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

HENRIQUE SIMÕES DE MIRANDA NETO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DO FUTEBOL

Cariacica
2019

HENRIQUE SIMÕES DE MIRANDA NETO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DO FUTEBOL

Dissertação de Mestrado apresentada ao programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof.ª Dr. ª Mariluza Sartori Deorce.

Co-orientador: Prof. Dr. Luiz Otávio Buffon.

Cariacica
2019

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

M672p Miranda Neto, Henrique Simões de.

Uma proposta de ensino de força e movimento no ensino fundamental através do futebol / Henrique Simões de Miranda Neto – 2019.

198 f. : il. ; 30 cm

Orientadora: Mariluza Sartori Deorce
Co-orientador: Luiz Otávio Buffon

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2019.

1. Força e movimento (Física). 2. Física do futebol. 3. Três Momentos Pedagógicos. 4. Dialogicidade. I. Deorce, Mariluza Sartori. II. Buffon, Luiz Otávio. III. Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica. IV. Sociedade Brasileira de Física. V. Título.

CDD: 530.07

MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL
Espírito Santo
Campus Cariacica

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

HENRIQUE SIMÕES DE MIRANDA NETO

UMA PROPOSTA DE ENSINO DE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO FUNDAMENTAL ATRAVÉS DO FUTEBOL

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 13 de dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Mariluza Sartori Deorce
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientadora

Prof. Dr. Cleiton Kenup Piumbini
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno

Prof. Dr. Carlos Roberto Pires Campos
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro externo

MNPEF
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

INSTITUTO FEDERAL
Espírito Santo
Campus Cariacica

SBF
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA

HENRIQUE SIMÕES DE MIRANDA NETO

MIRANDA NETO, Henrique Simões de; DEORCE, Mariluza Sartori; BUFFON, Luiz Otávio. **Uma proposta de ensino de força e movimento no ensino fundamental através do futebol**. Cariacica: Ifes, 2019. 40 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 13 de dezembro de 2019

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof.ª Dr.ª Mariluza Sartori Deorce
Instituto Federal do Espírito Santo
Orientadora

Cleiton Kenup Piumbini
Prof. Dr. Cleiton Kenup Piumbini
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro interno

Carlos Roberto Pires Campos
Prof. Dr. Carlos Roberto Pires Campos
Instituto Federal do Espírito Santo
Membro externo

Dedico essa dissertação à minha esposa Viviane Miranda que tem sido minha companheira e parceira, sempre me incentivando e motivando-me em todos os momentos da minha vida. Dedico também à minha mãe Maria Ferreira de Miranda, que empregou uma grande parte de sua vida para que eu tivesse as oportunidades de estudar e dedicar minha vida à educação, e ao meu saudoso pai Zacarias Ferreira de Miranda. Dedico também aos meus filhos Miguel e Daniel por me fazer a cada dia um ser humano melhor, e aos meus irmãos pelo incentivo. Porém, sobretudo, dedico a Deus, a fonte de toda ciência e conhecimento do Universo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de concluir esta pesquisa, bem como aos meus professores e orientadores Drª. Mariluza Sartori Deorce e Dr. Luiz Otávio Buffon que foram fundamentais em apontar o caminho a ser seguido. Sem eles, eu jamais poderia ter escolhido as metodologias e os recursos que foram fundamentais para concluir este trabalho. E por fim agradeço à CAPES pelo apoio financeiro e ao Instituto Federal do Espírito Santo (Campus Cariacica).

Admitimos que a erva é verde, que a neve é fria e que as pedras são duras. Mas a física nos assegura que o verde das ervas, o frio da neve e a dureza das pedras não são o mesmo verde, o mesmo frio e a mesma dureza que conhecemos por experiência, mas algo totalmente diferente.

(RUSSEL, 1940, p. 22).

RESUMO

Já é bem conhecida a dificuldade que os alunos do ensino médio têm com a disciplina de Física e, portanto, o estudo dessa disciplina com mais qualidade no final do ensino fundamental pode vir a minimizar esse problema. Assim, esta dissertação teve como objetivo principal construir e avaliar a aplicação de uma proposta de ensino baseada na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos em aulas de Ciências, referente à parte do conteúdo de Física, ministradas a alunos do nono ano do ensino fundamental. A proposta procurou utilizar o esporte futebol como tema para ensinar os conteúdos de Força e Movimento da Física. A pesquisa consistiu numa investigação qualitativa, apoiada em observações, questionários e entrevistas aplicados aos alunos. No início da pesquisa foi aplicado um questionário para investigar os conhecimentos prévios e ao final da aplicação da proposta esse questionário foi reaplicado e os resultados evidenciaram indícios de aprendizado por parte da turma. A proposta foi desenvolvida inspirada nos ideais freirianos de uma educação dialógica, valorizando os discursos e a evolução dos alunos ao longo do processo, no sentido de potencializar uma pedagogia crítica e problematizadora dos fenômenos físicos. Os resultados obtidos revelaram uma contribuição significativa para a formação conceitual do aluno egresso do ensino fundamental, além de favorecer o desenvolvimento de aspectos comportamentais e atitudinais.

Palavras-chave: Força e movimento. Física do futebol. Três Momentos Pedagógicos. Dialogicidade.

ABSTRACT

The difficulty that high school students have with the discipline of Physics is well known and, therefore, the study of this discipline with higher quality at the end of elementary school may minimize this problem. Thus, this dissertation aimed to build and evaluate the application of a teaching proposal based on the methodology of the Three Pedagogical Moments in Science classes, referring to the part of the content of Physics, taught to students of the ninth grade of elementary school. The proposal s ought to use soccer as a theme to teach the contents of Strength and Movement of Physics. The research consisted of a qualitative investigation, supported by observations, questionnaires and interviews applied to students. At the beginning of the research a questionnaire was applied to investigate the previous knowledge and at the end of the proposal application this questionnaire was reapplied and the results showed evidence of learning by the class. The proposal was developed inspired by Freire's ideals of a dialogic education, valuing the discourses and the students' evolution along the process, in order to enhance a critical and problematizing pedagogy of physical phenomena. The obtained results revealed a significant contribution for the conceptual formation of the egress student of the elementary school, besides favoring the development of behavioral and attitudinal aspects.

Keywords: Strength and movement. Physics of soccer. Three Pedagogical Moments. Dialogicity.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Proposta para o Ensino de Física com base na relação aluno-professor-conteúdo 25
Figura 2 - Dois exemplos de equilíbrio mecânico 40
Figura 3 - Lançamento Oblíquo de uma bola e sua trajetória parabólica tendo como referência a rapidez inicial e o ângulo de lançamento 43
Figura 4- Trajetória da bola medida em relação ao tempo e à distância nos eixos x e y 44
Figura 5 – O Efeito Magnus e o deslocamento para a direita, o lado em que a pressão é menor. 49
Figura 6 – O Efeito Magnus e a assimetria da distribuição da velocidade produzindo uma assimetria da distribuição da pressão sobre o cilindro 50
Figura 7- Escoamento de um fluido com vazão constante através de um tubo. 51
Figura 8- Escoamento de um fluido da esquerda para a direita com vazão constante. 52
Figura 9- Rotação e curva da bola devido a ação da força de pressão F 53
Figura 10 - Efeito Magnus e a rotação da bola 53
Figura 11- Trajetória da bola medida em relação ao tempo e à distância nos eixos x, y e z 54
Figura 12 – Escola Municipal Benevenuto Clementino Gobbo 55
Figura 13 - Alunos durante o segundo encontro fazendo o pré-teste 61
Figura 14- Alunos durante o terceiro encontro assistindo vídeos sobre futebol 61
Figura 15 - Alunos durante o quarto encontro determinando a velocidade média em cobranças de pênalti 65
Figura 16 - Alunos durante o quinto, momento dos diálogos em grupos 67
Figura 17 - Alunos durante o sexto encontro em um momento de socialização e diálogos em formato de mesa redonda 69
Figura 18 - Alunos durante o sétimo encontro (aula expositiva e dialogada) 77
Figura 19 - Simulador PhET (lançamento obliquo) 78

Figura 20 - Alunos durante o oitavo encontro usando o simulador Phet no laboratório de informática 90
Figura 21 - Alunos durante o nono encontro antes de irem ao laboratório de informática 93
Figura 22 - Alunos durante o décimo encontro durante a aplicação do pós-teste. 93
Figura 23- Simulação de uma cobrança de Falta em direção ao gol 98
Figura 24- Simulação de uma reposição de bola pelo goleiro 114
Figura 25 - Lançamento oblíquo ilustrando a cobrança de um tiro de meta ... 117
Figura 26-Imagens de jogadas de futebol. 124
Figura 27 - Bola chutada por um jogador seguindo uma trajetória horizontal retilínea 128
Figura 28- Bola batendo no rosto de um jogador 133
Figura 29- Pesquisa sobre Efeito Magnus entregue pelo aluno 20 137
Figura 30 - Fatores sociais presentes em uma partida 139

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo dos encontros. 57
Tabela 2: Vídeos temáticos sobre Futebol 62
Tabela 3- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 1 do questionário de conhecimentos prévios. 96
Tabela 4- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 1 do questionário de avaliação final. 97
Tabela 5- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 2 do questionário de conhecimentos prévios. 98
Tabela 6- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 2 do questionário de avaliação final. 99
Tabela 7- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 4 do questionário de conhecimentos prévios. 100
Tabela 8- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 4 do questionário de avaliação final. 101
Tabela 9- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 5 do questionário de conhecimentos prévios. 102
Tabela 10- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 5 do questionário de avaliação final. 103
Tabela 11- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 6 do questionário de conhecimentos prévios. 105
Tabela 12 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 6 do questionário de avaliação final. 105
Tabela 13- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 7 do questionário de conhecimentos prévios. 107
Tabela 14- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 7 do questionário de avaliação final. 107
Tabela 15- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 8 do questionário de conhecimentos prévios. 109
Tabela 16- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 8 do questionário de avaliação final. 109

Tabela 17- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 9 do questionário de conhecimentos prévios. 111
Tabela 18- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 9 do questionário de avaliação final. 111
Tabela 19- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 10 do questionário de conhecimentos prévios. 113
Tabela 20- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 10 do questionário de avaliação final. 113
Tabela 21 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 15 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final. 115
Tabela 22 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 16 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final. 115
Tabela 23 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 17 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final 116
Tabela 24 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 18 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final 117
Tabela 25 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 19 do questionário de conhecimentos prévios 118
Tabela 26 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 19 do questionário de avaliação final 119
Tabela 27 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 20 do questionário de avaliação final 121
Tabela 28 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 21 do questionário de conhecimentos prévios 122
Tabela 29 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 21 do questionário de avaliação final 123
Tabela 30 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 23 do questionário de conhecimentos prévios 124
Tabela 31 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 23 do questionário de avaliação final 125
Tabela 32 - Velocidade em função do tempo 131
Tabela 33 - Resultado geral do questionário Likert 134
Tabela 34- Algumas questões sociais presentes no futebol. 138

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 03)......128
Gráfico 2- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 11).....129
Gráfico 3- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 12).....130
Gráfico 4- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 13).....131
Gráfico 5- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 14).....132
Gráfico 6- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e o Pós-teste (Questão 22).....133

LISTA DE SIGLAS

3MP: Três Momentos Pedagógicos

SEMEC: Secretaria Municipal de Educação de Baixo Guandu

SEDU: Secretaria Estadual de educação

ER: Estudo da Realidade

PI: Problematização Inicial

OC: Organização do Conhecimento

AC: Aplicação do Conhecimento

MNPEF: Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 20
1.1 Objetivos 22
1.1.1 Objetivo Geral 22
1.1.2 Objetivos Específicos 22
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 24
2.1 Ensino Contextualizado 24
2.2 Os Três Momentos Pedagógicos 25
2.2.1 Primeiro momento pedagógico 25
2.2.2 Segundo momento pedagógico. 28
2.2.3 Terceiro momento pedagógico. 30
2.3 A dialogicidade em Paulo Freire 31
3 A FÍSICA E O FUTEBOL 35
3.1 Corpo 36
3.2 Movimento 36
3.3 Velocidade 37
3.4 Aceleração 39
3.5 – Primeira Lei de Newton ou Princípio da Inércia 40
3.6 Segunda Lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica 40
3.7 Terceira Lei de Newton ou Lei da Ação e Reação 41
3.8 Lançamento oblíquo 42
3.9 Atrito de deslizamento e de rolamento 45
3.10 Resistência do ar e ventos 47
3.11 Efeito Magnus 48
4 CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA 55
4.1 Descrição da escola e dos sujeitos da pesquisa 55
4.3 Relato dos Encontros 59
4.3.1 - Primeiro encontro 59
4.3.2 - Segundo encontro 60
4.3.3 Terceiro encontro 61
4.3.4 Quarto encontro 65
4.3.5 Quinto encontro 67

4.3.6 Sexto encontro. 68
4.3.7 Sétimo encontro 74
4.3.8 Oitavo encontro 77
4.3.9 Nono encontro 91
4.3.10 Décimo encontro 93
4.3.11 Décimo primeiro encontro 94
5 ANÁLISE DE DADOS 95
5.1 Respostas dos Questionários pré-teste e pós-teste. 95
5.2 Análise das Questões do Tipo Likert do Questionário Inicial de Conhecimentos Prévios (QI) e do Questionário de Avaliação Final (QF) 126
5.3 Análise por questão do tipo Likert 127
5.4 Análise geral do Questionário Likert 134
5.5 – Dialogando com Freire 135
5.4 Entrevistas 141
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS 144
REFERÊNCIAS 147
APÊNDICES 150
Apêndice A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO 151
Apêndice B - QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIO E DE AVALIAÇÃO FINAL 153
Apêndice C - QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO 159
Apêndice D - SIMULAÇÃO PHET / APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO 162
Apêndice E - PESQUISA SOBRE O EFEITO MAGNUS PRODUZIDA PELOS ALUNOS 166
Apêndice F - PRODUTO EDUCACIONAL 169

APRESENTAÇÃO

Sou natural da cidade de Baixo Guandu, no Estado do Espírito Santo, onde vivi e cursei todo o meu ensino fundamental e médio. O ensino médio conclui no ano de 2000, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Damasceno Filho. Já em 2002, iniciei o curso de Licenciatura Plena em Matemática, pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), onde conclui minha graduação em 2005. Quatro anos depois, concluí o curso de Pós-Graduação Lato Sensu (nível de Especialização) em Matemática e Estatística pela Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Iniciei minha primeira experiência na docência em 2006, na disciplina de Matemática para o ensino fundamental II, na Escola Municipal de Ensino Infantil e Ensino Fundamental Presidente Kennedy, no município de Baixo Guandu. Em 2008, fui aprovado nos concursos públicos da Secretaria Municipal de Educação de Baixo Guandu (SEMEC) e da Secretaria Estadual de educação (SEDU), no estado do Espírito Santo onde obtive minhas cadeiras de Matemática na Escola Municipal de Ensino Infantil e Ensino Fundamental Benevenutto Clementino Gobbo e Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio José Damasceno Filho.

Devido à falta de professores formados em Física em minha cidade, no ano de 2008, comecei a ministrar aulas de Física para turmas de ensino médio da escola estadual, onde sou efetivo. Essa experiência foi de tal forma maravilhosa em minha vida que até hoje continuo a lecionar essa disciplina, dividindo minha carga horária de 25 horas semanais entre Matemática e Física.

Nesses anos em que leciono a disciplina de Física, sempre senti a necessidade de buscar uma formação continuada na área do ensino da Física e foi assim que no ano de 2017 tive a oportunidade de ingressar no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física do Instituto Federal do Espírito Santo campus Cariacica no Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Durante o curso, pude conhecer a minha orientadora, a professora Dra. Mariluza Sartori Deorce e o meu co-orientador, o professor Dr. Luiz Otávio Buffon, que me apresentaram o desafio de trabalhar com

os Três Momentos Pedagógicos (3MP) em uma visão dialógica e problematizadora, em conformidade com as obras de Paulo Freire. No ano de 2018 conclui a Licenciatura Plena em Física na Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES).

1. INTRODUÇÃO

A educação passa por grandes desafios na atualidade, principalmente no que se refere ao uso das tecnologias, à participação ativa do aluno e à contextualização das aulas com o cotidiano mais próximo do aluno. No caso específico da Física, embora ela esteja presente no cotidiano e explique boa parte dos fenômenos naturais perceptíveis pelo homem, se estudada apenas na abstração e na matematização pode causar desinteresse por parte dos alunos.

A educação não é simplesmente uma mera transmissão de conhecimentos, não é um bancarismo, mas se desenrola no diálogo entre diversos saberes e entre educadores e educandos (FREIRE, 1987). Ao usar os métodos tradicionais de ensino, sem uma adequada contextualização, o professor pode tornar sua aula sem aplicabilidade no cotidiano do aluno, ocasionando, quase sempre, uma aula sem motivação e com alto índice de reprovação. Esse problema ocorre também em outras disciplinas escolares, mas é muito acentuado em Física. O método tradicional de ensino pode ser explicitado pela concepção bancária (FREIRE, 1987). Nela os alunos são passivos e recebem os conteúdos prontos e acabados do professor. A capacidade de aprendizagem é medida pela memorização e não há dialogicidade entre professor e aluno, pois essa relação é sempre vertical e autoritária, e os conteúdos são prontos e acabados.

Na pretensão de superar a pedagogia bancária e de problematizar os conteúdos de Física, é importante que os estudos se iniciem ainda no ensino fundamental, onde os conteúdos de física começam a ser estudados. Assim, a proposta dessa dissertação foi direcionada a alunos do nono ano do ensino fundamental da disciplina de ciências, enfatizando a parte do conteúdo de mecânica relacionada ao estudo dos conceitos de “força” e “movimento”. Para tal estudo foi escolhido o tema articulador “A Física e o Futebol”, valorizando a participação ativa do aluno por meio de contextualizações e aproximações com o cotidiano e também por meio do uso de tecnologias digitais. O futebol é um esporte muito popular praticado pela maioria da população brasileira, principalmente entre os jovens em idade escolar. Além disso, por ser um esporte

coletivo e muito apreciado nas camadas mais populares da população, pode representar um facilitador da boa convivência social e proporcionar a cooperação entre os alunos nas atividades. Inclusive nos projetos sociais os esportes, incluindo o futebol, são muito usados na proteção e recuperação de jovens que vivem em locais de alto risco social.

> O povo que organiza sozinho, sua própria forma de lazer, entretenimento, vem acumulando uma vivência ao longo do último século cuja atividade esportiva, é apenas uma alternância que lhe sobrou no sentido de abrandar a amargura de sua vida de marginalizado social. Entre outras raras alternâncias, o brasileiro humilde prendeu-se a essa atividade e agarrado a ela, resistiu bravamente ocupando as áreas que sobram, ali organizando as atividades de lazer de ócio e sobrevivência. Organizando ainda sua vida, sua moradia, sua religião, sua sociedade (CRUZ, 2003 p. 39).

Nesta dissertação, a Cinemática e a Dinâmica foram estudadas enfatizando os conceitos de posição, velocidade, aceleração, força, força de resistência do ar e efeito Magnus, dentro da temática de um jogo de futebol. O trabalho com objetos concretos, como o movimento de uma bola de futebol, cronômetros, trenas e filmagens de jogos de futebol, podem estimular a motivação e tornar o aprendizado dos alunos mais eficiente. Durante a execução do projeto, a turma foi levada para um campo de futebol para executar jogadas, cobranças de falta e de pênalti, e essas atividades foram filmadas para posterior análise.

A pesquisa realizada caracterizou-se por uma investigação qualitativa, apoiada em observações, questionários e entrevistas aplicados aos sujeitos da pesquisa. As atividades foram elaboradas segundo os pressupostos de um ensino dialógico-problematizador, com uma metodologia pedagógica alicerçada nos “Três Momentos Pedagógicos” (3MP), conforme o modelo proposto por Delizoicov e Angotti (1990). A metodologia dos 3MP é baseada em três etapas: a problematização inicial (PI), a organização do conhecimento (OC) e, por fim, a aplicação do conhecimento (AC).

