os estudantes em situações e mecanismos que possam estimular sua participação efetiva no processo de aprendizagem é um dos objetivos desta etapa. Segundo Silva (2016, p. 16),

Se os estudantes forem adequadamente estimulados na reflexão, é mais provável que respondam com sinceridade e apresente e registrem suas concepções prévias. [...] isto é de fundamental importância, [...] ao conhecimento trabalhado em sala de aula (SILVA, 2016, p. 16).

Uma pergunta aberta pode ser inserida na etapa de predição, que servirá de direcionamento para os estudantes formalizarem suas ideias prévias, expressas na forma de hipótese. A ideia principal é extrair dos alunos fontes de recursos que sejam da sua vivência, do seu cotidiano. Este envolvimento pode acontecer de forma individual ou em pequenos grupos de investigação. Segundo Santos (2015, p. 2), “cabe ao professor contextualizar o tema, apresentar um fenômeno real relacionado na forma de experimento [...] estimular as discussões e ideias [...] e finalmente coligir e debater as diferentes respostas”.

Na etapa de **observação** dos fenômenos naturais, os estudantes podem interagir de forma efetiva com experimento. Após interação e manipulação da situação problema, os alunos devem descrever o comportamento do fenômeno natural observado. Nessa etapa, são valorizadas explicações que refletem, em parte ou total, o que se encontra na literatura sobre o problema. Segundo Silva (2016, p. 16), “espera-se que depois da correta execução das etapas anteriores, os alunos sejam capazes de perceber as sutilezas do fenômeno observado”.

A etapa de observação é de fundamental importância para condução dos trabalhos, pois é onde o aluno começa a notar diferenças entre o que foi observado e sua hipótese inicial. Esse confronto entre observação e hipótese inicial proporciona mudanças nas concepções alternativas dos educandos. Santos (2015, p. 2) argumenta que o “método POE possibilita uma aprendizagem ativa, isto é transferir o foco do professor que descreve e explica fenômenos, geralmente abstratos, para os próprios alunos que se tornam protagonista do processo de aprendizagem”.

E, por último, tratamos a **explicação** dos fenômenos naturais, para o fechamento da abordagem de três etapas. Nesta etapa, o professor conduz, com seus estudantes, uma explicação conforme as teorias científicas sobre os conteúdos abordados. De acordo com Haysom e Bowen (2010, p. 15):

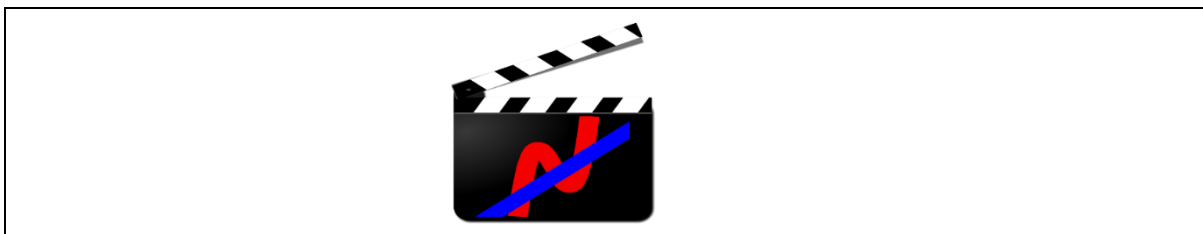
Eles recomendam que professor se coloque trazendo não simplesmente a explicação correta, mas a opinião da comunidade científica sobre o assunto. Isso permite a análise mais livre das afirmativas apresentados, bem como permite que os alunos façam comparações entre o que apresentaram e o conhecimento trazido pelo professor (HAYSOM; BOWEN, 2010, p. 15).

Nossa adoção ao modelo POE ocorreu desde as primeiras leituras sobre o assunto, o que descobrimos em leituras futuras foi um mundo de informações que estavam sendo omitidas.

### 3 APLICATIVO VIDANALYSIS

O aplicativo VidAnalysis (Figura 1) é um sistema específico de uso em sala de aulas para pequenas e médias análises. Ele é baseado na plataforma Android disponível em duas versões de uso na loja de aplicativos do Google Play, uma versão paga livre de propagandas, e outra *free*, onde são projetados alguns banners publicitários. O aplicativo é mantido pela [vidanalysis.com](http://vidanalysis.com), com direitos reservados ao austríaco Richard Sadek.