O primeiro momento consistiu em induzir o aluno a exteriorizar seus conhecimentos prévios acerca da Física, ilustrando situações por meio do futebol, por meio de perguntas e problematizações, a fim de que o aluno percebesse a necessidade de adquirir novos conhecimentos para solucionar os problemas propostos. No segundo momento, foram organizados os conhecimentos sistematizados de Mecânica

relacionados às situações iniciais. E, por fim, no terceiro momento, foi feita a aplicação dos conhecimentos sistematizados em confronto com os conhecimentos prévios, apresentados pelos alunos, com o intuito de levar os educandos à compreensão crítica e científica das questões propostas.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

- Diagnosticar se o ensino de força e movimento, desenvolvido por meio de uma proposta baseada na metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, sob a temática futebol, contribui de forma eficiente para a formação conceitual do aluno do nono ano do ensino fundamental.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir uma proposta didática, dentro da metodologia dos Três Momentos Pedagógicos, para o ensino de Força e Movimento, para ser aplicada na disciplina de Ciências, na parte referente à Física, em uma turma do nono ano do ensino fundamental.
- Proporcionar aos alunos atividades dialógicas inspiradas na pedagogia libertadora pedagógicos de Paulo Freire, de forma a valorizar a participação e o protagonismo dos alunos na construção do conhecimento.
- Utilizar simulações computacionais e vídeos para facilitar a visualização de fenômenos físicos de forma menos abstrata e matematizada.
- Realizar atividades práticas de campo onde os alunos possam construir seu conhecimento.

E, para fins didáticos, os capítulos desta dissertação foram assim organizados:

No capítulo 1 consta a introdução, com a devida justificativa e os objetivos.

O capítulo 2 é composto pela fundamentação teórica, que abarca a dinâmica da Metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (3MP) e a educação emancipatória em Paulo Freire.

O capítulo 3 aborda a Física e o Futebol, conceituando alguns princípios e conceitos básicos tais como: corpo, inércia, movimento, velocidade, aceleração, força, Leis de Newton, ação e reação, lançamento oblíquo, atrito de deslizamento e de rolamento, Força de resistência do ar, ventos e Efeito Magnus.

O capítulo 4 apresenta a metodologia da pesquisa e a organização do desenvolvimento da proposta didática, bem como a descrição dos onze encontros.

No capítulo 5, temos a apresentação das análises dos dados, por meio de tabelas e gráficos, em interlocução com os avanços conceituais em Física e nas categorias freirianas.

Por fim, no capítulo 6 tecemos as considerações finais desta pesquisa.

O produto educacional produzido com a finalidade de ser utilizado em sala de aula pelo professor está no apêndice, mas foi construído no formato de um pequeno livro e pode ser usado de forma independente da dissertação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Ensino Contextualizado

No ensino fundamental, o primeiro contato com a Física não deve ocorrer de forma tradicional, baseada em problemas artificiais e em fórmulas matemáticas, pois isso desmotiva a maioria dos alunos. Nesse nível de ensino, a abordagem temática, centrada em conceitos e princípios físicos, com base em situações concretas e contextualizadas, parece ser mais eficiente.

> Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição – um conjunto de informes a ser depositado nos educandos – mas a devolução organizada, sistematizada e acrescentada ao povo, daqueles elementos que este lhe entregou de forma estruturada. (FREIRE, 1987, p.98).

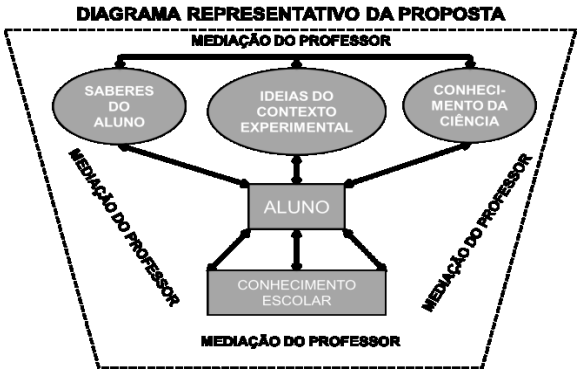
Um dos problemas com o ensino de Física é que ele é realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e fórmulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia-se a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos (BRASIL, 1999, p. 48).

Segundo Bonadiman, Nonenmacher (2007, p.199) “O aprender, em Física, está associado a muitas variáveis, mas uma é fundamental: o gostar, e o gostar têm muito a ver com a forma como a Física é ensinada e, particularmente, com as ênfases vinculadas no fazer pedagógico do professor. A proposta metodológica que apresentamos a seguir poderá contribuir nesse sentido”.

Esses autores propõem uma metodologia para o ensino de Física, no Ensino Médio e Superior, baseando-se no modelo construtivista, que, segundo os autores, baseia-se na “atividade experimental” articulando os saberes formais e conhecimentos prévios do aluno. Os pontos relevantes da pesquisa dos autores sugerem historicizar o surgimento e desenvolvimento da Física, o que exige abordar a disciplina

considerando a “História da Ciência”; a inserção de aulas experimentais, onde aluno e professor se colocam como sujeitos do objeto da Física e o exploram concretamente. Nesse sentido a relação aluno-professor-conteúdo foi exemplificado conforme figura 1 abaixo.

Figura 1- Proposta para o Ensino de Física com base na relação aluno-professor-conteúdo



Fonte: (BONADIMAN, NONENMACHER, “2007, p. 204”).

Assim, deve-se evitar ensinar teorias muito abstratas e excessivamente matematizadas, principalmente na física do ensino fundamental. Dessa forma, o principal referencial escolhido para essa dissertação foi a metodologia dos 3MP que será descrita a seguir.

2.2 Os Três Momentos Pedagógicos

A metodologia 3MP foi apresentada entre as décadas de 1980 e 1990 e seu principal articulador foi o professor Demétrio Delizoicov Neto. O método consiste, basicamente, na adoção de uma forma de educação que passa por três momentos: “problematização inicial” (PI), “organização do conhecimento” (OC) e “aplicação do conhecimento” (AC) (DELIZOICOV,ANGOTTI, 1990). A seguir, cada uma dessas etapas é apresentada detalhadamente.

2.2.1 Primeiro momento pedagógico.

Por ocasião da publicação do livro “Física”, Delizoicov e Angotti (1990, p. 21-22) propõem o ensino da Física por meio do método denominado 3MP. Ao descreverem o “primeiro momento pedagógico”, ou o momento da “problematização”, os autores o

conceituaram como o momento em que “são apresentadas questões e/ou situações para discussão com os alunos”. De forma mais específica, conforme explicam, não se trata apenas de uma introdução motivadora, mas da escolha de uma situação cotidiana que crie um vínculo entre o aluno e o conteúdo apresentado. De acordo com o método, para que esse primeiro momento logre êxito é importante que o professor assuma, inicialmente, uma postura questionadora, por meio de perguntas e sugestões, sem oferecer respostas.

Ainda sobre o primeiro momento, Muenchen e Delizoicov, (2012) apontam para uma proposição importante no método: os critérios pelos quais as questões devem ser elaboradas pelos professores e propostas aos alunos. Dentre esses critérios, estão a formação cultural, religiosa, e as preferências do aluno, como por exemplo, seu jogo ou esporte preferido, sua profissão almejada, etc...

Entre as dificuldades encontradas para o método, está o uso “mecânico” do primeiro momento, quando, para sua efetividade, esse momento deve ser espontâneo, contando com a participação dos alunos. A atenção do professor é necessária para selecionar o tema dos questionamentos e direcioná-los para uma possível vinculação com o conteúdo da aula. Para Caramelo, Zanotello e Pires (2014), a concepção dos três momentos é um desmembramento, ou ainda, uma especificação do conceito de tematização, desenvolvido pelo educador Paulo Freire.

Outra dificuldade recorrente é apresentada por Abreu e Freitas (2017), que realizaram uma pesquisa junto a alunos em período de formação em licenciaturas. Segundo apontou a pesquisa, os alunos foram resistentes em adotar o método 3MP, especialmente, em relação ao primeiro momento: “[...] os sujeitos apresentavam resistências ao construir uma situação problematizadora, pelo fato de exigir mais estudo e pesquisa” (ABREU; FREITAS, 2017, p.9). Essa dificuldade de problematização, segundo relataram as pesquisadoras, ocorre com frequência entre profissionais que atuam nos primeiros ciclos da educação e estão estritamente relacionadas com a dificuldade que esses profissionais têm de articular os conhecimentos das diferentes áreas.

Outra pesquisa importante que abordou os 3MP, especialmente no ensino de Física, foi realizado por Abreu (2018). As autoras partem do pressuposto de que o ensino, em suas diversas etapas, é fragmentado e desconexo da realidade dos educandos.

As autoras destacam todas as dificuldades que permeiam essa fase dos 3MP.

> Este momento destina-se à obtenção de informações sobre a comunidade na qual está inserida a escola. Esta investigação ocorre a partir de um dossiê que contém entrevistas, questionários, conversas informais, análises de documentos, entre outros. São investigados também os interesses e expectativas da comunidade escolar. Neste primeiro momento, determinam-se as situações significativas da comunidade e escola investigada. Essa etapa tem como objetivo chegar à concepção individual e coletiva dos problemas que a comunidade enfrenta, pois revelam práticas sociais, suas intenções, valores políticos e éticos, concepções que, ao serem problematizadas de forma contextualizada, podem revelar limites na percepção de contradições sociais. (PANIZ, 2018, p. 252.).

É, portanto, a complexidade que relaciona essa grande quantidade de variáveis que torna o primeiro momento pedagógico desafiador e leva os profissionais à resistência quanto à adoção do método. Mas é possível garimpar na literatura relacionada aos 3MP, metodologias que apresentaram resultados positivos na construção do primeiro momento pedagógico.

Uma pesquisa realizada no Paraná, tendo por sujeitos alunos do 9º ano, adotou uma metodologia que, para apresentar a problematização, fez-se uso de diversas situações em cenários distintos, todas elas tratando do mesmo assunto, “densidade”. Em um momento, foi apresentada uma situação em que um navio petroleiro, em caso de naufrágio, despejaria petróleo na água do mar. E, em seguida, a questão, “o petróleo afunda?” Logo depois, visando chamar a atenção para as crianças mais interioranas, foi apresentada uma fazenda, pela qual passava um rio. O problema era: “o que afunda e o que não afunda?” Ao lado dessas expressões populares como “boia”, “afunda”, etc., foram apresentados conceitos técnicos como “flutuação”, “densidade” e “imiscibilidade”. Percebeu-se que os alunos eram capazes de entender o fenômeno a partir de termos populares, mas não puderam, satisfatoriamente, explicar e conceituar esses fenômenos (BROIETTI, FERRACIN, ARRIGO, 2018)

Devido a essas dificuldades ressalta-se que o educador deve ter em mente que no primeiro momento pedagógico,

> [...] procura-se tratar de situações que estejam associadas à realidade dos alunos para que, deste modo, eles se sintam desafiados a expor as suas opiniões sobre os questionamentos que estão sendo realizados e notem a necessidade de adquirir outros conhecimentos que ainda não possuem. (FERREIRA, PANIZ, MUENCHEN, 2016, p. 514).

Esse momento deve ser desenvolvido de forma coordenada ao aprendizado, tal que o aluno tenha uma visão ampla da realidade que envolve aquela situação. Posteriormente, deve-se procurar organizar esse conhecimento de forma conceitual. Assim, no primeiro momento, o aluno é desafiado a refletir a realidade e suas partes constituintes, bem como os elos e proposições que são capazes de manter um determinado sistema de eventos. No caso da “densidade”, um pouco de gordura sobre a água é um fenômeno; ao contemplar esse cenário, o aluno é desafiado a questionar sobre as propriedades da Física, da Química e de outras áreas do conhecimento que levam àquele fenômeno.

2.2.2 Segundo momento pedagógico.

Se no primeiro momento, o aluno está sendo apresentado a uma realidade e dela participa como expectador. No segundo momento, ele interage com o ambiente onde ocorrem os fenômenos estudados. Em uma intervenção pedagógica orientada pelos 3MP, Crestani, Locatelli e Gomes (2017) abordaram, dentro da matéria de Química, o fenômeno “chuva ácida” com alunos do Ensino Médio. Quando a intervenção chegou ao segundo momento, elas descreveram as atividades da seguinte forma: No segundo momento, foi realizada uma atividade experimental que simula o contato de uma flor com a chuva ácida. Discutindo conceitos importantes e também questões sociais, ambientais e econômicas sobre a redução de gases poluentes. (CRESTANI; LOCATELLI; GOMES, 2017, p. 126).

Como pode ser visto, o objetivo da atividade no segundo momento pedagógico é fomentar, na mente do aluno, uma experiência pessoal, tangível e substancial de forma que, a partir de suas observações prévias, possa entender, mesmo que de forma dedutiva, os mecanismos que envolvem um determinado fenômeno.

Centa e Muenchen (2016) conceituam o segundo momento pedagógico como “a segunda etapa do desenvolvimento curricular” e acrescentam que esse momento “é

resultado de todo caminho da ação pedagógica percorrida pela escola na etapa anterior.” (CENTA; MUENCHEN, 2016, p. 265). Essa afirmação leva ao entendimento que os 3MP é um programa curricular, isto é, deve ser concretizado em etapas bem definidas durante a experiência escolar do aluno e não como uma simples intervenção pedagógica desenvolvida isoladamente e de forma descontextualizada.

Para Macêdo Dickman e Andrade (2012), o segundo momento pedagógico é o momento onde ocorre a “organização do conhecimento”.

> Na organização do conhecimento, considerando a orientação metodológica, poderão ser utilizadas as mais variadas estratégias de modo que os estudantes se apropriem do conhecimento científico (conceitos, definições, leis, relações, etc.) e possam ser capazes de responder às questões estabelecidas na problematização inicial (2012, p. 577).

É a partir desse momento pedagógico que o professor organiza os conceitos que deverão ser trabalhados de forma mais específica durante o estudo da disciplina (STRASBURG, 2017). Assim, todos os recursos pedagógicos e materiais devem ser organizados nesse segundo momento.

Bulegon e Tarouco (2015) apresentam um estudo de caso do uso do 3MP para o ensino de Física. Para os autores, é nesse momento que ocorrem, de forma simultânea, tanto a “observação reflexiva” quando a “conceitualização abstrata”, e isso é possível à medida que o professor discute com os alunos assuntos como “revolução industrial”, “leis de Newton” e outros assuntos correlacionados. Mas, concomitante a esses conceitos abstratos, o professor demonstra o funcionamento de “máquinas térmicas” e outros dispositivos que são sensíveis à energia térmica.

O segundo momento pedagógico relaciona-se com a concepção de conceitos de forma muito próxima. Embora haja uma postura específica para cada um dos momentos pedagógicos, é importante que o professor que se dispuser a fazer uso desse método entenda que:

> Em todos os momentos é fundamental a postura dialógica do professor para que os estudantes se sintam à vontade e livres para apresentar suas ideias, já que assim, eles participam mais ativamente das aulas, evidenciando a dinamicidade dos Momentos e que se permeiam durante o desenvolvimento de todo este trabalho. (OLIVEIRA, LYRA, BARRIO, 2014, p. 93).

Considerações sobre o segundo momento são pontuadas por Albuquerque, Barroso e Batista (2017), segundo os quais, no segundo momento, quando ocorre a organização do conhecimento, paralelamente “ocorre a orientação do professor para uma sistematização dos conhecimentos, pré-estabelecidos como necessários para melhor compreender o tema e a PI” (ALBUQUERQUE; BARROSO; BATISTA, 2017, p. 5093). Os autores concluem que no segundo momento “as atividades utilizadas pelo professor são o modo de promover a conceituação fundamental à compreensão científica da situação problematizada” (ALBUQUERQUE; BARROSO; BATISTA, 2017, p. 5093). Isto é, se no primeiro momento o aluno enxerga um sistema “desorganizado”, no segundo momento, o professor orienta o aluno quanto às partes fundamentais do problema que ele posteriormente deverá resolver.

Por fim, sobre o segundo momento pedagógico é válido dizer que não há exatamente uma regra a ser seguida, visto se tratar da aproximação do aluno a uma realidade, e essa aproximação pode variar em função das formações do aluno. A flexibilização metodológica do professor quanto às possíveis formas de aproximar o aluno da realidade a ser compreendida pode ter um impacto na forma como o aluno irá se interessar ou não pelo assunto a ser abordado. O segundo momento é uma forma de motivar o aluno pelo saber necessário que envolve uma realidade de seu cotidiano.

2.2.3 Terceiro momento pedagógico.

O terceiro momento pedagógico, segundo os formuladores do 3MP, representa o momento em que os tópicos introduzidos nas problematizações do primeiro momento e desenvolvidos na organização do conhecimento do segundo momento pedagógico.

> [...] são sistematicamente estudados neste momento, sob a orientação do professor. As mais variadas atividades são então empregadas, de modo que o professor possa desenvolver a conceituação identificada como fundamental para uma compreensão científica das situações problematizadas. (DELIZOICOV, ANGOTTI E PERNAMBUCO 2002, p. 201).

Ou seja, o terceiro momento é o momento da aplicação do conhecimento sobre a realidade já experimentada pelo aluno. (FERRARI, ANGOTTI, TRAGTENBERG, 2009).

O terceiro momento pedagógico envolve variáveis que merecem uma consideração especial, dentre elas, o processo avaliativo. Qualquer que seja o método pedagógico empregado, espera-se que ao final de sua execução exista um parâmetro por meio do qual seja possível avaliar os resultados, tanto dos alunos que a ele foram submetidos como dos profissionais que o utilizaram como ferramenta de ensino. No caso do 3MP, o modelo avaliativo é discutido nos termos “planejamento de atividades” que sejam capazes de demonstrar “as construções do conhecimento”, e essas atividades tem como principal parâmetro a quantificação de conceitos que o aluno é capaz de formular em respostas discursivas.

Em outras palavras, se um aluno é questionado sobre as implicações do termo “força” no contexto da matéria de Física e der uma resposta genérica, sua nota será baixa. Porém, se ele responde usando conceitos como “grandeza física”, “inércia”, “matéria”, “massa”, “corpo”, “movimento”, sua nota será maior na medida em que acrescenta esses conceitos. Além de acrescentar conceitos, é importante que o aluno estabeleça as proposições entre os conceitos (MUENCHEN, DELIZOICOV, 2012, p. 210).

Assim, o 3MP é um modelo pedagógico que estimula as capacidades, tanto do educando como dos educadores, de desenvolver o conhecimento a partir de conceitos.

2.3 A dialogicidade em Paulo Freire

Segundo Freire (1987) ensinar não se reduz à transmissão de conteúdos prontos. Faz-se necessária a promoção de uma educação emancipatória, assentada no dialogismo e no desenvolvimento da criticidade do aluno. A defesa por uma educação emancipatória se dá por meio de um ensino interativo e humanizador da Física, pois visa ampliar a compreensão dos educandos acerca dos fenômenos do mundo para transformá-lo.

No intuito de se aproximar de uma abordagem temática no ensino de “força” e “movimento”, conceitos fundamentais da Mecânica Clássica, a partir de questões concretas dos sujeitos envolvidos, é necessário o pensar crítico, criativo, aberto e desafiador a respeito dos lugares de vivência dos educadores e educandos e da

comunidade do entorno da escola. Essa metodologia pode representar um fortalecimento no potencial de compreensão dos conceitos, das leis e dos princípios dessa ciência. Por outro lado, é importante o acesso ao conhecimento científico como um meio de despertar uma consciência crítica e formar cidadãos capazes de tomadas de decisões em relação às questões científicas e tecnológicas que estão presentes em seu cotidiano.

Em contraposição à educação bancária, a concepção do 3MP evoca o diálogo como uma das categorias centrais para o desenvolvimento de um projeto educativo crítico na área de Física. O compartilhamento entre diferentes sujeitos e saberes potencializa relações solidárias e democráticas em que a prática da libertação vai se desenvolvendo em variados contextos de aprendizagem. Essas práticas solidárias não ocorrem sob relações de competição e de dominação, mas na solidariedade de saberes entre os seres humanos, intencionados a transformar o mundo.

Assim, o diálogo não pode ser concebido como uma relação vertical entre os sujeitos, mas como relação horizontal de A *com* B que se fundamenta e se alimenta do amor, da humildade, da esperança, da fé. Mas, afinal,

> E que é o diálogo? É uma relação horizontal de A com B. Nasce de uma matriz crítica e gera criticidade (Jaspers). Nutre-se do amor, da humildade, da esperança, da fé, da confiança. Por isso, só o diálogo comunica. E quando os dois polos do diálogo se ligam assim, com amor, com esperança, com fé um no outro, se fazem críticos na busca de algo. Instala-se, então, uma relação de simpatia entre ambos. Só aí há comunicação (FREIRE, 1987, p. 115).

Em turmas envolvendo adolescentes, a proximidade com a realidade dos alunos pode ser conquistada por meio dos sentidos atentos do professor que deve ter interesse em conhecer a comunidade onde a escola está inserida. A seleção do tema a ser desenvolvido no primeiro momento pedagógico pode emergir dos problemas e fenômenos presentes nessa comunidade, das significações e do nível de complexidade. Assim, alguns temas e fenômenos físicos podem ter maior prioridade e relevância em determinadas comunidades, oferecendo subsídios para que o professor possa explorá-los, conduzindo seus alunos a níveis mais complexos de interpretações e leituras de mundo.

O ensino de Física que favorece a multiplicidade de leituras e análises de mundos aguça a curiosidade do educando, porque aborda os múltiplos aspectos que constituem a realidade, relacionando os fenômenos físicos aos contextos sociais mais amplos. Assim, ao invés de cultivarmos a pedagogia das respostas, cujas certezas se revelam castradoras da curiosidade dos educandos, devemos potencializar o caráter desafiador da curiosidade mediante a pedagogia da pergunta.

O professor, ao legitimar posturas epistemologicamente curiosas, coloca-se na condição de permanente aprendizagem, de aventura pelo desconhecido, e isso nada tem a ver com o bancarismo de conteúdo. É também relevante considerar que a conscientização crítica se abre a paradigmas cognitivos mais dinâmicos e interativos, que aliam os processos de humanização aos de desenvolvimento cognitivo, combatendo os dogmatismos e determinismos implícitos em práticas pedagógicas que visam apenas à adaptação do sujeito.

Quanto à utilização do 3MP e suas relações com os ideais freirianos, podemos afirmar que a resposta apresentada pelos alunos aos desafios da realidade problematizada é a ação dos sujeitos dialógicos. Assim, o fenômeno físico problematizado retorna dialogicamente aos sujeitos, promovendo novas aquisições de conhecimento, de compreensões, de argumentações e, novamente, requerendo a colaboração entre os sujeitos para um novo pronunciar diante do mundo. Juntos, os alunos, por meio da interação dialógica e da problematização da realidade, constroem leituras e podem agir sobre o mundo para transformá-lo. O diálogo como vetor problematizador permite olhar o mundo e a nossa existência como processo em permanente construção, como realidade inacabada e em constante transformação.

Por isso, é importante que as aulas de Física não se restrinjam à transmissão mecânica do saber. Organizar atividades que estimulem os alunos a pensar criticamente implica fornecer elementos para lutas por melhores condições de vida, além de contestar discursos comumente apresentados como legítimos e universais. A tematização e a investigação científica em Física, promovidas pelo 3MP, exigem uma compreensão profunda do objeto de estudo numa realidade multifacetada, que é social, cultural e política. Assim, primeiro, é necessário ler o mundo para, depois, ler

a física, ou seja: todo o ensino de física que se afirma humanizador e libertador deve ser consequência da problematização do mundo.

Dessa forma, os alunos vão superando as situações limites que, de acordo com Freire (1987, p. 94), “não devem ser tomadas como se fossem barreiras insuperáveis, mais além das quais nada existisse”. As situações-limites sempre se mostram aparentemente insuperáveis, mas devem ser compreendidas como situações desafiadoras, pois se manifestam codificadas por contradições existenciais “naturalizadas” que precisam ser decodificadas por meio do diálogo e da criticidade. Os homens se dirigem, então, à superação e à negação do dado, da aceitação dócil e passiva do que está instituído, implicando dessa forma uma postura decidida frente ao mundo.

Com base nesses ideais freirianos, a tessitura dialógica com os referenciais teóricos nesta dissertação, creditam práticas de ensino de Física que assumem a posição política de educar para a emancipação, instrumentalizando o aluno para compreensão crítica dos fenômenos físicos, que são também sociais, culturais, econômicos, políticos e ideológicos. Assim, por meio de um projeto de ensino baseado no esporte *futebol*, é possível não só a aprendizagem de conteúdos de Física, como também o desenvolvimento da alteridade, as relações entre conteúdos formais e saberes vividos, as parcerias entre sujeitos, as curiosidades epistemológicas, entre outras condições que visam à superação de situações-limites, dentre as quais, o mito de que aprender Física é para poucos dotados.

3 A FÍSICA E O FUTEBOL

O futebol, como um esporte popular, faz parte do cotidiano brasileiro, e é apreciado por todas as classes sociais. É comum, no cenário nacional, a presença de crianças, jovens e adultos praticando o futebol desde os campos da periferia até nos grandes estádios de futebol. Além dos benefícios físicos e sociais da prática desse esporte, existem também conceitos físicos importantes no vocabulário empregado e nos movimentos intrínsecos ao esporte que podem ser úteis ao ensino da Física.

Quanto ao vocabulário, é comum ouvir os narradores pronunciarem frases como: “chute no ângulo”, “altitude faz a bola ser mais rápida”, “a bola pegou um efeito e fez uma curva”, “a bola atingiu uma velocidade x”, etc. Em relação aos movimentos, temos expressões como “tiro de meta”, “escanteio ou corner”, “tiro direto e indireto”. A união entre o gosto que os alunos demonstram pelo futebol e a necessidade da compreensão desses conceitos é uma área que merece ser explorada pelos educadores.

Desde o momento em que um jogo de futebol se inicia ou uma bola é arremessada pelo goleiro, uma série de princípios e grandezas físicas estão atuando e ordenando seu movimento, tais como: tempo, espaço, velocidade, aceleração, massa, força, resistência do ar, pressão, força gravitacional, etc. Explorar esses conceitos, tomando o futebol como contexto, pode ser uma forma de relacionar o conhecimento com uma atividade que se enquadra no campo emocional do prazer dos alunos. E isso seria um grande avanço para a prática pedagógica em Física. Essa possibilidade, embora pouca explorada, já encontra defensores na literatura como um método pedagógico alternativo de ensino.

> A Física dos esportes é uma área de estudos fascinante, com aplicações práticas evidentes e um grande potencial pedagógico [1, 2, 3]. O futebol, em particular, como esporte mais popular do mundo (para não falar em certo país), pode dar uma motivação especial ao aprendizado de muitos tópicos da Física (AGUIAR, RUBINI, 2004, p. 297).

A partir do movimento de uma bola e até mesmo dos atletas em um jogo de futebol, esperamos, de forma contextualizada, dialogar sobre conceitos de Força e

Movimento, dialogamos sobre vários tipos de movimentos, conceitos de força, aceleração e resistência do ar, além de efeitos rotacionais, pelo menos do ponto de vista conceitual.

Em se tratando do uso do futebol como contexto motivador para o ensino da Física, destaca-se, por exemplo, a intervenção de Duarte e Okuno (2012), os quais abordam a Física a partir de quatro conceitos amplos: Movimento, Força, Energia e Fluidos.

A seguir será feita uma breve revisão da Mecânica Newtoniana enfatizando os conceitos físicos utilizados nessa dissertação. A Mecânica Clássica (MC) ou Mecânica Newtoniana é o ramo da Física desenvolvida inicialmente por Galileu Galilei e Isaac Newton. Ela aborda os movimentos dos corpos, estipulando as equações matemáticas que determinam a relação entre o tempo e o espaço durante estes movimentos. Os conceitos mais básicos da Mecânica, portanto, são: tempo, posição, movimento, velocidade, massa, inércia, aceleração, força, energia, entre outros. A seguir, descreveremos algumas dessas grandezas e princípios físicos.

3.1 Corpo

O conceito de corpo, em Física, corresponde a um conjunto de massas, ou uma parte delimitada de matéria, geralmente definido como objeto, e apresenta características como peso, dimensão e forma. A inércia, conforme definida pela Mecânica Clássica, é uma propriedade intrínseca dos corpos. (DA SILVA, 2018).

Newton em sua “primeira definição” caracteriza “quantidade de massa” de um determinado corpo como sendo o produto da relação entre volume e densidade (NEWTON, 1729, p. 74).

3.2 Movimento

Em uma partida de futebol, é evidente o movimento dos objetos. Segundo Randall D. KNIGHT (2009), historicamente a busca pela compreensão do movimento remonta à Antiguidade, pois na Babilônia, na Grécia e na China já existiam grandes interesses, especialmente pelos movimentos celestes no céu noturno. Para o autor, no entanto,

Galileu (1564-1642) foi o primeiro a formular os conceitos do movimento em termos matemáticos, e foi Newton (1642-1727) que, com a invenção do cálculo diferencial e integral, propôs os conceitos do movimento sobre uma base firme e rigorosa.

> Vamos definir movimento como a variação da posição de um objeto no transcorrer do tempo. É fácil listar exemplos de movimento. Bicicletas, bolas de beisebol, carros, aeroplanos e foguetes são, todos, objetos capazes de se mover. O caminho ao longo do qual se move o objeto, que pode ser uma linha reta ou curva, é chamado de trajetória do objeto (RANDALL, 2009, p.3).

Portanto, é digno o exame de alguns conceitos físicos e matemáticos presentes no movimento dos corpos, em especial aqueles presentes em uma partida de futebol.

Com relação ao movimento, Newton (1799) o classifica como a resultante das forças aplicadas sobre um corpo e da própria inércia desse corpo. Em sua segunda definição, Newton anota: “a quantidade de movimento é a medida do mesmo, decorrente da velocidade e da quantidade de matéria conjunta” (NEWTON, 1799, p. 73).

Em outras palavras, movimento é o que ocorre durante o deslocamento de um corpo e pode ser calculado como produto da massa pela velocidade. (NEWTON, 1799, p. 73).

3.3 Velocidade

Segundo RANDALL D. KNIGHT (2009) o deslocamento é uma grandeza vetorial que nos informa não apenas a distância percorrida por um objeto, mas também a direção e o sentido do movimento (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p. 11). A razão entre um deslocamento realizado por esse objeto e o intervalo de tempo gasto é também um vetor, denominado de velocidade média, que por consequência é uma grandeza vetorial.

Durante certo intervalo de tempo, uma bola pode percorrer uma distância maior do que certo jogador correndo atrás dela. Para comparar o movimento da bola e desse jogador é preciso que exista uma maneira de medir o quanto a bola e o jogador são rápidos ou lentos ao se moverem. Segundo Randall (2009), uma grandeza que mede

a rapidez ou a lentidão de um objeto é a sua rapidez média (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p. 11), onde a rapidez média é uma grandeza escalar definida pela razão entre a distância percorrida e o intervalo de dado.

Em um raciocínio mais específico, Halliday, Resnick e Walker (2009) estabelecem que para o movimento em uma dimensão tem-se:

> Várias grandezas estão associadas à expressão “com que rapidez”. Uma é a velocidade média $V_{média}$ que é a razão entre o deslocamento Δx e o intervalo de tempo Δt durante o qual esse deslocamento ocorre (HALLIDAY, RESNICK E WALKER, 2009, p.16).

Para o movimento unidimensional isso resulta na expressão:

$$\boldsymbol{V_{média} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}},\ (1)$$

onde, $\Delta x = x_2 - x_1$ (2) é a variação do espaço ou variação de posição e $\Delta t = t_2 - t_1$ (3) é o intervalo de tempo.

Segundo Randall (2009) o que difere distância percorrida e deslocamento é que o deslocamento é uma grandeza vetorial que nos informa não somente a distância percorrida por um objeto, mas também a direção e o sentido do movimento (p. 11). Assim, a velocidade média de um objeto é um vetor que tem a mesma direção e o mesmo sentido do vetor deslocamento, constituindo, portanto, a orientação do movimento. Para isso veja a equação vetorial abaixo:

$$\vec{v}_m = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}. \qquad (4)$$

onde $\Delta \vec{r} = \vec{r}_2 - \vec{r}_1$ (5) é o vetor deslocamento em três dimensões.

Já a velocidade que o corpo possui em cada instante é definida da seguinte maneira:

> A Velocidade instantânea é a velocidade em um dado instante e é obtida a partir da velocidade média reduzindo-se o intervalo de tempo Δt até torná-lo próximo de zero, ou seja, a medida que Δt diminui, a velocidade média se aproxima de um valor-limite, que é a velocidade instantânea (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2009, p. 19).

No caso unidimensional a velocidade instantânea é dada pela derivada:

$$\boldsymbol{V = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt}.} \quad (6)$$

Assim a velocidade média e a rapidez média não são grandezas idênticas. Segundo RANDALL (2009) no dia-a-dia não fazemos distinção entre rapidez e velocidade, mas em física essa distinção é muito importante. Em particular, a rapidez é, simplesmente, “quão rapidamente”, enquanto a velocidade significa “quão rapidamente” e em que “direção e sentido”.

3.4 Aceleração

A aceleração é um conceito muito importante na Física. Quando se observa, por exemplo, em uma partida de futebol, que a bola em movimento sofre uma variação da velocidade, dizemos que existe aceleração. Assim, a aceleração é definida como “a taxa de variação da velocidade”, ou seja, a aceleração mede quão rápida ou quão lentamente varia o vetor velocidade de um objeto.
Define-se o vetor aceleração média $\vec{a}_m$ durante o intervalo de tempo Δt como:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}. \quad (7)$$

O vetor aceleração média possui a mesma direção e sentido do vetor variação de velocidade instantânea num certo intervalo de tempo. A aceleração instantânea é definida através do limite e da derivada:

$$\vec{a} = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t} = \frac{d\vec{v}}{dt} \quad . (8)$$

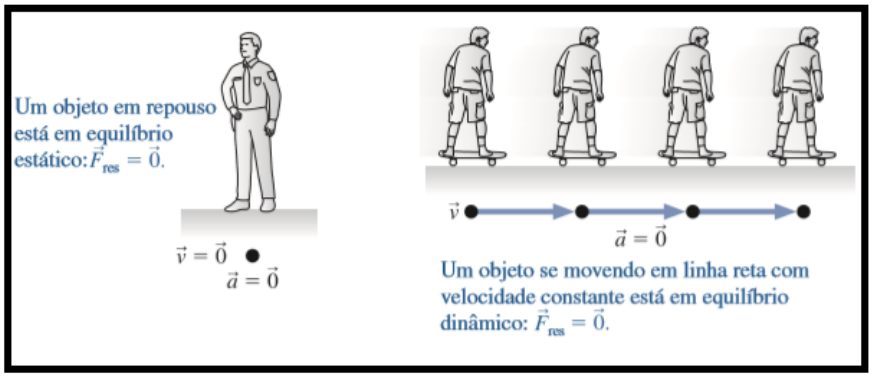
A aceleração instantânea é a declividade da reta tangente ao gráfico da velocidade versus tempo naquele instante.

3.5 – Primeira Lei de Newton ou Princípio da Inércia

Inércia é um conceito geralmente associado à 1ª Lei de Newton. Embora desenvolvido por Newton, o conceito de inércia remonta à era clássica e pode ser rastreado até Galileu Galilei. Contudo para Newton (1729) o conceito geral de inércia é que todo corpo preserva seu estado de repouso ou de movimento uniforme e retilíneo a menos que seja obrigado por forças aplicadas a mudar seu estado.

Segundo RANDALL D. KNIGHT (2009) “Se um objeto se encontra em repouso, ele tem tendência de assim permanecer. Se está se movendo, tem a tendência de manter-se movendo com a mesma velocidade” (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p. 140). Logo se um objeto está em repouso ou se move com velocidade constante, podemos concluir que não existe uma força resultante exercida sobre ele. E se não existe uma força resultante exercida sobre o corpo, o objeto possui assim velocidade constante e não apenas rapidez constante. Se a força resultante sobre um objeto é nula, então ele se encontra em equilíbrio mecânico. De acordo com a 1ª Lei de Newton, existem duas formas distintas de equilíbrio mecânico (ver figura 2): o equilíbrio estático, ou seja, o objeto está parado, e o equilíbrio dinâmico, que ocorre quando o objeto está se movendo em linha reta com velocidade constante.

Figura 2 - Dois exemplos de equilíbrio mecânico



Fonte: (RANDALL, 2009, p. 140).

3.6 Segunda Lei de Newton ou Princípio Fundamental da Dinâmica

Segundo Randall (2009, p. 126) definindo-se posição, velocidade e aceleração e “vestindo-as” com uma representação matemática, “a cinemática provê uma

linguagem para descrever como algo se movimenta", mas a Cinemática nada nos diz a respeito do por que uma bola em uma partida de futebol se move. Então, para compreender a causa do movimento voltaremos nossa atenção para a Dinâmica que, junto com a Cinemática e a Estática, forma a Mecânica, que é a ciência do movimento em geral.

O conceito de força (***F***), aparece na segunda Lei de Newton, e é apresentado como um princípio mecânico resultante da relação entre massa e aceleração, definida pela Segunda Lei de Newton na forma vetorial:

$$\vec{F}_R = m\vec{a} \quad , (9)$$

Onde $\vec{F}_R$ é a força resultante ou somatória de todas as forças que atuam no sistema, *m* é a massa e $\vec{a}$ é a aceleração.

A força e a aceleração são grandezas vetoriais e a massa é uma grandeza escalar. Newton definia a força e o movimento como sendo os objetos principais a serem estudados pela Mecânica. Segundo o cientista, a Mecânica é "a ciência que estuda os movimentos resultantes de uma força, assim como a força necessária para gerar um movimento" (NEWTON, 1799, p. 73). Em sua definição de força, Newton estabeleceu que "força é um poder de resistência, por meio do qual, todo corpo tende a preservar seu estado atual", ou seja, quando se aplica uma força a um corpo, na verdade, o que se produz é uma reação à força intrínseca ao corpo a fim de alterar seu estado de inércia. (NEWTON, 1799, p. 73).

3.7 Terceira Lei de Newton ou Lei da Ação e Reação

Quando um jogador de futebol chuta a bola com o seu pé, a força exercida durante o chute faz surgir uma força de reação exercida pela bola no pé do jogador.
Halliday, Resnick e Walker definem: "Quando dois corpos interagem, as forças que cada corpo exerce sobre o outro são sempre iguais em módulo e têm sentidos opostos" (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2008, p.107).

Segundo RANDALL D. KNIGHT (2009) “Newton foi o primeiro a descobrir a maneira como estão relacionados os dois membros de um par de forças ação/reação” (RANDALL, 2009, p. 189). É importante enfatizar que:

1) Os dois membros de qualquer par ação/reação são exercidos sobre diferentes objetos.
2) Os dois membros de um par ação/reação têm o mesmo módulo, mas sentidos contrários um ao outro: $\boldsymbol{F_{A\ sobre\ B} = -\ F_{B\ sobre\ A.}}$

Ainda, segundo RANDALL D. KNIGHT, “A terceira lei de Newton é normalmente enunciada como a cada ação corresponde uma reação de mesmo módulo, mas oposta. Embora essa frase seja um clichê, ela sofre de falta de precisão em relação à nossa versão preferida. Em particular, ela deixa de capturar uma característica essencial de qualquer par de forças ação/reação, que elas são exercidas sobre distintos objetos” (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p. 189).