Figura 1 – Logomarca do aplicativo



Fonte: SADEK (2015)

O aplicativo VidAnalysis é uma ferramenta multiuso, que pode ser utilizada nas aulas de física. Por se tratar de um sistema de fácil interface com usuário, mesmo sendo escrito na língua inglesa, os parâmetros de acesso ao sistema são altamente intuitivos, seguindo uma sequência lógica de utilização, que favorece a adaptação dos usuários que não têm domínio da língua inglesa. O Quadro 2 é um resumo dos principais parâmetros do aplicativo, que pode ser utilizado em experiências que envolvem a análise de vídeos.

Os estudantes possuem uma grande capacidade de adaptação a novas tecnologias. Em nossa pesquisa não foram observados casos negativos no que tange à utilização do aplicativo. O uso de novas tecnologias é um fator motivacional no cotidiano dos estudantes.

Quadro 2 – Resumo dos parâmetros de trabalho do aplicativo VidAnalysis

<b>PASSOS</b>	<b>OBSERVAÇÃO 1</b>	<b>OBSERVAÇÃO 2</b>
Obtenção do vídeo	Interno	Externo
<b>Iniciar análise</b>		
Barra de rolagem	Inserir parâmetros dos frames	Excluir partes desnecessárias da filmagem
Informar dimensão de comprimento	Unidade de medida em metros	Referência de unidade na filmagem
Sistema de coordenadas	Definir x, y e z	Ajuste de coordenadas
Salvar	Gravar os parâmetros	Novas análises podem ser executadas
Marcar movimentos	Toque na tela	Caneta magnética
Resultados	5 gráficos e 1 tabela	O ideal é visualizar modo paisagem

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)



## 4 A SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Neste capítulo delineamos um conjunto de atividades investigativas que fazem parte do nosso repertório para ensinar cinemática, de forma a privilegiar a participação e a autonomia dos educandos.

Para integrarmos nossos estudantes ao uso do método (POE) e ao manuseio do aplicativo VidAnalysis, propomos três experimentos de MRU, os quais denominamos “Atividades Quebra Gelo”. Nossa intenção com essas atividades iniciais é preparar os alunos para utilizar o método de três etapas, uma vez que não faz parte do dia a dia de um estudante do Ensino Médio formular uma hipótese observando um fenômeno físico. Os experimentos utilizados para compor nossas Atividades Quebra Gelo foram o **objeto deslizando sobre o trilho de ar**, a **moto na estrada** e, por último, a **esfera em movimento**.

A Sequência Didática foi planejada para 10 encontros que podem ser aplicadas em 9 aulas de 55 minutos e uma aula de campo em um espaço de ensino não-formal (Quadro 3).

Quadro 3 – Resumo da proposta de intervenção

(continua)

AULA	TEMPO DE AULA (min)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE
1	55	Aplicação do pré-teste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar os conhecimentos prévios dos alunos.</li> </ul>
2	55	Objeto deslizando sobre o trilho de ar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o Método POE.</li> <li>• Utilizar o aplicativo VidAnalysis.</li> <li>• Estimular as atividades em grupos.</li> <li>• Elaborar hipóteses.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
3	55	Moto na estrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o Método POE.</li> <li>• Utilizar o aplicativo VidAnalysis.</li> <li>• Estimular as atividades em grupos.</li> <li>• Elaborar hipóteses.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>

(conclusão)

4	55	Esfera em movimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o Método POE.</li> <li>• Utilizar o aplicativo VidAnalysis.</li> <li>• Estimular as atividades em grupos.</li> <li>• Elaborar hipóteses.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
5	165	Visita à praça da Ciência	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar um plano de trabalho.</li> <li>• Coletar e analisar os dados.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
6	55	Movimento de queda de esferas de aço	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solucionar problemas.</li> <li>• Levantar hipóteses.</li> <li>• Elaborar um plano de trabalho.</li> <li>• Montar o experimento.</li> <li>• Coletar e analisar os dados.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
7	55	Movimento de queda de bolas de isopor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solucionar problemas.</li> <li>• Levantar hipóteses.</li> <li>• Elaborar um plano de trabalho.</li> <li>• Montar o experimento.</li> <li>• Coletar e analisar os dados.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
8	55	Lançamento oblíquo sem resistência do ar – esfera de aço	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solucionar problemas.</li> <li>• Levantar hipóteses.</li> <li>• Elaborar um plano de trabalho.</li> <li>• Montar o experimento.</li> <li>• Coletar e analisar os dados.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
9	55	Lançamento oblíquo com resistência do ar – bola de isopor	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solucionar problemas.</li> <li>• Levantar hipóteses.</li> <li>• Elaborar um plano de trabalho.</li> <li>• Montar o experimento.</li> <li>• Coletar e analisar os dados.</li> <li>• Promover o debate.</li> </ul>
10	55	Aplicação do pós-teste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar o ganho conceitual dos alunos.</li> </ul>

---

Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

No Quadro 3, listamos as atividades investigativas que propusemos para a Sequência Didática e, além disso, explicitamos os objetivos de cada etapa. Lembramos que, para que a sequência atinja seu objetivo, é necessário que as aulas sejam mediadas pelo professor e por objetivos de aprendizagem.

#### 4.1 AULA 1: PRÉ-TESTE

Iniciamos essa aula com a exposição da proposta de trabalho e com a aplicação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Na sequência, pedimos aos alunos que respondessem ao questionário pré-teste usando a plataforma Plickers.

A seguir apresentamos o pré-teste respondido pelos alunos.

1 – Você saberia indicar qual a principal característica do **Movimento Uniforme**?

- a) A velocidade é variável;
- b) A velocidade é constante;
- c) A velocidade é máxima;
- d) Não existe velocidade.

2 – Quando a distância percorrida é proporcional ao tempo empregado, podemos afirmar que?

- a) Aceleração é variável;
- b) Aceleração é constante;
- c) Aceleração é máxima;
- d) Não existe aceleração.

3 – No **Movimento Uniforme**, analisando o gráfico de posição x tempo, podemos concluir que?

- a) Velocidade está associada ao ângulo de inclinação da reta;
- b) Aceleração tem movimento progressivo;
- c) Aceleração e Velocidade caminham juntas;
- d) Aceleração é nula.

4 – No **Movimento uniforme**, se representarmos em um diagrama velocidade x tempo encontraremos?

- a) Uma curva exponencial;
- b) Uma curva quadrática;

- c) Uma reta paralela ao eixo das ordenadas;
- d) Uma reta paralela ao eixo das abscissas.

5 – Em que situação o movimento pode ser retardado e retrógrado?

- a)  $v_2 > v_1 \rightarrow \Delta v > 0$
- b)  $v_2 < v_1 \rightarrow \Delta v < 0$
- c)  $v_2 = v_1 \rightarrow \Delta v = 0$
- d)  $v_2 > v_1 \rightarrow \Delta v \geq 1$

6 – Quando a variação da velocidade tende para um intervalo de tempo tão diminuto que sua duração se aproxima de zero podemos afirmar que a velocidade é.

- a) Instantânea;
- b) Constante;
- c) Estática;
- d) Nula.

7 – Qual o significado da expressão “Movimento Variado”?

- a) Velocidade instantânea;
- b) Velocidade constante;
- c) Velocidade nula;
- d) Variação da velocidade instantânea de um móvel.

8 – Quando a velocidade de um corpo varia, dizemos que o corpo possui?

- a) Velocidade;
- b) Velocidade instantânea;
- c) Aceleração;
- d) Aceleração progressiva.

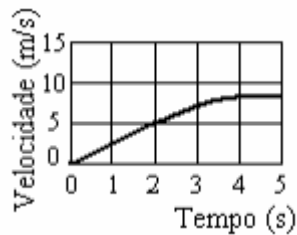
9 – Na função horária da posição do **Movimento Uniformemente Variado**, os termos  $(v_0)$  e  $(a)$  são considerados:

- a) Inversamente proporcionais;
- b) Constantes para qualquer momento;
- c) Termos quadráticos;
- d) Termos independentes.

10 – No gráfico da aceleração x tempo, o que se quer dizer com  $a < 0$ ?