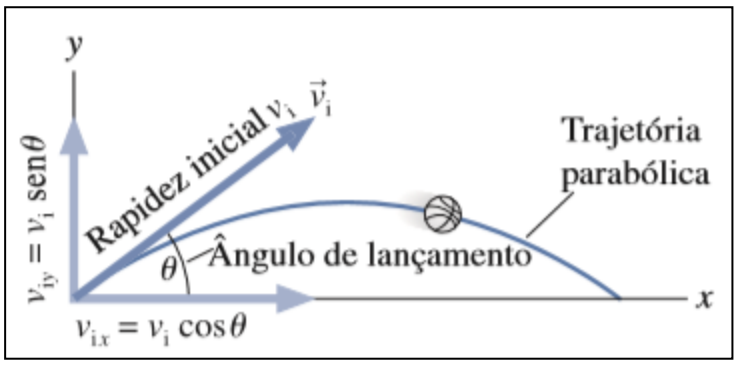
Logo quando há interação de dois corpos aparece um par de forças como resultado da ação exercida de um corpo sobre o outro, que chamamos de Ação e Reação.

3.8 Lançamento oblíquo

Quando um projétil é arremessado na ausência de resistência do ar, segundo RANDALL D. KNIGHT (2009), esse projétil “se move em duas dimensões influenciado unicamente pela gravidade. O movimento de projéteis é uma extensão do movimento de queda livre”. (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p. 97). Em outras palavras, quando o objeto é lançado na direção vertical, ele realiza um Movimento Uniformemente Variado, e na posição horizontal, o Movimento Retilíneo Uniforme.

Na figura 3 pode-se notar um projétil lançado com velocidade inicial v_i e com trajetória.

Figura 3 - Lançamento Oblíquo de uma bola e sua trajetória parabólica tendo como referência a rapidez inicial e o ângulo de lançamento



Fonte: (RANDALL, 2009, p. 98)

Na figura 3, temos que:

Θ representa o ângulo de lançamento;

$\underset{v_i}{\rightarrow}$ Representa o vetor velocidade inicial;

v_i Representa a rapidez inicial;

v_{ix} Representa a componente da rapidez inicial no eixo x;

v_{iy} Representa a componente da rapidez inicial no eixo y;

Temos que $v_{ix} = v_i.\cos\theta$ (10) e $v_{iy} = v_i.\sin\theta$ (11).

O movimento de um projétil ocorre quando o objeto se move somente sob a influência da gravidade, sendo a trajetória uma parábola formada pela combinação de dois movimentos: o movimento uniforme na direção horizontal com $v_{ix} = v_i.\cos(\theta)$ e o movimento de queda livre na direção vertical com $a_y = -g$ e $v_{iy} = v_i.\operatorname{sen}(\theta)$. (RANDALL, 2009, p. 98).

Os componentes v_{ix} *e* v_{iy} não são necessariamente positivos, pois uma bola arremessada com um ângulo de orientação abaixo do eixo horizontal possui valores negativos para o ângulo e para v_{iy}.

Segundo (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p.98) o movimento de um projétil é composto por dois movimentos independentes: um movimento uniforme na direção horizontal e um movimento de queda livre na direção vertical. As equações cinemáticas que descrevem estes dois movimentos são:

$$x_f = x_i + v_{ix}.\Delta t \quad (12)$$

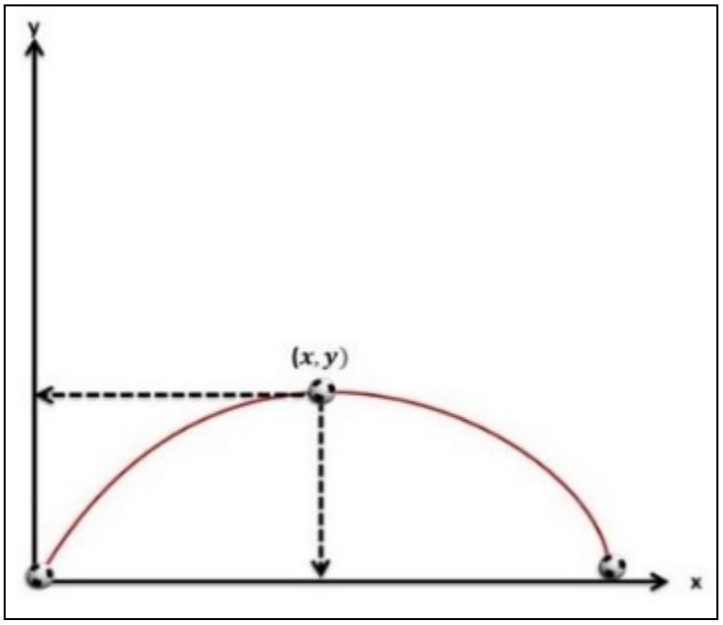
$$v_f = v_{ix} = constante \quad (13)$$

$$y_f = y_i + y_{iy}.\Delta t - \frac{1}{2}g.\ (\Delta t)^2 \quad (14)$$

$$v_{fy} = v_{iy} - g.\Delta t \quad (15)$$

As equações acima são paramétricas para a trajetória parabólica (ver figura 4) de um projétil.

Figura 4- Trajetória da bola medida em relação ao tempo e à distância nos eixos x e y



Fonte: (Elaborada pelo autor).

Analisar o movimento apenas dessa perspectiva, embora permita responder perguntas do tipo: *a que altura y a bola estava quando já tinha percorrido x metros?* Não é uma análise suficiente para descrever a trajetória da bola, uma vez que esta, ao interagir com fluido em seu caminho (ar) e, em função do tipo de impulso inicial que sofreu (chute), sofre outras alterações no percurso.

O modelo utilizado em lançamento oblíquo despreza a resistência do ar e efeitos de rotação do objeto. Assim a única força que atua no objeto após ser lançado é peso e trata-se de um modelo simples que pode prever a posição e a velocidade do objeto lançado para qualquer instante de tempo. Conduto no caso de um jogo de futebol a bola tem uma densidade pequena, possuindo um volume relativamente grande e peso

relativamente pequeno. Assim no movimento da bola a força de resistência do ar não pode ser totalmente desprezada e o seu movimento na verdade não é uma parábola perfeita. Em grandes altitudes onde a densidade do ar é menor a força de resistência do ar é menor e para o jogador a bola se move mais rápido do que eles estão acostumados. Em particular isso dificulta a ação dos goleiros.

3.9 Atrito de deslizamento e de rolamento

No movimento de rolamento sem escorregamento, como por exemplo de uma bola de futebol rolando num piso, veremos que a velocidade relativa de escorregamento do ponto de contato da esfera em relação à superfície é nula, pois dessa forma não existe deslizamento implicando assim em um atrito estático. (CALDAS, MAGALHÃES, 2000, p. 243).

Quando o esforço entre as superfícies for alto, poderá haver um movimento denominado relativo. Nessa situação haverá um atrito entre as superfícies, chamado de atrito cinético ou de deslizamento que se opõe à tendência de deslizamento.

O atrito de rolamento surge devido ao fato de que nem o corpo nem o plano são perfeitamente rígidos e, assim, ambos sofrem deformações, o que dá origem ao atrito de rolamento. O atrito de rolamento sem deslizamento está relacionado a um atrito ligado às transformações de energia mecânica em energia térmica e é causado pelas deformações das superfícies em contato. Na verdade, não é o atrito estático o responsável pela perda de energia no rolamento sem deslizamento. São as deformações dos corpos e das superfícies.

A força de atrito estática no rolamento sem deslizamento é importante para realizar o deslocamento nas rodas de tração dos carros, para fazer com que as rodas que não são de tração girem, para reduzir a velocidade do carro nas frenagens e para fazer as curvas sem deslizamento.

Contudo o modelo simples dessa força de atrito estática não consegue explicar porque um corpo rolando sem deslizamento perde energia e para. O atrito é importante para um jogador andar ou correr, para se posicionar para o chute, para o goleiro saltar e

agarrar a bola. Quando chove essas ações são alteradas pela diminuição dos coeficientes de atrito. No futebol, o coeficiente de atrito cinético entre a bola e a grama é aproximadamente de 0,35 e entre a chuteira do jogador e grama é maior que 1. Esses valores variam com o estado do gramado e da chuteira, o atrito também se altera quando o piso é alterado, por exemplo, num jogo na grama baixa, na grama alta, na grama artificial e na quadra. O que muda de um local para outro.

Assim, “a força de atrito em uma superfície é um exemplo de força de resistência ou resistiva, uma força que se opõe ou resiste ao movimento” (RANDALL D. KNIGHT, 2009, p. 132). Quando chutamos uma bola sobre o gramado a interação dos átomos do corpo com os átomos da superfície do gramado faz com que haja uma resistência ao movimento. A resistência recebe o nome de força de atrito ou simplesmente atrito.

Segundo Cunha e Caldas (2000) Podemos dizer que existe atrito estático entre dois sólidos em contato quando a velocidade relativa de escorregamento no contato for nula, para cada superfície em contato e desde que uma força exterior seja aplicada ao sistema (CUNHA, CALDAS, 2000, p. 9).Se a velocidade relativa de escorregamento no contato for nula, as superfícies estarão em repouso relativo (não escorregamento).O sentido das forças de atrito estático (tangentes às superfícies em contato), será sempre oposto à possível ou eventual velocidade relativa de escorregamento no contato que cada superfície teria, uma em relação à outra, na ausência de atrito precisamos conseguir prever o sentido do movimento de escorregamento relativo das superfícies em contato, umas em relação às outras, que se produziria na ausência de atrito, isto é, conhecer para qual sentido tenderia o movimento relativo de escorregamento dos corpos em contato, se o atrito entre estes corpos fosse nulo. Como o que está em causa são os movimentos relativos de escorregamento (no contato) das superfícies, umas em relação às outras, as forças de atrito estático podem ter o mesmo sentido do movimento de um corpo num dado referencial, funcionando para este corpo e neste referencial como forças geradoras do movimento considerado. (Cunha, Caldas, 2000, p. 9). Para se calcular a força do atrito estático, podemos utilizar $F_{ate} = \mu_e.N$ (16), onde μ_e é o coeficiente do atrito estático e N a força normal.

Segundo Cunha e Caldas (2000) no atrito dinâmico entre dois sólidos em contato, se pudermos definir, no contato, uma velocidade relativa de escorregamento não nula. O sentido das forças de atrito dinâmico que cada uma das superfícies em contato exerce tangencialmente sobre a outra, será sempre oposto ao sentido das velocidades relativas de escorregamento no contato, de cada uma dessas superfícies em relação à outra. Entretanto, essas forças de atrito, ainda que opostas ao movimento relativo de escorregamento das superfícies em contato, podem perfeitamente ter o mesmo sentido do movimento do sólido estudado, em relação a um determinado referencial e tornarem-se, para este sólido e em relação a este referencial, uma força "motriz" do movimento. (Cunha, Caldas, 2000, p. 9). Para se calcular a força do atrito dinâmico, utiliza-se a expressão: $F_{atd} = \mu_d.N$ (17), donde μ_d corresponde ao coeficiente do atrito dinâmico e N é a força normal.

Segundo Duarte e Okuno (2012) sabe-se que a pressão externa é a pressão atmosférica que, ao nível do mar, é de 1 atm, ou seja, a pressão manométrica existente dentro da bola é de 1 atm. Isso significa que a pressão dentro da bola é 1 atm acima da pressão atmosférica. Quando a bola possui um alto coeficiente de restituição ela irá quicar é um bom teste para ver se ela está cheia ou murcha, isto é, com a pressão interna adequada. (DUARTA, OKUNO, 2012, p. 126).

Segundo Duarte e Okuno (2012) “A pressão interna da bola está relacionada com o número de moléculas do ar que se coloca nela”. Assim, quanto maior o número de moléculas, maior a pressão interna da bola, como vimos no item anterior. O que acontece em altas altitudes é que a pressão absoluta da bola é menor, o que implica menos moléculas no interior da bola o que significa que a bola realmente fica mais leve em altas altitudes, porque há menos ar dentro dela. (DUARTE, OKUNO, 2012, p. 127).

3.10 Resistência do ar e ventos

Uma força atuante durante o deslocamento de uma bola de futebol quando arremessada ou chutada e que merece ser tratada aqui é a chamada “força de arrasto” ou resistência do ar. Segundo a definição, “usualmente emprega-se para essa força

de arrasto a expressão obtida por George Gabriel Stokes em 1851". (VERTCHENKO, 2017, p. e4304-2).

Como a força de arrasto depende fortemente da velocidade V com que a bola se move em relação ao ar, vamos introduzir o coeficiente de arrasto C_A então a força de arrasto F_A é escrita como:

$$F_A = \frac{1}{2} C_A \rho A V^2 \quad (18)$$

Onde ρ é a densidade do ar (1,224 kg/m^3 ao nível do mar), A é área da seção transversal da bola.

Arrasto, ou resistência oferecida pelo meio fluido, é uma definição física que, intuitivamente, pode ser percebida, no exemplo de Young e Freedman, (2008, p. 154), quando se coloca a mão para fora da janela de um carro em movimento. Na definição dos autores, arrasto ou resistência é a força que um sólido exerce para romper um fluido em seu caminho e, considerando a Terceira Lei de Newton, o fluido exerce uma força semelhante em relação ao sólido. Pouco importa se o que se está em movimento seja o sólido ou fluido, o fenômeno será o mesmo. Outra característica dessa força é que ela possui sempre sentido e direção contrários à velocidade do corpo sólido em movimento.

A força de resistência do ar é uma força que se opõe ao movimento, ou seja, ela é sempre oposta ao vetor velocidade instantânea. No escoamento de um fluido, o sólido precisa vencer a resistência desse fluído. Ainda, como a velocidade instantânea é sempre tangente à trajetória, a força de resistência também o é. Uma bola de futebol em movimento no ar está sujeita a forças aerodinâmicas causadas pela viscosidade do meio (força de arrasto).

3.11 Efeito Magnus

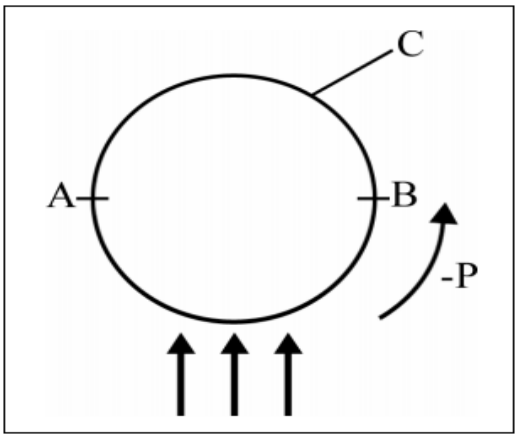
Um conceito importante a ser explorado por meio da dinâmica do futebol é o chamado "Efeito Magnus", que tem a capacidade de alterar a direção de propagação

horizontalmente de forma imprevisível para os goleiros, que só consegue prever a ação da força peso sobre a bola.

Segundo Einstein (1981, p. 83) quando um fluido se “move com velocidades diferentes, nos pontos de maior velocidade reina a menor pressão e vice-versa”. Isto é, o sólido será sempre compelido para o lado em que o fluido escoa com maior velocidade. É, portanto, a partir dessa propriedade da Física que o chamado “Efeito Magnus” pode ser compreendido.

Na mesma obra, Einstein explica como o professor de física, Heinrich Gustav Magnus, descobriu esse efeito. No fim da primeira metade do século XIX, na Alemanha, havia um problema com relação aos tiros de canhão. Mesmo que a pontaria fosse precisa, o tiro acabava variando no eixo horizontal e acertando um pouco à direita ou à esquerda do alvo pretendido. Magnus, então, propôs que essa variação se dava pelo fato de, no giro da bala do canhão (obus) durante sua trajetória, o ar que escoava em seu entorno apresentava pressões diferentes e, por isso, o projétil tendia a seguir uma trajetória curvilínea com tendências para o lado onde a velocidade do ar era maior e, por consequência, onde a pressão era menor. Para ilustrar o fenômeno, Einstein usa uma ilustração, conforme figura 5

Figura 5 – O Efeito Magnus e o deslocamento para a direita, o lado em que a pressão é menor.



Fonte: (Einstein, 1981, p. 84).

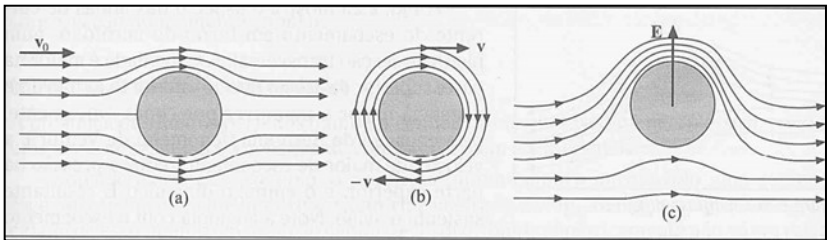
Segundo Einstein (1981, p. 84) seja C este cilindro visto de cima. Suponhamos primeiro que ele fique imóvel e que o vento sopre na direção da flecha, Ele tem de

fazer certo rodeio ao redor do cilindro C e, portanto, passa para A e B com a mesma velocidade. Portanto em A e B existe a mesma pressão e o vento não exerce nenhuma ação de força sobre o cilindro. Mas, suponhamos que o cilindro rode na direção da flecha -P. Então a corrente de vento, realizando seu trajeto ao longo do cilindro, se reparte de modo diferente dos dois lados; porque em B o movimento do vento é acelerado pelo movimento de rotação do cilindro e em A ele é freado. Assim, por influência do movimento rotativo do cilindro, produziu-se um movimento que possui em B uma velocidade maior do que em A. Deste modo a força que se exerce da esquerda para a direita é empregada para fazer andar o barco.

Considerando a esfera C, e estando ela imóvel, o ar passa por A e B com a mesma velocidade. Contudo, se o cilindro girar no sentido anti-horário, no lado B, a corrente de vento será acelerada; no lado A, a corrente será freada. Nesse caso, o objeto há de se deslocar para a direita, o lado em que a pressão é menor.

Nussenveig (1997) demonstra esse efeito conforme a Figura 6

Figura 6 – O Efeito Magnus e a assimetria da distribuição da velocidade produzindo uma assimetria da distribuição da pressão sobre o cilindro



Fonte: (Nussenveig, 1997, p. 29).

Sendo v_0 a velocidade inicial e v é a velocidade que varia inversamente com o raio r e E se chama empuxo dinâmico.

Segundo Nussenveig (1997) a assimetria da distribuição da velocidade produz uma assimetria da distribuição de pressão sobre o cilindro, a pressão abaixo é maior que a pressão acima. O efeito Magnus se relaciona diretamente com o teorema de Bernoulli. De acordo com o teorema de Bernoulli em toda corrente de água ou de ar a pressão será grande quando a velocidade for pequena e, ao contrário, a pressão será pequena quando a velocidade for grande.

Segundo Halliday, Resnick e Walker (2009) o fluido será considerado ser ideal com as seguintes propriedades:

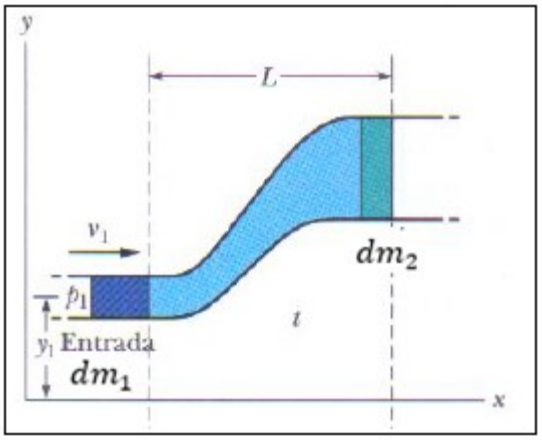
1)Escoamento laminar: A velocidade do fluido num ponto não depende do tempo.
2) Escoamento Incompressível: Densidade do fluido constante (ver figura 7).
3) Escoamento não viscoso: sem perda de energia.
4) Escoamento irrotacional: As linhas de corrente não se cruzam.

Apesar de esse modelo ser simplificado ele descreve o efeito Magnus.

Dedução da equação de Bernoulli: $dm_1 = dm_2$ (19)

$$p_1 + \frac{1}{2}\rho {v_1}^2 + \rho g y_1 = p_2 + \frac{1}{2}\rho {v_2}^2 + \rho g y_2 \text{ (20)}$$

Figura 7- Escoamento de um fluido com vazão constante através de um tubo.



Fonte: (Halliday, Resnick e Walker, 2009, p. 73)

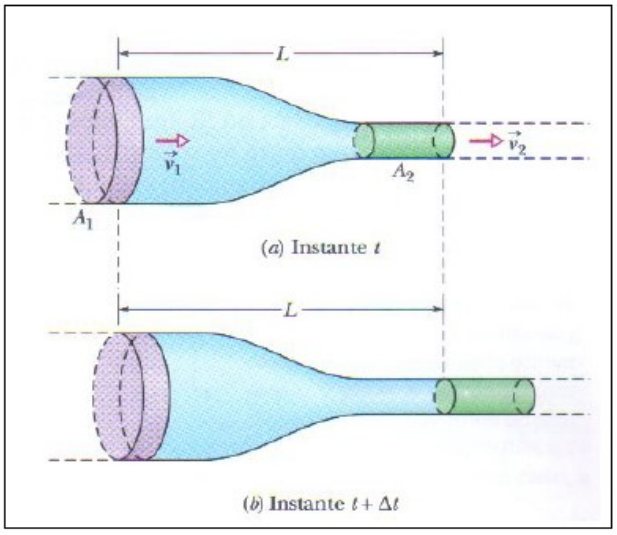
$0nde$: v é a velocidade do fluido, p é a pressão do fluido, y é a altura, d_m é o elemento de massa,

$$dm_1 = dm_2 = d_m \text{ (21)}$$

A Equação da continuidade é baseada na conservação do fluxo ($\emptyset$) (figura 8).

$$\emptyset_1 = \emptyset_2 \text{ (22)}$$

Figura 8- Escoamento de um fluido da esquerda para a direita com vazão constante.



Fonte: (Halliday, Resnick e Walker, 2009, p. 71)

$$\emptyset_1 = \frac{dV_1}{dt} \text{ (23) e } \emptyset_2 = \frac{dV_2}{dt} \text{ (24)}$$

$$dV \text{ é } elemento\ do\ volume$$

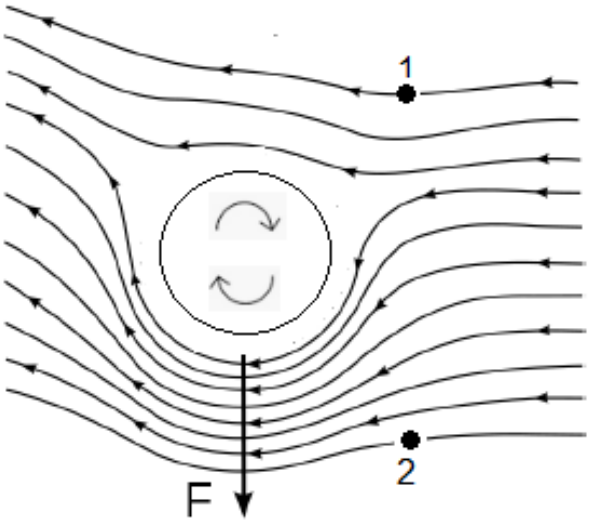
$$\frac{dV_1}{dt} = \frac{dV_2}{dt} \text{ (25)} \quad \rightarrow A_1 \frac{dX_1}{dt} = A_2 \frac{dX_2}{dt} \text{ (26)} \quad \rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ (27)}$$

$$\text{Se } A_2 < A_1 \quad \rightarrow \quad v_2 > v_1$$

Assim as linhas de corrente mais próximas correspondem a velocidade maiores e linhas de corrente mais afastadas correspondem a velocidades menores.

Isso pode ser aplicado ao Efeito Magnus, onde $v_2 > v_1$. Desta forma, ao invés da bola ir à direção x, a rotação faz com que ele curve (figura 9) devido a ação da força de pressão $\vec{F}$.

Figura 9- Rotação e curva da bola devido a ação da força de pressão F

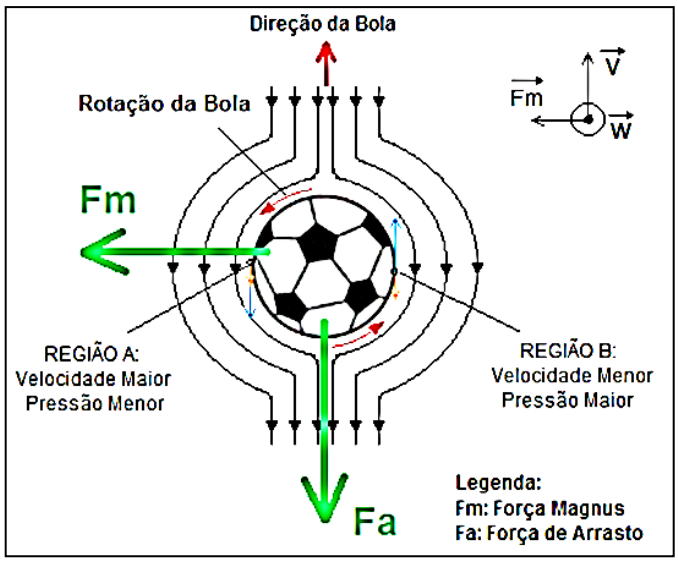


Fonte: (Elaborada pelo autor)

Para explicar porque $v_2 > v_1$, pode-se argumentar que no ponto 2 a rotação é no sentido do vento aumentando a velocidade do ar. E em 1 a rotação é oposta ao sentido do vento reduzindo a velocidade deste em 2. Isso explica porque $v_2 > v_1$ mas estamos incluindo no modelo uma espécie de viscosidade.

Na figura 10 o efeito Magnus atuando sobre uma bola de futebol é responsável pelo desvio da bola lançada “com efeito” de forma a girar rapidamente sobre o próprio eixo.

Figura 10 - Efeito Magnus e a rotação da bola



Fonte: (ALMEIDA e SILVA, 2015, p. 3505-5).

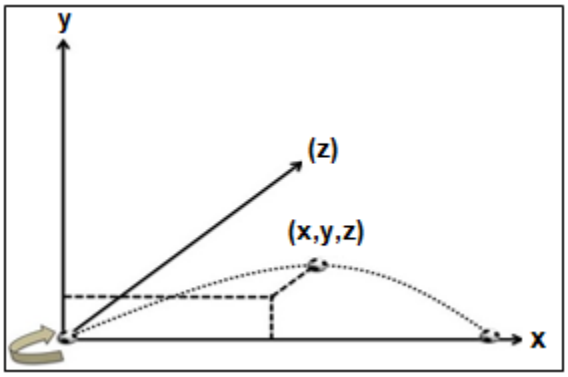
Onde Fm é a força Magnus, Fa é a força de arrasto, v é a velocidade e w é a velocidade angular.

Esse efeito atuou no famoso lance do “quase gol” de Pelé durante a Copa de 1970, no jogo contra a Tchecoslováquia. Segundo Nelson Rodrigues:

> E, por um fio, não entra o mais fantástico gol de todas as Copas passadas, presentes e futuras. Os tchecos parados, os brasileiros parados, os mexicanos parados — viram a bola tirar o maior fino da trave. Foi um cínico e deslavado milagre não ter se consumado esse gol tão merecido. Aquele foi, sim, um momento de eternidade do futebol. (RODRIGUES, 2013, p. 54).

Se o chute que deu origem ao movimento imprimir uma rotação na bola, além do deslocamento em relação ao eixo x (distância) e y (altura), haverá uma variação (curva) ao longo do eixo z (deslocamento horizontal) conforme Figura 11.

Figura 11- Trajetória da bola medida em relação ao tempo e à distância nos eixos x, y e z



Fonte: (Elaborada pelo autor).

Na figura 11 a trajetória da bola é medida em relação ao tempo e à distância nos eixos x, y e z como visualizados acima.

4 CONSTRUÇÃO E APLICAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

4.1 Descrição da escola e dos sujeitos da pesquisa

A pesquisa foi realizada na Escola Municipal de Ensino Infantil e Ensino Fundamental “Benevenuto Clementino Gobbo” (Figura 12), localizada à Rua Santa Teresinha, 236 - São José, Baixo Guandu - ES, CEP 29730-000. A escola está localizada a 184 km da capital Vitória- ES. Esse município pertence à região Centro Oeste do Espírito Santo, a base de sua economia é essencialmente agropecuária, seguida da extração de minerais.

Figura 12 – Escola Municipal Benevenuto Clementino Gobbo

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

As atividades desta pesquisa foram desenvolvidas com 28 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental II, que tiveram suas identidades preservadas. A participação na investigação foi voluntária e, a qualquer momento, o aluno poderia deixar de participar.

4.2 A organização da proposta didática

A proposta e a coleta de informações, teve início por meio de um pré-teste, contendo 23 questões, aplicado a 28 alunos do 9º ano do Ensino Fundamental. As 23 questões foram elaboradas com a finalidade de avaliar a percepção que o aluno tem dos conceitos básicos da Mecânica, estudados em Física, assim como a relação existente entre eles, isto é, as proposições.

Além disso, durante o processo dos encontros, os alunos foram submetidos a questionamentos em que foram apresentadas situações do cotidiano deles, vivenciadas em partidas de futebol. As questões cobravam explicações para certos fenômenos, como curvas que a bola fazia dependendo da forma como o jogador a arremessava ou a chutava.

A partir de informações apontadas pelo teste inicial, procedeu-se à proposta didática, dividindo as atividades em onze encontros. Durante toda a intervenção, os alunos foram orientados sobre métodos de pesquisa, ferramentas de busca na internet, livros e artigos sobre os assuntos discutidos nos encontros. O pré-teste foi aplicado no segundo encontro.

A partir do segundo momento pedagógico, iniciado durante o quarto encontro, os alunos foram apresentados, gradualmente e conceitualmente, aos conteúdos relacionados à Mecânica. As atividades ocorreram em espaços abertos, como quadras e campos de futebol e, em outros momentos, em ambientes internos, como laboratórios de informática e salas de aula.

O segundo momento pedagógico (Organização do Conhecimento) favoreceu aos alunos ferramentas como simuladores e roteiros para pesquisas. Esse foi um momento de aprofundamento nos conceitos e princípios científicos.

A partir do terceiro momento pedagógico (Aplicação do Conhecimento), os alunos passaram a aplicar os conhecimentos adquiridos no segundo momento. Todas as atividades seguiram um modelo de anotações em seus diários de bordo. E, nas atividades, o professor moderou os encontros orientando os alunos a compartilharem o conhecimento de forma que o aproveitamento do conteúdo fosse mais eficaz.

No décimo encontro, foi aplicado o mesmo questionário que havia sido apresentado no início da pesquisa no pré-teste. A intervenção pedagógica ou o projeto desenvolvido teve, então, onze encontros sendo que cada encontro possuía um tempo de 50 minutos. Isto posto apresentamos a Tabela 1 com a descrição de cada encontro.

Tabela 1- Resumo dos encontros.

Data	Etapa dos 3 MP	Atividade	Objetivos	Aulas
1º Encontro12/03/2018		Apresentação do projeto.	Apresentar aos alunos o projeto de pesquisa, responder eventuais dúvidas que viessem a existir quanto a participação no projeto e entregar o termo de livre consentimento esclarecido (Ver apêndice A) para que eles entregassem aos seus responsáveis legais.	1
2º Encontro 15/03/2018		Aplicação do Pré-teste sobre conhecimentos básicos da matéria Mecânica.	Identificar conhecimentos prévios dos participantes do projeto.	2
3º Encontro 19/03/2018	PI	Apresentação de vídeos, tendo por ênfase as jogadas típicas do futebol, tais como cobrança de faltas, pênalti e cobranças de escanteios, a fim de explorar conceitos prévios de velocidade, aceleração e força.	Relacionar os conceitos de força e movimento com situações reais de jogadas apresentadas durante uma partida de futebol.	1
4º Encontro 26/03/2018	PI e OC	Ida a campo para que eles tentassem reproduzir as jogadas vistas nos vídeos.	Identificar os conceitos físicos desenvolvidos nas jogadas de futebol bem como a interação social e o convívio social que o esporte proporciona.	2

5º Encontro 02/04/2018	PI e OC	Divisão de grupos composto por até quatro alunos para que eles dialogassem sobre lances do futebol visto nos vídeos e reproduzidos no campo de futebol.	Os alunos devem dialogar nos grupos os conceitos físicos presentes em jogadas típicas de uma partida de futebol e responderem a um questionário.	1
6º Encontro 06/04/2018	PI e OC	Momento de socialização e discussão das questões propostas na atividade em grupo.	Verificar através das respostas dos grupos, diferentes opiniões sobre as perguntas feitas no encontro anterior. (apresentação dos grupos).	2
7º Encontro 11/04/2018	OC	Aula expositiva dialogada.	Promover o estudo do MRU (movimento retilíneo uniforme) e do MRUV (movimento retilíneo uniformemente variado); Efetuar estudos de conceitos como “queda livre”, “lançamento de projéteis”, “Leis de Newton”, “tipos de energia” e “Efeito Magnus.	4
8º Encontro 25/04/2018	OC e AC	Realização de simulações computacionais PhET (*interactive simulations*), seguindo um questionário norteador (apêndice D) no laboratório de informática.	Simular lançamento oblíquo sem resistência do ar e com resistência, com ênfase em variáveis alcance, tempo de voo, altura, ângulo de lançamento.	4
9º Encontro 04/05/2018	OC e AC	Ida ao laboratório de informática para realização de uma pesquisa.	Pesquisar que tipos de mecanismos poderia possibilitar o efeito de curva da bola em um gol de escanteio.	2

10º Encontro 11/05/2018	AC	Aplicação do Pós-teste.	Aplicação do questionário idêntico ao questionário do pré-teste com o objetivo de identificar novos conceitos adquiridos durante a intervenção.	2
11º Encontro 20/05/2018	AC	Entrevista	Verificar a opinião dos alunos sobre a pesquisa, quais atividades foram mais marcantes e pontos a serem melhorados.	3

Fonte **(ELABORADA PELO AUTOR).**

O questionário inicial de conhecimentos prévio também foi usado como pré-teste para verificarmos a evolução do aprendizado ao compararmos como o resultado do pós-teste idêntico a ele.

4.3 Relato dos Encontros

4.3.1 - Primeiro encontro

Os alunos foram levados para a sala de vídeo para um diálogo sobre a proposta didática. Os alunos sentiram-se interessados em participar do projeto, e assim foram surgindo as primeiras perguntas, citadas nos diálogos abaixo:

> **Aluno A1:** “Professor, então quando o senhor sai daqui na quinta-feira na hora do recreio, o senhor vai estudar?”
> **Professor:** “Sim, vou estudar. O professor também precisa estudar. Você já tinha reparado que eu saio toda quinta-feira na hora do recreio?
> **Aluno A1:** “A diretora disse pra gente”
> “Onde é o seu curso?”
> **Professor:** “Bom, eu estudo no Instituto Federal do Espírito Santo, no Campus de Cariacica, e faço o curso Mestrado Profissional em Ensino de Física”.

Nesse momento mais descontraído, falei com a turma acerca da importância da qualificação profissional e como podemos ter uma educação pública de qualidade. Muitos dos alunos almejam cursar os cursos técnicos integrados do Instituto Federal do Espírito Santo *campus* Colatina e Itapina. Durante esse primeiro encontro, foi entregue o termo de livre consentimento esclarecido para que os responsáveis legais soubessem da participação dos alunos no projeto de pesquisa e, assim, houvesse a autorização legal.

4.3.2 - Segundo encontro

Durante o segundo encontro, os alunos realizaram um pré-teste (ver apêndice B) para avaliar os conhecimentos que eles possuíam sobre o assunto que iria fazer parte da dinâmica dos encontros. Para a realização do teste, foi reservado um encontro de 1hora e 40 minutos.

Durante o teste, não houve, intervenção do professor nas respostas dos alunos; detive-me apenas a observar. Os alunos estiveram empenhados em responder às questões do teste (ver figura 13). Como alguns alunos não usaram todo o tempo disponível, pedi, então, que fizessem uma revisão de suas respostas, a fim de proceder a possíveis alterações.

No início do teste, pedi para que eles não desviassem sua atenção pois seria de fundamental importância que eu detectasse por onde começaríamos a intervenção e quais eram realmente os conhecimentos científicos que eles tinham sobre o assunto.

No início, surgiram perguntas como: *“professor, posso responder com minhas palavras”? “Posso fazer a lápis? Se eu não souber, posso pular”? “Posso começar por aquelas que achei mais fácil”?*

Na Figura 13 abaixo vemos os alunos durante a aplicação do pré-teste.

Figura 13 - Alunos durante o segundo encontro fazendo o pré-teste

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

Após o término, recolhi os testes de cada um dos alunos e agradeci-lhes pelo empenho dedicado na atividade. Houve frases, como*: "Nossa! Estava fácil, professor", "Estava fácil nada".* Despedi-me da turma com um sentimento de que a participação deles seria algo natural, pelo empenho demonstrado no encontro. A análise dos resultados do pré-teste bem como sua comparação com o pós-teste será mostrada no capítulo 5.

4.3.3 Terceiro encontro

No terceiro encontro, foi feita uma apresentação de vídeos, tendo por ênfase as jogadas típicas do futebol, tais como cobranças de faltas, pênaltis e de escanteios, a fim de explorar conceitos prévios de velocidade, aceleração e força. Na figura 14 vemos os alunos assistindo os vídeos e participando da atividade. Os vídeos que utilizamos estão listados na tabela 2.

Figura 14- Alunos durante o terceiro encontro assistindo vídeos sobre futebol

Fonte: (Arquivo pessoal do autor)

Na tabela 2 abaixo são apresentados os títulos dos vídeos apresentados no terceiro encontro.

Tabela 2: Vídeos temáticos sobre Futebol

Vídeo	Título	Link
1	Incrível gol de Roberto Carlos pela Seleção – Brasil x França 03/06/1997	https://www.youtube.com/watch?v=ItZwYNWUONw
2	Top 5 - Cobranças de Pênaltis com PARADINHA	https://www.youtube.com/watch?v=o4gaCv3_ICA
3	Top 6 Melhores gols de escanteios (Gols Incríveis)	https://www.youtube.com/watch?v=TiNmYv07Odo
4	Na indonésia jogador supera velocidade de Bolt e faz gol INCRÍVEL	https://www.youtube.com/watch?v=CF9tcP3PnIA

Fonte: (Elaborada pelo autor).

Foi solicitado que os alunos relatassem livremente sobre a relação entre a prática de esportes e as matérias aprendidas na escola, sendo que as falas foram coletas por dispositivo de áudio e digitadas posteriormente. A seguir temos a fala de um aluno.

> **ALUNO 1** - O esporte tem um papel importante na vida em sociedade, [...] além de ser importante para a saúde [...]. Por exemplo, em uma partida de futebol além das jogadas típicas [...] nós aprendemos a respeitar e aprendemos [que] dependemos uns dos outros, pois, pelo fato de ser um jogo coletivo, ninguém ganha e ninguém perde sozinho, tudo é feito [em] grupo. Deve-se respeitar o espaço e a opinião de cada um. Em uma partida de futebol, o atleta tem que saber que ele tem que respeitar o juiz, concordando ou não com a marcação dele. No futebol, também encontramos, muitas vezes, uma ascensão social do atleta, muitos deles saem de uma vida de criminalidade ou de uma vida de extrema pobreza por causa da prática do Esporte, ou seja, o futebol possui um papel social.
>
> [...] eu acho que a prática de futebol está relacionada com várias matérias que a gente estuda [...] na Matemática principalmente, ... não sei, posso estar enganado.
>
> **PROFESSOR:** você não está enganado, realmente a prática e todos os esportes, em particular o futebol, estão relacionados com as áreas do conhecimento; nós iremos construir juntos essas ideias, em particular, estudaremos os fenômenos físicos que estão presentes

> em jogadas típicas de uma partida de futebol. Nessa aula, vamos assistir algumas dessas jogadas e vamos dialogar sobre elas.