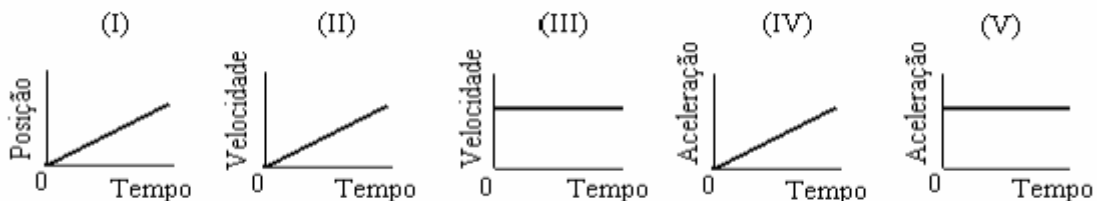
- a) Não existe aceleração;
- b) Aceleração é negativa;
- c) O corpo está parado;
- d) Aceleração neutra.

11 – Se você quisesse saber a distância percorrida (em metros) por um objeto no intervalo de  $t = 0$  s até  $t = 2$  s, a partir do gráfico abaixo, você poderia:



- Ler 5 diretamente no eixo vertical;
- Encontrar a área entre o segmento de reta e o eixo do tempo calculando  $(5 \times 2) / 2$ ;
- Encontrar a inclinação deste segmento de reta dividindo 5 por 2;
- Encontrar a inclinação deste segmento dividindo 15 por 5.

12 – Considere os gráficos seguintes, observando que o eixo das ordenadas pode representar diferentes grandezas:



Qual(is) deles representa(m) um movimento com aceleração constante diferente de zero?

- I, II e IV;
- I e III;
- II e V
- Somente IV)

#### 4.2 AULA 2: OBJETO DESLIZANDO SOBRE O TRILHO DE AR

Por se tratar do primeiro contato dos alunos com o aplicativo VidAnalysis e com o método POE, optamos por disponibilizar o vídeo do carrinho deslizando sobre o trilho de ar. Essa é uma aula que tem por objetivo fazer com que o aluno aprenda a utilizar o aplicativo, levando-o a adquirir confiança na utilização do método POE. Com isso, entregamos aos alunos a ficha da atividade investigativa dividida nas três etapas, a saber:

**Predizer:** o grupo deve levantar hipóteses e argumentos sobre uma possível solução para a situação proposta na etapa.

**Observar:** na sequência, passamos o vídeo do objeto deslizando sobre o trilho de ar e pedimos aos alunos que revisassem a hipótese formulada no Predizer caso ela não se confirmasse. O vídeo pode ser acessado no link: <https://www.dropbox.com/sh/7hk88b8v1qnezu0/AAD3THqMEcJkRmlf65hPiqkba?dl=0>

**Explicar:** para finalizar a atividade, pedimos aos alunos que, utilizando o aplicativo VidAnalysis, classificassem o movimento do objeto deslizando sobre o trilho de ar. Ao final, introduzimos de forma expositiva o assunto visando à consolidação do conteúdo.

A seguir, apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:    /    /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 1: objeto deslizando sobre o trilho de ar

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento carrinho deslizando sobre o trilho de ar?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pelo carrinho deslizando sobre o trilho de ar?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a observação, explique suas diferenças.


#### 4.3 AULA 3: MOTO NA ESTRADA

Nessa aula, seguimos o mesmo roteiro de aplicação do experimento do carrinho deslizando sobre o trilho de ar. O vídeo da moto na estrada pode ser acessado no link: <https://www.dropbox.com/sh/7hk88b8v1qnezu0/AAD3THqMEcJkRmlf65hPiqkba?dl=0>

A seguir, apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:    /    /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

## Experimento 2: moto na estrada

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento da moto no experimento moto na estrada?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela moto na estrada?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


### 4.4 AULA 4: ESFERA EM MOVIMENTO

Nessa aula, seguimos o mesmo método de aplicação do experimento do trilho de ar e moto na estrada. O vídeo da esfera em movimento pode ser acessado no link: <https://www.dropbox.com/sh/7hk88b8v1qnezu0/AAD3THqMEcJkRmIf65hPiqkba?dl=0>

A seguir apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.



Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:    /    /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 3: esfera em movimento

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do tipo de movimento realizado pela esfera que se desloca em linha reta?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela esfera?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


#### 4.5 AULA 5: AULA DE CAMPO NA PRAÇA DA CIÊNCIA

Esta aula foi marcada para uma visita à praça da ciência, localizada no estado do Espírito Santo, na capital Vitória. O local está sempre aberto ao público inclusive aos domingos e feriados, no qual existem 16 equipamentos com orientação pedagógica que podem ser manipulados pelos seus visitantes

Além dos equipamentos, são oferecidas oficinas com monitores que auxiliam os visitantes a montarem experimentos simples com material de baixo custo. O espaço tem visitação livre e a entrada é franca. Visitamos todos os equipamentos disponíveis na praça, em especial, a tirolesa (Figura 2) onde trabalhamos os conceitos de plano inclinado.

Assim, seguindo os grupos preestabelecidos desde o encontro inicial, os estudantes foram orientados a executar três filmagens alternando a massa. O movimento de descida na tirolesa é feito em um ângulo fixo e os alunos foram classificados em aprendiz 1, 2 e 3.

Figura 2 – Foto do equipamento tirolesa



Fonte: Elaborado pelo autor (2020)

Nesta intervenção pedagógica, formamos dez grupos de pesquisa e utilizamos três horas de trabalho. Partindo da atividade quebra gelo, uma vez que os estudantes já estavam adaptados ao uso da metodologia e do aplicativo, foi sugerida a atividade de

filmar e analisar seu próprio experimento. Nos experimentos anteriores, a filmagem era fornecida pelo professor.

O grande desafio do professor foi gerenciar o tempo na condução dos trabalhos, pois enquanto um grupo estava no equipamento da tirolesa fazendo as filmagens, outros estavam fazendo visitas guiadas pelos monitores. O processo de vídeo análise ocorreu dentro do espaço da praça da ciência. A seguir, apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

#### Experimento 4: aprendiz na tirolesa

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento do aprendiz na experiência de descer pela tirolesa?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual foi o tipo de movimento realizado pelo aprendiz, ao descer pela tirolesa.


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso tenha havido diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


#### 4.6 AULA 6: MOVIMENTO DE QUEDA DE ESFERAS DE AÇO

Iniciamos essa aula entregando aos alunos três esferas de aço com diferentes tamanhos, como mostra a Figura 3. As esferas são de aço e possuem massas diferentes.

Figura 3 – Esferas de aço utilizadas na aula 6



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

A seguir apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:    /    /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 5: movimento de queda livre

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento da esfera de aço no experimento de queda livre?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela esfera em queda livre?

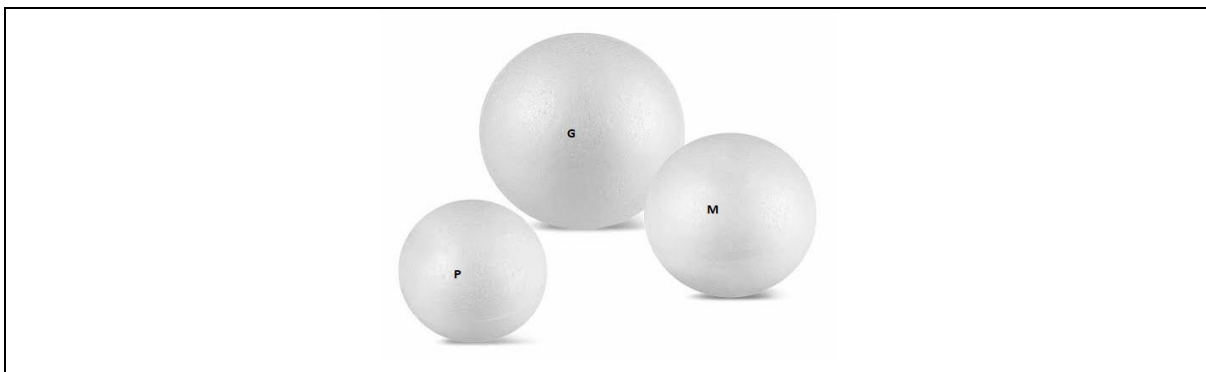

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e Observação, explique as diferenças:


#### 4.7 AULA 7: MOVIMENTO DE QUEDA DE BOLAS DE ISOPOR

Iniciamos essa aula entregando aos alunos três esferas de isopor de diferentes tamanhos, como mostra a Figura 4.

Figura 4 – Bolas de isopor utilizadas na aula 7



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Resguardando a proposta original de filmar e analisar seu próprio experimento, os estudantes questionaram, inicialmente, se a distância de queda afetaria o entendimento da atividade proposta, por se tratar de bolas de isopor. Por iniciativa própria dos estudantes, a distância de queda nas filmagens foi duplicada.