À medida em que os vídeos foram sendo assistidos mais discussões ocorreram. Abaixo são apresentadas algumas delas.

O primeiro vídeo, “Gol de Roberto Carlos” a ser transmitido, nesse encontro, é referente ao famoso Gol de Roberto Carlos contra a França, 3 de junho de 1997. Nesse vídeo foram analisados conceitos físicos como velocidade da bola durante a trajetória, força do chute, a curva feita pela bola durante sua trajetória. Ao assistir o vídeo 1, os alunos ficaram surpresos ao ver a curva que a bola fez desde sua saída, após o chute, até a chegada ao gol.

> **ALUNA 2:** Nossa, Professor, que curva! Como será que ele conseguiu fazer isso?
> **ALUNO 3:** Eu acho que foi por causa do vento, [...], pela forma que ele bateu na bola.
> **ALUNA 2:** Eu achei que a bola saiu, sério mesmo.

Já no vídeo “Cobranças de pênalti”, foram analisadas possibilidades de como um goleiro poderia pegar um pênalti, quais pênaltis seriam os mais difíceis de serem defendidos.

> **PROFESSOR:** Qual seria a cobrança de pênalti mais difícil de ser defendida? E por quê?
> **ALUNO 7:** Com muita força, rasteiro e no canto.
> **PROFESSOR:** Se o chute for rasteiro, forte no canto é o mais complicado para o goleiro defender, então como ele faria para defender esse chute?
> **ALUNO 7:** Ele teria que escolher o canto e sair antes da cobrança ser feita pelo jogador.

Durante os diálogos os alunos contavam suas experiências como atletas e como faziam para enganar os goleiros durante suas cobranças de falta e pênalti, os alunos citavam para isso alguns conceitos físicos como força, “cobrar com efeito” e velocidade da bola no chute.

No Vídeo 3: “Melhores gols de escanteios”, foram analisadas as variáveis envolvidas em um Gol Olímpico, ou seja, durante uma cobrança de escanteio. E logo após a

apresentação dos vídeos [1]foram feitas algumas perguntas no intuito de problematizar o assunto.

> **PROFESSOR:** Como é possível para o jogador fazer um gol de escanteio?
> **ALUNO 8:** Pela forma que o jogador bate na bola, causando efeito.
> **ALUNO 9:** Deve levar em consideração a força do chute, pois se for muito fraco nem chega ao gol e se for muito forte passa por cima do travessão.
> **ALUNO 10:** A influência do peso da bola também influencia, pois se a bola for leve e tiver ventando muda a direção da bola.

No Vídeo 4: “Jogador supera velocidade de Bolt” Na indonésia jogador supera velocidade de Bolt[1] e faz gol incrível. Neste vídeo foi analisado a velocidade do jogador durante sua corrida em direção ao gol, se seria possível determinar sua velocidade média. Os alunos ficaram surpresos com a velocidade do jogador, foi então que eu fiz a seguinte pergunta:

> **PROFESSOR:** Será que o jogador consegue manter a mesma velocidade do princípio ao fim de sua trajetória?
> **ALUNO 4:** Claro que não, professor! Têm horas que ele aumenta a velocidade e têm horas que ele diminui a velocidade.
> **PROFESSOR:** Será que é possível calcular a velocidade média do jogador?
> **ALUNO 5:** Sim, é só pegar na internet.
> **ALUNO 6:** Eu acho que tem que pegar a distância que ele percorreu e dividir pelo tempo.

Foram passados quatro vídeos para que houvesse um diálogo sobre os conceitos físicos presentes nessas jogadas. Dez alunos, ao comentarem as jogadas, conseguiram extrair alguns conceitos físicos presentes, tais como: velocidade, aceleração, força, energia, resistência do ar, tempo.

Após o término dos vídeos, pude notar o interesse dos alunos para dialogar não somente sobre futebol, mas também sobre os conceitos físicos presentes nessas jogadas.

---

[1] o jamaicano Usain Bolt chegou a uma velocidade média de 45 km/h.
https://www.bbc.com/portuguese/ciencia/2010/01/100126_homemcorridaml

4.3.4 Quarto encontro

Foi iniciado o segundo momento da organização do conhecimento para o estudo do conceito de velocidade média e também para tentar reproduzir as jogadas vistas nos vídeos do terceiro encontro: os alunos foram divididos em 6 grupos, e cada grupo tentava reproduzir as jogadas. Pode-se notar a participação de todos os alunos durante as atividades de campo; alguns, com o uso de uma trena e um cronômetro, tentavam medir a velocidade média de uma cobrança de pênalti, a velocidade de um dos alunos do grupo em uma jogada de linha de fundo, dentre outras jogadas típicas de uma partida de futebol.

Os alunos perceberam o quanto era difícil reproduzir as jogadas, mas a ideia era que eles refletissem sobre os conceitos físicos presentes nas jogadas. Uma das jogadas seria tentar calcular a velocidade média de uma cobrança de pênalti (ver figura 15). Os alunos, primeiramente, mediram a distância da marca do pênalti até a linha do gol, de tal forma que ao colocarem a trena ela deveria estar perpendicular à linha do gol

Após a medição da distância, um aluno se posicionava e fazia a cobrança, e outro aluno, com o auxílio de um cronômetro, media o tempo que a bola demorava para chegar ao gol. Um dos alunos do grupo anotava os dados e depois calculava a velocidade média do chute. O mesmo procedimento foi utilizado para determinar a velocidade média de um jogador em uma jogada de linha de fundo.

Figura 15 - Alunos durante o quarto encontro determinando a velocidade média em cobranças de pênalti

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

Também foram feitas cobranças de falta para que os alunos pudessem identificar quais os fenômenos físicos presentes nesses lances. Nos relatos apareceram: a força com que o pé do jogador bate na bola, o ângulo de inclinação do pé, a resistência do ar e o material que a bola era fabricada.

Durante todo o encontro, pode-se notar, além da prática esportiva e identificação de fenômenos físicos presentes na prática, momentos importantes de respeito ao espaço de cada um, respeito às regras do esporte, respeito e convivência em grupo, participação de atividades em grupo em que cada componente respeitava a hora do colega participar e a ajuda na realização das atividades, como descritos nos diálogos abaixo:

> **ALUNO 11:** Professor, podemos organizar o nosso grupo para fazer as jogadas após esse grupo terminar?
> **ALUNO 12:** Eles já acabaram professor? Podemos ir fazer a nossa jogada?

Nesse questionamento nota-se claramente o respeito pelo espaço do grupo que estava praticando as jogadas primeiro, tornando o convívio durante o encontro mais organizado.

> **ALUNO 13:** Espera, só pode cobrar após o apito do juiz.
> **ALUNO 14:** Presta atenção goleiro não pode sair da linha do gol.

Respeito pelas regras do esporte demonstrado no momento que o aluno aguarda a autorização para cobrar o pênalti e também durante a orientação para que o goleiro não saia da linha do gol e se adiante na defesa da bola.

Após uma cobrança de falta, a bola bateu na trave e voltou, ficando longe de onde os alunos estavam, o aluno 15 se prontificou a pegar a bola para que desse andamento as atividades.

> **ALUNO 15:** Fui eu quem chutou, deixa que eu pego para vocês.

Nos diálogos acima transcritos nota-se uma preocupação dos alunos em fazerem corretamente as atividades, se preocupando com as regras do esporte, com o apito

do juiz para dar início a jogada, a preocupação em ajudar no desenvolvimento das atividades e até mesmo na busca de uma bola que estava longe de onde eram feitas as atividades. Em nenhum momento do encontro houve desentendimento entre os grupos. Todas as falas acima foram captadas em áudio e posteriormente transcritas.

4.3.5 Quinto encontro

Nesse encontro, a turma foi dividida em 5 grupos (sendo que 3 grupos tinham 6 alunos e 2 grupos tinham 5 alunos) como mostrado na Figura 16. O objetivo é que pudessem dialogar e responder a seis questões sobre os lances do futebol visto nos vídeos e reproduzidos no campo de futebol. Ainda consideramos esse encontro como sendo composto pelos dois momentos, de problematização inicial e de organização do conhecimento, pois os alunos tentaram explicar como realizar as jogadas do encontro anterior. Para isso recorreram a conceitos físicos que ainda não dominavam completamente, mas isso foi importante para eles irem se conscientizando da sua importância. Foram elaboradas as seguintes perguntas para discussão em grupos (Apêndice C):

1- Como o batedor de falta consegue superar a barreira?
2- A quais variáveis ele deve ficar atento?
3- Qual a influência da proximidade da barreira?
4- É possível o goleiro pegar um pênalti batido no canto?
5- Como é a batida mais difícil de ser defendida?
6- Como é possível fazer um gol de escanteio?

Figura 16 - Alunos durante o quinto, momento dos diálogos em grupos

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

Durante a participação nos diálogos e nas respostas das questões, um aluno de cada grupo relatava as respostas em uma folha que, ao final do encontro, seria entregue ao professor. A escolha do aluno relator ficou a critério de cada grupo. Foi entregue apenas um questionário por grupo; por isso era necessário o diálogo do grupo para que se alcançasse um consenso nas respostas que seriam entregues. Após o término do encontro, os questionários foram recolhidos.

Escutei a seguinte pergunta*:*

> **ALUNO 2:** “Professor, quando que nós saberemos as respostas dos outros grupos, para que possamos comparar com as no nossas”?
> **PROFESSOR:** Na próxima aula, teremos uma socialização para sabermos o que cada grupo dialogou sobre o assunto. Vocês querem apresentar as respostas para mim lá na frente, ou vocês preferem uma socialização em formato de mesa redonda. O que vocês acham?
> **ALUNO 10:** Eu prefiro em mesa redonda. Tenho vergonha de ir lá à frente. Não vou conseguir. Eu tremo todinho professor!
> **PROFESSOR:** Então vamos fazer uma votação democrática, aqueles que preferem o formato de mesa redonda pode levantar a mão.

Foi unânime, entre os alunos, que o diálogo acontecesse em formato de mesa redonda, ficando assim combinado para o próximo encontro.

4.3.6 Sexto encontro.

As respostas às questões acima listadas foram discutidas em um momento de socialização por meio de uma mesa redonda. O professor atuou como mediador, enquanto os alunos leram e discutiram as respostas. Neste encontro as discussões foram feitas por toda a turma, mas ainda é um encontro misto de problematização inicial e de organização do conhecimento, pois as descrições dos fenômenos ainda não foram dadas em sua plenitude. O objetivo principal foi apenas identificar as grandezas e fenômenos físicos sem necessariamente chegar até a explicação mais precisa.

Perguntei se algum grupo ou aluno gostaria de começar os diálogos, e, prontamente, alguns levantarão a mão e começaram a relatar as respostas. Durante os diálogos

(ver figura 17), os alunos participavam compartilhando as respostas que tinham obtido no encontro anterior. O objetivo dos relatos seria identificar quais conceitos físicos estavam presentes nas respostas.

Figura 17 - Alunos durante o sexto encontro em um momento de socialização e diálogos em formato de mesa redonda

Fonte: (Arquivo pessoal do autor)

A seguir há uma descrição das respostas dos alunos antes e após a socialização. As respostas foram coletadas da seguinte forma: antes do debate refere-se que as respostas foram redigidas no 5º encontro e após o debate refere-se que as respostas foram coletadas no 6º encontro. No final do 5º encontro os questionários foram entregues pelos grupos ao professor e no início do 6º encontro antes de se iniciar a socialização das respostas os questionários foram entregues novamente aos grupos. As respostas foram coletadas após os grupos responderem e entregarem as respostas em uma folha. As perguntas e respostas de cada grupo antes e após o debate estão descritas abaixo:

1) Como o batedor de falta consegue superar a barreira?

Grupo 1:

Antes do debate: *Pela força que ele chuta a bola e a posição do pé do jogador.*

Após o debate: *Pela força aplicada no chute em relação à distância da barreira e do gol, o ângulo de inclinação que o pé do jogador faz ao tocar a bola, pela direção do chute.*

Grupo 2:

Antes do debate: *Chutando a bola por baixo dela, calculando a distância e a altura dos jogadores da barreira.*

Após o debate: *Levaria em consideração também a força do chute e o ângulo do chute.*

Grupo 3:

Antes do debate: *Chutar a bola de maneira mais forte na parte inferior dela, tomar uma distância da bola para pegar impulso.*

Após o debate*: Levar em consideração a altura da barreira e a distância até o gol.*

Grupo 4:

Antes do debate: *Com força no chute para a bola ganhar velocidade*.

Após o debate: *Levaria em consideração a altura da barreira, a força ao chutar a bola e o ângulo de inclinação.*

Grupo 5:

Antes do debate: *Chuta por baixo da bola, fazendo inclinar-se em um ângulo.*

Após o debate: *Ângulo de inclinação do chute, força do chute, distância da cobrança até o gol.*

Pode-se notar que foram incluídos conceitos como força do chute, distância que está a barreira e o gol, altura da barreira, ângulo de inclinação do chute. Apesar de não introduzirem o conceito de velocidade inicial há uma preocupação com o impulso inicial ao pensarem na força e na direção do chute.

2) A quais variáveis ele deve ficar atento?

Grupo 1:

Antes do debate: *Não respondeu à questão.*

Após o debate: *Resistência do ar, velocidade, força, ângulo do chute.*

Grupo 2:

Antes do debate: *Força do chute.*

Após o debate: *Força, resistência do ar, aceleração, velocidade.*

Grupo 3:

Antes do debate: *Não respondeu*

Após o debate: *Força, velocidade, ângulo do chute.*

Grupo 4:

Antes do debate: *Velocidade da bola, aceleração da bola, força.*

Após o debate: *Força, velocidade, resistência do ar, peso da bola, ângulo de inclinação do chute.*

Grupo 5:

Antes do debate: *Não respondeu.*

Após o debate: *Força, velocidade, peso da bola, ângulo de inclinação.*

Os grupos 1, 3 e 5 antes do debate não tinham respondido à questão e após o debate foram introduzidos conceitos de velocidade, força, aceleração, resistência do ar, peso da bola, ângulo de inclinação do chute. Isso indicou que a discussão foi importante para os alunos se apropriarem das grandezas que influenciam o movimento.

3) É possível o goleiro pegar um pênalti batido no canto?

Grupo 1:

Antes do debate: *Não é impossível, mas é muito difícil.*

Após o debate: *Ele deve escolher o canto, antes do jogador chutar a bola, pois assim seu poder de reação será maior.*

Grupo 2:

Antes do debate: *Não respondeu à questão.*

Após o debate: *ele terá que escolher o canto antes do batedor chutar a bola, deve ficar atento também ao ângulo de inclinação do pé do jogador.*

Grupo 3:

Antes do debate: *Acho que sim*

Após o debate: *Deverá escolher antes da cobrança o canto para que possa alcançar a bola.*

Grupo 4:
Antes do debate: *Não respondeu à questão.*
Após o debate: *Ele deverá levar em consideração à inclinação do pé do jogador e decidir o canto antes da cobrança.*

Grupo 5:
Antes do debate: *Deverá sair antes do gol.*
Após o debate: *Deverá escolher antes o canto da defesa e ficar atento ao ângulo de inclinação do pé do cobrador.*

Antes do debate os grupos 2 e 4 não responderam à questão, e após os debates todos foram unanimes em responder que para que houvesse um poder de reação melhor, o goleiro deveria escolher a canto do gol ao qual iria fazer a defesa antes do chute do cobrador, levando em consideração também o ângulo de inclinação do pé do jogador ao chutar a bola.

4) Como é a batida mais difícil de ser defendida?

Grupo 1:
Antes do debate: *Com muita força no chute.*
Após o debate: *Forte, rasteiro no canto para dificultar a reação do goleiro.*

Grupo 2:
Antes do debate: *Com paradinha para enganar o goleiro.*
Após o debate: *Com força, com a bola ganhando muita velocidade, rasteiro e no canto.*

Grupo 3:
Antes do debate: *Forte e no canto, no ângulo.*
Após o debate: *Forte para que ganhe velocidade, podendo ser rasteiro no canto, ou no ângulo do goleiro.*

Grupo 4:
Antes do debate: *Não respondeu.*
Após o debate: *Forte, com velocidade e no canto rasteiro.*

Grupo 5:

Antes do debate: *Com muita força, esperando o goleiro sair para um canto e chutando no outro canto.*

Após o debate*: Com força para ganhar velocidade, no canto e rasteiro ou no ângulo.*

Podemos notar que somente o grupo 4 não tinha respondido à questão após o debate, e todos os grupos após o debate responderam à questão, incluindo as noções de força, velocidade e ângulo.

5) Como é possível fazer um gol de escanteio?

Grupo 1:

Antes do debate: *No modo como se chuta a bola.*

Após o debate: *Pela maneira com que chuta a bola, a posição do vento e sua resistência.*

Grupo 2:

Antes do debate: *Não respondeu.*

Após o debate: *Posicionamento de pé, rotação da bola, interferência do ar.*

Grupo 3:

Antes do debate: *É possível chutando com jeito e utilizando o vento, fazendo com que a bola curve.*

Após o debate*: Pela rotação da bola, o vento, o peso da bola, e a direção do chute.*

Grupo 4:

Antes do debate*: Chutando a bola em direção, com curva, com influência do vento.*

Após o debate: *Ângulo do pé, força do vento, altura, velocidade, aceleração, peso da bola, matéria que ela é feita, distância até o gol.*

Grupo 5:

Antes do debate: *Não respondeu.*

Após o debate: *A posição do pé, a rotação da bola, a resistência do ar com a bola.*

Antes do debate, os grupos 3 e 5 não haviam respondido à questão, e após o debate todos os grupos responderam à questão. Como maneiras de fazer um gol de escanteio

foram citados vários aspectos, tais como: Resistência do ar, rotação da bola, altura, velocidade, aceleração da bola, peso da bola, distância até o gol.

Os encontros 5 e 6 permitiram aos alunos discutirem em grupo e depois com a turma quais são os fatores e grandezas físicas importantes presentes em jogadas do futebol. Serviu para eles se conscientizarem da importância e da presença da ciência física nesse esporte. Nos próximos encontros eles puderam se aprofundar na organização e aplicação do conhecimento.

4.3.7 Sétimo encontro

O momento de organização do conhecimento continuou no 7º encontro, onde uma aula expositiva dialogada promoveu o estudo do MRU (movimento retilíneo uniforme) e do MRUV (movimento retilíneo uniformemente variado), além de conceitos como “queda livre”, “lançamento de projéteis”, “Leis de Newton”, “tipos de energia” e “Efeito Magnus”.

Foram abordados temas como:

- Sistemas de referência e referenciais inerciais;
- Posição e deslocamento de um objeto;
- Velocidade média;
- Movimento retilíneo uniforme;
- Velocidade instantânea e aceleração;
- Movimento retilíneo uniformemente variado e queda livre;
- Lançamento oblíquo de projéteis;
- Leis de Newton;
- Tipos de energia;
- Resistência do ar;
- Efeito Magnus;
- Ventos.

Nesse estudo foi possível analisar os seguintes fenômenos:

A – Tipos de movimentos num jogo de futebol: Foi comentado que uma bola chutada de forma rasteira em um jogo de futebol, se for rolando num pequeno trecho,

poderá ter um movimento aproximadamente uniforme. Contudo, depois de certo tempo, essa velocidade diminui e, na verdade, esse movimento é retardado.

Esses conceitos foram abordados nesse encontro para que os conceitos físicos já existentes nas respostas dos alunos pudessem estar mais consolidados e com um embasamento teórico. No início da aula os alunos ajudaram na montagem do equipamento de projeção e nesse momento pude citar que a aula seria expositiva, porém dialogada, e que eles poderiam se sentir à vontade para perguntar, expor seus pensamentos e opiniões com relação à aula e aos fenômenos físicos apresentados e dessa forma o encontro se desenvolveu.