A seguir apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 6: movimento de queda com resistência do ar

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

O que pode ser dito a respeito do movimento vertical de queda da bola de isopor?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela bola de isopor?

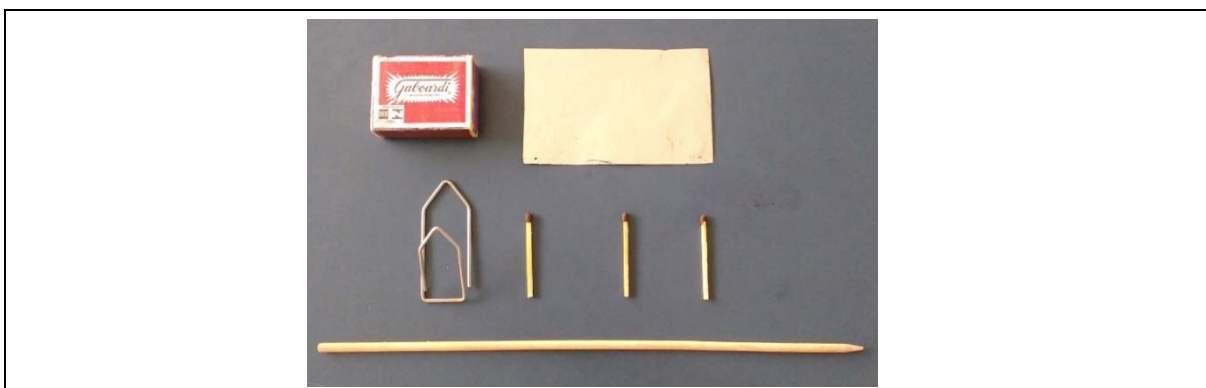

Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


#### 4.8 AULA 8: LANÇAMENTO OBLÍQUO SEM RESISTÊNCIA DO AR

Nesta seção, vamos fazer uma breve descrição da construção e lançamento do foguetinho. No primeiro momento da aula, os estudantes receberam um kit de montagem para lançamento do foguetinho com as instruções. Na Figura 5, apresentamos o kit de lançamento. A fita de papel-alumínio tem dimensões 6 x 20 centímetros.

Figura 5 – Kit de lançamento do foguetinho



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

É importante observar que o alcance do foguetinho é bem pequeno, razão pela qual é necessário fazer vários lançamentos até obter uma filmagem que seja enquadrada nas dimensões da tela do celular. Para essa aula, recomendamos utilizar um tripé fotográfico para facilitar o enquadramento do movimento do projétil com a tela do celular.

A seguir apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data: / /
Aprendiz:	
Aprendiz:	



### Experimento 7: foguete de palitos de fósforo

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

Qual a sua interpretação do movimento realizado pelo palito de fósforo no experimento do foguete de palito de fósforo?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pelo palito de fósforo?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


#### 4.9 AULA 9: LANÇAMENTO OBLÍQUO COM RESISTÊNCIA DO AR

Nessa aula, abordamos o lançamento de um projétil que leva em consideração o efeito da resistência do ar. Construímos uma catapulta a partir de uma ratoeira, dessas vendidas em comércios de produtos veterinário. A Figura 6 mostra a base para lançamento do projétil.

Figura 6 – Base de lançamento “Catapulta”



Fonte: Elaborada pelo autor (2020)

Para facilitar os trabalhos, fizemos duas alterações na ratoeira convencional: a primeira foi a retirada do gatilho que serve de base para o lançamento; a segunda foi acoplar a ratoeira a uma base de madeira para dar sustentação. Além disso, nesta aula, optamos por fazer apenas o lançamento da bola de isopor grande.

A seguir, apresentamos a ficha da atividade investigativa entregue aos alunos.

Escola:	
Professor:	
Aprendiz:	Data:    /    /
Aprendiz:	
Aprendiz:	

### Experimento 8: lançamento oblíquo da bolinha de isopor.

Primeira etapa: **Predizer** o acontecimento físico: (Formulação da Hipótese).

Qual a sua interpretação do movimento realizado pela bolinha de isopor ao ser arremessada?


Segunda etapa: **Observar** o acontecimento físico: (confronto de ideias).

Mediante o processo de vídeo análise, qual é o tipo de movimento realizado pela bola de isopor?


Terceira etapa: **Explicar** o acontecimento físico: (Elucidar as concepções alternativas).

Caso haja diferença entre a hipótese e a Observação, explique as diferenças.


#### 4.10 AULA 10: PÓS-TESTE

Essa aula é destinada à aplicação do pós-teste para a avaliação formal do conteúdo. Para efeitos de comparação decidimos aplicar o mesmo questionário que utilizamos no pré-teste.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Sequência Didática proposta didática foi realizada em uma escola pública de ensino médio do estado do Espírito Santo, reunindo 28 estudantes da disciplina de Física, na cidade de Cariacica. Embora fosse uma proposta que contemplava o conteúdo de cinemática do currículo escolar, buscamos fugir da perspectiva disciplinar e nos aproximar da perspectiva interdisciplinar, ou seja, articulando os aspectos da matemática e suas tecnologias à ciência física.

Durante a aplicação da Sequência Didática, foi possível debater os conceitos que permeiam o conteúdo da cinemática através das discussões produzidos em sala de aula. Esse fato culminou em um momento importante que foi a visita à praça da ciência. Os relatos dos estudantes demonstraram a importância dessa estratégia de ensino na promoção da autonomia do aluno.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (BRASIL, 2013) preconizam, entre outras coisas, a compreensão dos fundamentos científicos e tecnológicos presentes na sociedade contemporânea, relacionando a teoria com a prática. Na realização deste estudo buscamos inovar as práticas escolares, promovendo a articulação entre diferentes saberes, para que o estudante pudesse desenvolver sua autonomia intelectual e avançasse na construção do pensamento crítico.

## REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para Educação Básica**. Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e Educação Integral. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.

CALLONI, G. J. **A Física dos movimentos analisados a partir de vídeos do cotidiano do aluno**: uma proposta para oitava série. 2010. 76 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, UFRGS, Porto Alegre, 2010.

CARVALHO, A. M. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, Coleção Ideias em Ação, 2011.

HAYSOM, J.; BOWEN, M. **Predict, observe, explain**: activities enhancing student understanding, NSTA Press Book, 2010.

MARQUES, J. C. S. **Uso de planilha eletrônicas como ferramentas auxiliares no ensino-aprendizagem de cinemática**. 2015. 81 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, UnB, Brasília, 2015.

MEISTER, J. C. **TRACKER PHYSICS**: objetos em movimentos e registro de representação. 2016. 154 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Matemática, UFRGS, Porto Alegre, 2016.

MOREIRA, M. A. Grandes Desafios para o Ensino da Física na Educação Contemporânea, **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 1, pp. 1-13, 2017.

OLIVEIRA, F. A. **Uso e divulgação do software tracker em aulas de Física no Ensino Médio**, 2014. 121 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica – PPGFCET, UTFPR, Curitiba, 2014.

SADEK, Richard. **VidAnalysis**. Disponível em: <<http://vidanalysis.com/>>. Acesso em: 02 jan. 2020.

SANTOS, R. P; BALTHAZAR, W. F; HUGUENIN J. A. O. Sequência didática para o ensino de cinemática com vídeo análise na perspectiva da Teoria de Aprendizagem Significativa, **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 1, n. 2, pp. 54-57, 2017.

SOUZA, R. J; SASAKI, D. G, G. Uma metodologia de aprendizagem ativa para o ensino de mecânica em educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 37, n. 3, 2015.

SCHWAHN, M. C. A; OAIGEN, E. R. O uso do laboratório de ensino de Química como ferramenta: investigando as concepções de licenciandos em Química sobre o Predizer, Observar, Explicar (POE). **Acta Scientiae**, Canoas, v.10, n.2, jul./dez. 2008.

SILVA, J. C. G. **Uma proposta de ensino de gráficos de cinemática com uso de vídeoanálise mediado por uma metodologia de Aprendizagem Ativa**. 2016. 112 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências, Tecnologia e Educação, CEFET, Rio de Janeiro, 2016.

TAO, P.K; GUNSTONE, R. F. Conceptual Change in Science through Collaborative Learning at, the computer. **International Journal of Science Education**, London, v. 21, n.1, pp. 39-57, 1999.

WHITE, R; GUNSTONE, R. **Probing Understanding**. New York: The Falmer Press, 1992.