Os diálogos foram registrados em áudio que resultou em mais de 200 minutos de duração, foi selecionado alguns trechos referentes a cada um dos conteúdos abordados, e estes trechos foram transcritos abaixo:

> **ALUNO 12:** Professor, em um livro uma vez, não sei agora dizer que livro era, mas eu li que no movimento uniforme a velocidade é constante.
> **PROFESSOR:** Para você o que é uma coisa constante.
> **ALUNO 12:** É algo que não muda, permanece a mesmo.
> **PROFESSOR**: Qual é a diferença entre velocidade média e velocidade instantânea?

O aluno 13 pediu a oportunidade de responder e disse:

> **ALUNO 13:** Posso até estar enganado mais eu penso no painel do carro do meu pai tem um lugar onde marca a velocidade do carro, aquele valor pra mim é a velocidade instantânea por que é a velocidade no momento, no instante. Para saber a velocidade média eu precisaria saber o espaço que ele percorreu e o tempo que ele gastou na viagem e dividir o espaço pelo tempo que eu descubro a velocidade média.
> **Aluno 14:** Os carros mais novos com computador de bordo eu consigo saber a velocidade média no painel, e o consumo de quilômetros por litro de gasolina.

B - Tipos de força num jogo de futebol: Existem forças atuando na bola desde o instante que num chute o pé bate na bola até ela ser agarrada pelo goleiro ou cair no solo. Quando está viajando pelo alto ela está sob a ação da gravidade, da resistência do ar e eventualmente sob a ação de ventos.

Durante a exposição dos slides, os diálogos iam acontecendo de forma natural e os alunos sempre davam suas opiniões sobre os temas aceleração, energia, queda livre, Leis de Newton.

> **ALUNO 19:** O movimento uniformemente variado é aquele que a aceleração não muda, permanece a mesmo, o que muda é a velocidade.
> **ALUNO 20:** A energia cinética aumenta quando a velocidade aumenta.
> **PROFESSOR:** Então dizemos que energia cinética e velocidade são grandezas relacionadas.
> Ao passar o slide que continha uma pista de skate (ver anexo apêndice D) o aluno 20 disse:
> **ALUNO 20:** por exemplo, nessa pista quando ele está descendo a rampa ele está ganhando velocidade e aumentando a energia cinética, quando ele está subindo a rampa ele está perdendo velocidade e diminuindo a energia cinética.
> **PROFESSOR:** Nesse caso ele está ganhando energia potencial gravitacional.
> **ALUNO 15:** É mesmo! Energia potencial gravitacional é a multiplicação da massa pela gravidade e pela altura, como na fórmula.

C - Como é possível fazer um gol de escanteio: Mostramos que esse fenômeno se deve ao chamado Efeito Magnus. Visto que se trata de um efeito complexo o explicamos de forma qualitativa para os alunos do nono ano. Relatamos para os alunos que a rotação da bola imprimida pelo chute do jogador altera as pressões ao seu redor da bola criando uma força lateral horizontal, que faz com que a trajetória se encurve de forma a conseguir surpreender os goleiros e fazer o gol. O mesmo fenômeno ocorre em faltas que fazem curvas laterais e desviam das barreiras. Essa força gerada por diferença de pressões é semelhante à força que sustenta os aviões no ar durante o voo.

O encontro foi dividido em dois momentos: o primeiro momento iniciou as 7h da manhã e foi até às 8h40min da manhã. Após esse período houve uma pausa de 8h40min até as 9h50min. E em seguida os alunos retornaram para a sala e iniciamos o segundo momento que foi de 9h50min. às 11h30min da manhã.

O intervalo serviu para que os alunos pudessem se alimentar de forma tranquila, para que eles pudessem relaxar, conversar, e esse tempo foi de fundamental importância para o decorrer do segundo período, para que fosse mais proveitoso.

Como ponto positivo desse encontro podemos destacar os diálogos, pois durante os diálogos os alunos podiam sanar eventuais dúvidas conceituais que já tinham sido citados em encontros anteriores. Apesar de a aula ser expositiva, ela transcorreu de forma dialogada em todo o seu período. Na figura 18 abaixo, temos os alunos organizados no 7º encontro.

Figura 18 - Alunos durante o sétimo encontro (aula expositiva e dialogada)

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

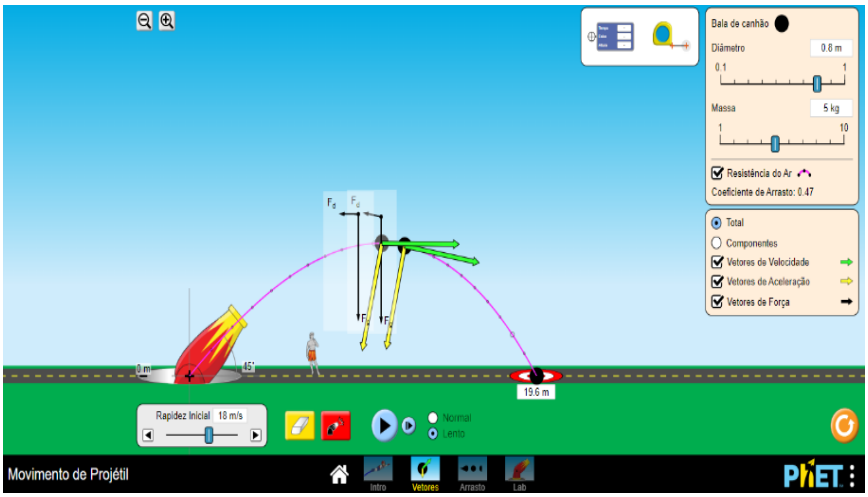
Esse encontro foi fundamental para sintetizar informações e conceitos trabalhados nos encontros anteriores, apesar da aula ser expositiva, foi durante todo o período incentivado a participação dos alunos.

4.3.8 Oitavo encontro

A partir do 8º encontro, foi feita a aplicação do conhecimento com a ida para o Laboratório de Informática. Através de um simulador do site Phet Interactive Simulations e de um pequeno questionário norteador sobre os temas, foi possível analisar lançamentos oblíquos e a atuação da força peso e da força de resistência do ar bem como o comportamento das outras grandezas e princípios físicos envolvidos.
A plataforma Phet oferece gratuitamente simulações interativas e divertidas em matemática e ciências, o que torna acessível às escolas. Convêm notar que todas as simulações desta plataforma são baseadas em pesquisas.

Na figura 19 abaixo vemos um exemplo de uma simulação Phet de lançamento oblíquo.

Figura 19 - Simulador PhET (lançamento obliquo)



Fonte: (https:// phet.colorado.edu)

Durante o encontro usando o simulador, os alunos identificaram e investigaram lançamentos de projéteis que poderiam ser semelhantes a jogadas do futebol e fazendo analogias tentaram analisar jogadas semelhantes a aquelas testadas no quarto encontro no campo de futebol.

Um fator facilitador neste encontro foi que a plataforma Phet Interactive Simulations já era conhecida dos alunos desta turma, pois eles já tinham usado ela nas aulas de matemática, o que tornou o seu manuseio um pouco mais fácil e proveitoso. Mas apesar de conhecerem a plataforma o simulador de Lançamento de Projéteis era novo para eles. Durante as simulações pude notar que eles rapidamente associaram a trajetória da bala do canhão com o gráfico da parábola de concavidade voltada para baixo e seu ponto de máximo.

Os alunos foram divididos em 4 grupos de 7 alunos e um desses alunos deveria ser o relator das respostas do questionário norteador (Ver apêndice D). Os alunos do grupo durante todo o tempo que durou o encontro poderiam se comunicar entre si ou com o professor, para que assim fosse valorizado o diálogo. De certa forma, apesar de cada grupo entregar o seu questionário as respostas foram construídas em conjunto, pois os diálogos foram primordiais para a construção das respostas.

Abaixo seguem as respostas dos 4 grupos que entregaram o questionário.

PARTE 1: Supor sem resistência do ar

1) Como o alcance, o tempo de voo e a altura dependem da velocidade de lançamento?

Resposta do Grupo 1: *Quando diminuímos a velocidade, o alcance, a altura e o tempo são menores e quando aumentamos a velocidade acontece o contrário.*

Resposta do Grupo 2: *Quando diminui ou aumenta a velocidade varia o alcance, o tempo de voo e a altura.*

Resposta do Grupo 3: *Quando diminuí a velocidade, diminui o alcance, a altura e o tempo. Quando aumenta a velocidade, aumenta o alcance, altura e tempo de voo.*

Resposta do Grupo 4: *Ao diminuir a velocidade, o alcance, a altura e o tempo serão menores e ao aumentar a velocidade aumenta o alcance, altura e tempo.*

É possível observar a vantagem de usar o simulador, pois ele permite visualizar o fenômeno, tornando mais concreto e mesmo que o aluno ainda não compreenda profundamente as equações ele pode tirar conclusões corretas a partir de investigações e visualização do que está ocorrendo. Acima percebemos que os grupos concluíram corretamente a respeito da dependência entre as grandezas.

2) Como o alcance, o tempo de voo e a altura dependem do ângulo de lançamento (varie entre 30^0, 45^0 e 75^0)?

Resposta do Grupo 1: *O alcance máximo se consegue com o ângulo de 45º, quando diminuímos ou aumentamos o ângulo, o alcance é menor ou maior dependendo do ângulo.*

Resposta do Grupo 2: *Ao se variar o ângulo pode-se aumentar ou diminuir as outras variáveis.*

Resposta do Grupo 3: *Dos ângulos 30º, 45º e 75º temos os seguintes resultados. O que possui maior altura é o de 75º, pois a inclinação é maior, porém o alcance de 75º é o menor dos três ângulos. Com relação ao alcance maior é o de 45º.*

Resposta do Grupo 4: *O ângulo de 45º possui o maior alcance e o ângulo de 75º a maior altura. Então concluímos assim que alcance e altura dependem do ângulo.*

A resposta esperada da pergunta 2 é:

- ✓ O ângulo de 45º possui alcance maior, seguido de 30º e o alcance menor foi o de 75º.
- ✓ O ângulo de 75º possui altura maior, seguido de 45º e a altura menor foi o de 30º.
- ✓ O ângulo de 75º possui tempo de voo maior, seguido de 45º e o tempo de voo menor foi o de 30º.

Percebemos que todos os grupos concluíram que as grandezas, alcance, o tempo de voo e a altura dependem do ângulo de lançamento, embora nenhum dos grupos tenha falado nada explicito sobre o tempo de voo. Três grupos concluíram que o alcance máximo ocorre em 45º, dois grupos concluíram que a altura maior é para 75º e um grupo concluiu que o alcance menor ocorre em 75º. Embora nenhum grupo tenha dado a resposta correta completa a simulação permitiu aos grupos aprimorarem seus conhecimentos.

3) Existem dois ângulos diferentes que dão o mesmo alcance? Se sim quais?

Resposta do Grupo 1: *São vários ângulos, por exemplo 30° e 60°, 25° e 65°, 70° e 20° dentre outros.*
Resposta do Grupo 2: *Sim os ângulos complementares cuja soma é igual a 90°.*

Resposta do Grupo 3: *Sim, 30º e 60º, 20º e 50º, 25º e 65º, 15º e 85º dentre outros ângulos.*

Resposta do Grupo 4: *Sim, por exemplo 30º e 60º e outros também, desse que a soma deles seja igual a 90º e a velocidade não altere.*

Observamos que todos os grupos chegaram à conclusão correta para a pergunta, que existem esses ângulos com alcances iguais e que eles devem ser complementares, isto é, (45 – X)º e (45 +X)º para 0<X<45.

4) Como o alcance, tempo de voo e altura depende da massa do objeto?

Resposta do Grupo 1: *Sem a resistência do ar o objeto com a mesma massa tem o mesmo tempo e altura.*

Resposta do Grupo 2: *Ao variar a massa varia também para mais ou para menos o alcance, tempo de voo e altura.*

Resposta do Grupo 3: *As variáveis estão todas relacionadas, quando se varia uma delas também varia a outra, são dependentes.*

Resposta do Grupo 4: *Independente da massa do objeto se a velocidade é a mesma e não há resistência do ar, então não muda o alcance, tempo de voo e altura.*

Somente o grupo 4 respondeu corretamente que o alcance, o tempo e a altura independem da massa do objeto. Curiosamente os outros 3 grupos responderam errado a essa simples observação realizada através do simulador. Assim ou eles manusearam errado o simulador ou não fizeram a simulação e responderam baseado no senso comum de forma equivocada.

5) Como o alcance, tempo de voo e altura depende do diâmetro do objeto?
Resposta do Grupo 1: *Independente do diâmetro do objeto se não há resistência do ar eles irão ter o mesmo tempo, distância e altura.*

Resposta do Grupo 2: *Ao variar o alcance varia também para mais ou para menos o alcance, tempo de voo e altura.*

Resposta do Grupo 3: *Se não há resistência do ar, e não há variação de velocidade, independente do diâmetro o alcance, tempo de voo e altura serão os mesmo para todos os objetos.*

Resposta do Grupo 4: *Independente do diâmetro do objeto se a velocidade é a mesma e não há resistência do ar, eles irão ter o mesmo tempo, distância e altura.*

Três grupos chegaram à resposta correta de que o alcance, o tempo e a altura independem do diâmetro do objeto. Contudo 1 grupo não conseguiu perceber isso mesmo com a ajuda do simulador.

6) Compare os tempos de subida e de descida. O que se pode concluir?

Resposta do Grupo 1: *O tempo de subida é o mesmo tempo de descida.*

Resposta do Grupo 2: *Sem resistência do ar o tempo de subida e descida são os mesmos.*

Resposta do Grupo 3: *O tempo de subida e descida é o mesmo.*

Resposta do Grupo 4: *Mesmo tempo de subida e de descida.*

Observamos que todos os grupos chegaram à conclusão correta para a pergunta, de que os tempos de subida e descida são iguais.

7) Uma hipotética variação da aceleração da gravidade influenciaria os valores de quais grandezas?
Resposta do Grupo 1: *Influenciaria na altura, velocidade e tempo.*

Resposta do Grupo 2: *Altura, velocidade e tempo.*

Resposta do Grupo 3: *Altura, velocidade e tempo.*

Resposta do Grupo 4*: Na altura, velocidade e no tempo.*

Todos perceberam que variações da aceleração da gravidade alterariam o valor de várias grandezas. Apesar do alcance não ser citado acreditamos que houve um entendimento da questão.

8) Como se comportam as componentes horizontal e vertical da velocidade ao longo do movimento? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *As componentes horizontal e vertical se comportam formando um ângulo de 90°, ou seja, são perpendiculares.*

Resposta do Grupo 2: *São perpendiculares, pois forma um ângulo de 90º entre eles.*
Resposta do Grupo 3: *Elas formam um ângulo de 90º. Ou seja são vetores perpendiculares.*

Resposta do Grupo 4: *Formam vetores perpendiculares (90º).*

A resposta esperada era que observassem que a componente x horizontal é sempre constante em módulo, direção e sentido, enquanto que a componente vertical y diminui na subida, se anula no ponto mais alto da trajetória e aumenta novamente na descida recuperando seus valores iniciais em módulo. E que a componente y possui sentido variável, além do valor.

Contudo para nossa surpresa os grupos só concluíram que o ângulo entre as componentes é de 90º, o que já era esperado que eles soubessem. Mas devemos lembrar que os alunos são de nono ano e esse conhecimento ainda não estava consolidado, então de certa forma podemos considerar uma conclusão válida. Contudo em outra aplicação desse questionário convém reformular a pergunta da seguinte forma: *“Como se comportam as componentes horizontal e vertical da velocidade ao longo do movimento, em relação ao módulo (tamanho do vetor), direção e sentido? Existe algum ponto que essas componentes são nulas? Explique por que”?*

PARTE 2: Com resistência do ar e mantendo fixos a velocidade, o ângulo e a aceleração da gravidade.

1) Como o alcance, tempo de voo e altura depende da massa? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *Quando variar a massa, irá variar o alcance, a altura e o tempo de voo.*

Resposta do Grupo 2: *Após variar a massa, todas as outras variáveis mudarão.*

Resposta do Grupo 3: *Irá variar o alcance, a altura e o tempo de voo.*

Resposta do Grupo 4: *Quando mudar a massa para mais ou para menos, o alcance, a altura e o tempo de voo também mudarão para mais ou para menos.*

Aumentando a massa temos o aumento da força peso, mas não haveria aumento da força de resistência do ar que depende das dimensões do objeto. Assim, com o aumento da massa, a ação da frenagem da resistência do ar seria minimizada e o alcance, o tempo de voo e a altura aumentariam. Por outro lado, com a diminuição da massa essas grandezas diminuiriam devido ao aumento relativo da ação da resistência do ar em comparação com o peso. Assim, com a resistência do ar essas grandezas passariam a depender da massa, ao contrário do que ocorre no vácuo.

Todos os grupos perceberam a dependência dessas grandezas em relação a massa na presença da resistência do ar, porém somente o grupo 4 perceber que o aumento da massa aumentaria o valor das grandezas. Contudo nenhum grupo explicou por que isso ocorre.

2) Como o alcance, tempo de voo e altura depende do diâmetro? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *Variando o diâmetro irá variar a altura, o alcance e o tempo de voo.*

Resposta do Grupo 2: *Após variar o diâmetro irá variar a altura, o alcance e o tempo de voo.*

Resposta do Grupo 3: *Irá variar a altura, o alcance e o tempo de voo.*

Resposta do Grupo 4: *Quando o diâmetro, muda também a altura, o alcance e o tempo de voo.*

Aumentando o diâmetro temos o aumento da força de resistência do ar, mas não haveria aumento da força peso, que depende somente da massa do objeto. Assim, com o aumento do diâmetro, a ação da frenagem da resistência do ar seria aumentada e o alcance, o tempo de voo e a altura diminuiriam. Por outro lado, com a diminuição do diâmetro essas grandezas aumentariam devido à redução relativa da ação da resistência do ar em comparação com o peso. Assim, com a resistência do ar essas grandezas passariam a depender do diâmetro, ao contrário do que ocorre no vácuo.

Todos os grupos perceberam a dependência dessas grandezas em relação ao diâmetro do objeto na presença da resistência do ar, porém nenhum grupo explicou por que isso ocorre e o tipo de relação entre as grandezas.

3)Como se comportam as forças peso (FP) e as componentes vertical (Fdy) e horizontal (Fdx) da resistência do ar ao longo do movimento? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *Na subida a força peso e a componente vertical estão na mesma direção e o mesmo sentido e no momento da descida a força peso e componente vertical estão na mesma direção, mas em sentidos contrários. Em ambos os casos a força horizontal é perpendicular à força peso e a força vertical.*

Resposta do Grupo 2: *Na subida (mesma direção e sentido) na descida (mesma direção, mas sentidos contrários). E a força horizontal é perpendicular à força peso.*

Resposta do Grupo 3: *Na subida elas têm mesma direção e sentido na descida mesma direção e sentidos contrários.*

Resposta do Grupo 4: *Na subida a força peso e a componente vertical possuem a mesma direção e o mesmo sentido, no ponto mais alto elas se anulam e na descida possuem mesma direção e sentidos contrários. A força horizontal é perpendicular a força vertical no ponto mais alto.*

A resposta esperada aqui é que a força peso é sempre constante em módulo, direção e sentido para baixo, enquanto que as componentes da força de resistência do ar Fdx e Fdy dependem fortemente da velocidade. Visto que mesmo em presença da resistência do ar a componente horizontal da velocidade varia pouco, então a componente horizontal da resistência do ar Fdx diminui um pouco somente durante movimento, sendo, portanto, quase constante.

Já a componente vertical da velocidade varia muito com ou sem resistência do ar e assim a componente vertical da resistência do ar Fdy varia muito. Durante a subida a componente Fdy diminui até zerar no ponto mais alto e depois ela aumenta novamente durante a descida, mas não consegue atingir os mesmos valores da subida, uma vez que devido à resistência do ar as velocidades de descida, num mesmo nível, são sempre menores que as velocidades de subida.

Todos os grupos identificaram corretamente que na subida a força peso e a componente vertical Fdy estão na mesma direção e o mesmo sentido e no momento da descida a força peso e componente vertical estão na mesma direção, mas em sentidos contrários. Os grupos 1, 2 e 4 também afirmaram que a componente horizontal Fdx é perpendicular ao peso e a componente vertical Fdy, mas isso não representa uma descoberta muito relevante. Somente o grupo 4 afirmou que ocorre algum açulamento de forças no ponto mais alto, mas não especificaram qual.
Nessa pergunta houve algum progresso nas respostas, contudo devido à complexidade da questão os grupos não apresentaram respostas completas. Acreditamos que seja melhor reformular essa questão separando-a em mais de uma questão e definindo melhor o que queremos que os grupos analisem. A reformulação poderia ser:

- *3.1 – Observe o vetor peso ao longo do movimento e analise se ocorrem alterações em módulo (valor ou tamanho do vetor), direção ou sentido? Qual a causa de ocorrer ou não alterações?*
- *3.2 – Observe a componente horizontal Fdx da força de resistência do ar ao longo do movimento e analise se ocorrem alterações em módulo (valor ou tamanho do vetor), direção ou sentido? Qual a causa de ocorrer ou não alterações?*

- *3.3 – Observe a componente vertical Fdy da força de resistência do ar ao longo do movimento e analise se ocorrem alterações em módulo (valor ou tamanho do vetor), direção ou sentido? Qual a causa de ocorrer ou não alterações?*

4) Existe algum ponto durante o movimento onde o Peso FP é nulo? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *Sim, quando estão no chão existe uma força normal, contrária a força peso fazendo que ela se anule.*

Resposta do Grupo 2: *Sim, no chão, pois elas se anulam.*

Resposta do Grupo 3: *Sim, no chão, pois no chão a força peso se anula.*

Resposta do Grupo 4: *Sim, quando está no chão.*
Nenhum grupo respondeu corretamente que o peso do objeto estando na Terra nunca seria nulo. Responderam que o peso pode se anular com a força normal quando este está no chão, mas isso representa um não entendimento do que é uma força e do que é a força peso.

5) Existe algum ponto durante o movimento onde a componente vertical (Fdy) é nula? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *Sim, ela é nula em dois pontos, no mais alto e quando chega ao chão.*

Resposta do Grupo 2: *Sim, quando chega ao chão.*

Resposta do Grupo 3: *Sim, no ponto mais alto e no ponto mais baixo pois elas se encontram no mesmo ponto.*

Resposta do Grupo 4: *Sim, no ponto mais alto e no mais baixo.*

A resposta correta é somente no ponto mais alto onde a componente y da velocidade é nula e assim Fdy=0. Contudo pode-se considerar correto também que a força de resistência do ar seja numa no solo, embora esses momentos não façam parte do lançamento de projéteis.

6) Existe algum ponto durante o movimento onde a componente horizontal (Fdx) é nula? Explique por quê?

Resposta do Grupo 1: *Sim, no chão.*

Resposta do Grupo 2: *Sim, no chão, pois não existe aceleração.*

Resposta do Grupo 3: *Sim, no chão pois a velocidade horizontal é nula.*

Resposta do Grupo 4: *Sim, no chão.*

A resposta correta é no chão quando a bola está em repouso, pois nesse momento a velocidade é nula. Somente o grupo 3 acertou essa resposta embora todos os grupos responderam corretamente que seria quando o objeto estivesse no chão. O grupo 2 tentou explicar porque afirmando que era devido a aceleração ser nula, o que não está correto.

7) Você pode concluir que a força de resistência do ar depende de quais fatores? Explique por quê?
Resposta do Grupo 1: *Vários fatores influenciam, mais principalmente o coeficiente de arrasto.*

Resposta do Grupo 2: *Massa do objeto, do coeficiente de arrasto.*

Resposta do Grupo 3: *Massa e diâmetro do objeto, coeficiente de arrasto, velocidade do objeto, gravidade, aceleração.*

Resposta do Grupo 4: *Do coeficiente de arrasto.*

Esperávamos que os grupos identificassem que a força de resistência do ar dependesse da velocidade do objeto, do diâmetro do objeto e também do coeficiente de arrasto que aparece no simulador. Todos os grupos identificaram a dependência com o coeficiente de arrasto e somente um grupo mencionou a dependência com a velocidade. Dois grupos disseram erradamente que ela depende da massa e um grupo afirmou que dependeria da gravidade e da aceleração. Isso demonstra que os alunos tiveram dificuldades em executar a simulação e em extrair conclusões válidas a partir delas.

Além dos questionários respondidos e entregues pelos grupos relatados anteriormente, abaixo serão relatados alguns diálogos que aconteceram durante o 8º encontro e foram coletados por meio de áudio e digitados posteriormente. Durante as atividades no simulador (ver figura 20) foi questionado se os alunos sabiam qual o ângulo que teria o alcance máximo.

> **ALUNO 1:** O ângulo que atinge o alcance máximo é o ângulo de 45º, eu sei por que durante a construção dos foguetes para a OBA.

Os alunos já tinham feito uma atividade de fabricação de foguetes quando participaram da Olimpíada brasileira de Astronomia e Astronáutica e durante a confecção dos foguetes eles descobriram que o ângulo ao qual o foguete atingiria o alcance máximo seria o ângulo de 45º.

> **ALUNO 2:** Mas quando se altera a velocidade também se altera o alcance, as vezes o alcance é maior ou as vezes menor.

Figura 20 - Alunos durante o oitavo encontro usando o simulador Phet no laboratório de informática

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

Os diálogos continuaram com relação aos ângulos e seus alcances.

> **ALUNO 3:** Existem ângulos diferentes tipo 30º e 60º que possuem o mesmo alcance.

Neste oitavo encontro, o professor atuou como mediador caminhando por entre os grupos e, algumas vezes, interagia com eles esclarecendo algumas dúvidas sem dar todas as respostas e deixando-os pensarem e responderem dentro do grupo. Segue abaixo uma fala do professor.

> **PROFESSOR:** Esses ângulos são chamados de complementares, ou seja, a soma deles é igual a 90º, por exemplo, 20º e 70º, 50º e 40º dentre outros.
> **ALUNO 4:** Quando simulei com a resistência do ar e sem a resistência do ar deu uma diferença muito grande.
> **ALUNO 5:** Sem resistência do ar o tempo de subida é igual ao tempo de descida e independente da massa os objetos chegam à mesma altura e possuem o mesmo alcance.
> **ALUNO 6:** Mas isso se a velocidade for a mesma, porque se a velocidade for diferente aí muda a altura e o alcance.
> **ALUNO 7:** Notei aqui que as forças horizontais e verticais são perpendiculares.
> A ideia de perpendicularidade é um assunto presente nas aulas de matemática devido ao fato de eles já terem estudado relações métricas no triângulo retângulo e o Teorema de Pitágoras.
> **ALUNO 8:** O sentido da força peso e da normal muda com o decorrer do lançamento, tem momentos que está no mesmo sentido e tem momentos que estão em sentidos contrários.
> **ALUNO 9:** Estou vendo aqui que na subida a força vertical e a normal têm a mesma direção e sentido, na descida tem mesma direção mais em sentidos contrários.

ALUNO 10: Existem alguns ângulos que quando lançamos um objeto eles possuem uma maior altura e outros que possuem um maior alcance. Mas o alcance máximo realmente é o ângulo de 45º não tem outro igual.

PROFESSOR: Conseguiram identificar o ângulo que após lançarem o objeto ele irá atingir a altura máxima?

ALUNO 11: Fiz várias simulações aqui e se você mantiver a mesma velocidade e sem resistência do ar, a maior altura é aquele lançado com um ângulo de 90º.

ALUNO 12: Realmente é 90° mesmo.

ALUNO 13: Nossa quando se coloca a resistência do ar e troca de objeto, os resultados são bem diferentes para cada um deles, na altura e no alcance deles.

PROFESSOR: Você manteve a mesma velocidade e variou somente o objeto?

ALUNO 13: Sim, e deu resultados diferentes para cada um deles.

PROFESSOR: Varie agora o coeficiente de arrasto e mantenha a velocidade e o objeto e veja o que acontece?

ALUNO 14: Quando você aumenta o coeficiente de arrasto diminui a altura e o alcance e quando você vai diminuindo o coeficiente aumenta o alcance e a altura. O arrasto atrapalha muito.

Desta forma o oitavo encontro foi muito importante tanto do ponto de vista de investigação quanto de dialogicidade dentro dos grupos.

4.3.9 Nono encontro

Durante o 9º encontro, retomou-se a pergunta: *"Como é possível fazer um gol de escanteio?"* Junto aos alunos, investigou-se que tipo de mecanismo poderia possibilitar o efeito de curva da bola. Não foram fornecidas respostas prontas, a fim de estimular a capacidade investigativa dos alunos a respeito deste fenômeno. Foram passados para os alunos os seguintes tópicos para serem pesquisados como possíveis causas para o Efeito Magnus que encurva a bola após o chute num gol de escanteio:

- O "giro da bola em torno do seu próprio eixo".
- O "atrito do ar sobre a bola".
- A "diferença de pressão".
- A "trajetória determinada pela força de gravidade".
- A "resistência do ar".

Para essa análise, os alunos foram novamente levados ao Laboratório de Informática. No laboratório os alunos fizeram uma pesquisa acerca do efeito Magnus, sua ocorrência e aplicabilidade no cotidiano.

Os alunos fizeram a pesquisa em dupla no laboratório de informática. Os sites pesquisados eram de livre escolha pelos alunos. Os alunos poderiam fazer resumos e desenhos do tema (Efeito Magnus) e após a pesquisa deveriam entregá-la ao professor.

Os alunos ao final pediram para levar os resumos para casa para que organizassem melhor os textos que iriam entregar, e assim trariam na próxima aula para serem entregues os resumos. O pedido dos alunos foi aceito para que além deles organizarem melhor o que tinham pesquisado eles pudessem se assim quisessem pesquisar um pouco mais sobre o tema proposto.

O principal objetivo desse encontro além de conhecer um pouco mais sobre o Efeito Magnus era incentivar a pesquisa como ferramenta de aquisição de conhecimento. O fato de a pesquisa ser de livre escolha os levou para diversos sites e vídeos sobre o tema e com isso eles poderiam comparar opiniões e assim decidir sobre o seu resumo sobre o tema.

Os resultados das pesquisas foram escaneados e se encontram no apêndice E. Como a pesquisa foi feita em dupla, logo ao final resultaram em 14 pesquisas entregues.

Antes de irem ao laboratório de informática as orientações foram dadas na sala de aula (ver figura 21) sobre o tema da pesquisa, que a pesquisa seria em duplas e que deveria ser entregue para o professor, ao final do encontro, o resumo do que eles haviam pesquisado.

Figura 21 - Alunos durante o nono encontro antes de irem ao laboratório de informática

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

Na aula seguinte, como combinado na aula anterior, todos os alunos entregaram a pesquisa em folha separada.

4.3.10 Décimo encontro

Neste encontro, foi aplicado o mesmo questionário do momento inicial (do pré-teste), com a finalidade de reavaliar a formação conceitual dos alunos. Na figura 22 vemos os alunos fazendo o pós-teste.

Figura 22 - Alunos durante o décimo encontro durante a aplicação do pós-teste.

Fonte: (Arquivo pessoal do autor).

O questionário foi recolhido após o tempo de aplicação de 2 aulas. A análise do pós-teste e a sua comparação com o pré-teste será apresentada no próximo capítulo.

4.3.11 Décimo primeiro encontro

Para finalizar a aplicação da proposta foram feitas entrevistas que foram gravadas em áudio. Expliquei que nas entrevistas os alunos poderiam fazer observações que eles notaram durante a proposta, tirar possíveis dúvidas, assinalar pontos que eles consideraram positivos ou negativos e se eles tinham sugestões para apontarem.

As entrevistas aconteceram no laboratório de Informática. Os alunos foram separados em grupos de, no máximo 4 alunos, e, durante a entrevista de um determinado grupo.

Os outros grupos aguardavam no lado de fora. Foram reservadas 3 aulas para essas entrevistas.

5 ANÁLISE DE DADOS

A análise dos dados foi feita de forma qualitativa através do questionário de conhecimentos prévios, questionário de avaliação final, questionários realizados durante os encontros, diário de bordo, entrevistas, áudios e vídeos gravados. O questionário de conhecimentos prévios e o questionário de avaliação final serviram de instrumentos de análise para compreender o desenvolvimento conceitual dos alunos antes e após a intervenção.

Os questionários usados encontram-se nos apêndices da dissertação e a estrutura da análise dessas questões foi baseada no trabalho de Mestrado de Cândido (2018), no qual se utilizou as técnicas de análise de conteúdos descritas por Bardin (1997), que as define como:

> Um conjunto de técnicas de análises de comunicações visando obter, por procedimentos, sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens. (BARDIN, 1997, p. 42).

Para entender as opiniões e o grau de conformidade em relação a certa sentença negativa ou afirmativa sobre conceitos físicos presente foi utilizada a escala Likert. Assim avaliamos o nível de concordância ou discordância do conceito estudado.

5.1 Respostas dos Questionários pré-teste e pós-teste.

As questões 03, 11, 12, 13, 14 e 22 são do tipo Likert e serão analisadas posteriormente.

Questão 1: O que você entende por velocidade?

Objetivo da questão: Identificar os conhecimentos dos alunos sobre o conceito de velocidade.

Antes da Intervenção:

Tabela 3- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 1 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação das respostas	Subclassificação de respostas	Número de alunos antes da intervenção.	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	É um modo de rapidez, relacionando distância e tempo.	3	8 (28,6%)
	É algo que mede o quanto rápido um objeto está.	2	
	São valores relacionados com espaço percorrido e o tempo que demorou.	3	
	Relacionado a mais rápido e mais lento	8	
Parcialmente Corretas	Relacionado com a aceleração do objeto	2	14 (50%)
	Movimento durante um percurso.	4	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não Respondeu	6	6 (21,4%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Os resultados indicaram que a grande maioria dos alunos (78,6%) conhecia bem ou parcialmente bem o conceito científico de velocidade. Isso confirma que esse conceito é bem intuitivo e é um dos primeiros que os alunos incorporam em sua estrutura cognitiva.

Após a intervenção:

Tabela 4- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 1 do questionário de avaliação final.

Classificação das respostas	Subclassificação de respostas	Número de alunos após a intervenção.	Número de alunos por classificação das repostas após a intervenção
Respostas Corretas	É a razão entre a distância percorrida e o tempo gasto	12	20 (71,4%)
	É o espaço percorrido dividido pelo tempo gasto.	8	
Parcialmente Corretas Respostas	Relação entre espaço e tempo	6	6 (21,4%)
Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	2	2 (7,2%)

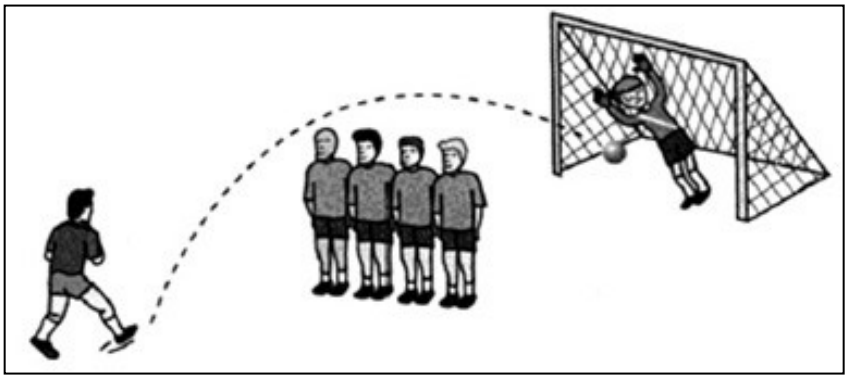
Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 28,6% para 71,4%, indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico de velocidade. Antes da intervenção 14 alunos (50%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e houve uma evolução deles para o conceito correto após a intervenção. O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente também diminuiu de 6 para 2.

Notamos que a intervenção contribuiu para um aprendizado operacional sobre o conceito de velocidade, uma vez que 71,4% passaram a saber como calculá-la a partir de uma razão ou divisão. Acreditamos que isso se deve à atividade prática de calcular a velocidade média das cobranças de pênaltis e de jogadas de linha de fundo. Isso pode indicar que atividades práticas onde o aluno executa experimentos tornam a aprendizagem mais significativa e duradoura na estrutura cognitiva do aluno.

Questão 2: Explique como você calcularia a velocidade média de uma cobrança de falta (figura 23) até a bola chegar ao gol supondo que ela não bata em nenhum jogador no caminho.

Figura 23- Simulação de uma cobrança de Falta em direção ao gol



Fonte (Elaborada pelo autor)

Objetivo da questão: Identificar as variáveis envolvidas no cálculo da velocidade média e calcular a velocidade média da bola em uma cobrança de falta.

Antes da Intervenção:

Tabela 5- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 2 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Razão entre espaço e tempo	1	1(3,57%)
Parcialmente Corretas	Está relacionado com o espaço e o tempo gasto	8	20(71,43%)
	Usar alguma fórmula	12	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não sei	3	7(25%)
	Não respondeu	4	

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analisando as respostas antes da intervenção pode-se notar que 1 aluno (3,57%) respondeu corretamente à questão, 20 alunos (71,43%) deram uma resposta parcialmente correta e 7 alunos (25%) responderam incorretamente à questão. O resultado indica que apesar de conhecerem razoavelmente bem o conceito prévio de

velocidade poucos (3,57%) demonstraram condições de calcular a velocidade na prática.

Após a intervenção:

Tabela 6- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 2 do questionário de avaliação final.

Classificação	**Subclassificação das Respostas**	**Número de alunos após a intervenção**	**Número de alunos por classificação das repostas após a intervenção**
Respostas Corretas	Razão entre deslocamento escalar e o tempo gasto	10	18(64,29%)
	$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta T}$	8	
Parcialmente Corretas	Está relacionado com o espaço e o tempo gasto	6	9(31,14%)
	Razão entre grandezas	3	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	1	1(3,57%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 3,57% para 64,29%, indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 20 alunos (71,43%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e houve uma evolução deles para o conceito correto após a intervenção. O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente também diminuiu de 7 (25%) para 1 (3,57%).

Percebe-se que a proposta conseguiu ensinar como calcular a velocidade a 64,29% dos alunos, indicando uma ótima eficiência na aprendizagem. O fato de não atingir um percentual maior pode ser explicado pelo fato de nem todos os alunos terem realizados os cálculos das velocidades médias das cobranças de pênaltis e das jogadas de linhas de fundo, uma vez que as atividades foram em grupo.

Questão 4: Explique porque a trajetória da bola na figura 23 é uma curva no qual a bola sobe e depois desce?

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno acerca de lançamento oblíquo e o papel da aceleração da gravidade na mudança da direção do movimento parabólico.

Antes da Intervenção:

Tabela 7- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 4 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	**Subclassificação das Respostas**	**Número de alunos antes da intervenção**	**Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção**
Respostas Corretas	Pela força e posição do chute que determina a direção e da aceleração da gravidade que causa a descida da bola.	2	6(21,43%)
	Devido a queda livre dos corpos	1	
	Sobe devido à velocidade causada pela força do chute e cai devido a gravidade.	3	
Parcialmente Corretas	Está relacionado com força, velocidade da bola e da gravidade.	6	12(42,86%)

	Vai perdendo velocidade e depois ela cai	6	
	Ganha velocidade na subida e perde na descida.	9	
Respostas Incorretas ou não respondidas			10(35,71%)
	Não respondeu	1	

Fonte (Elaborada pelo autor)

Os alunos citaram nas respostas a força, aceleração da gravidade, velocidade e queda livre, aumento de velocidade na subida e perda de velocidade na descida. Sendo que 6 alunos (21,43%) responderam corretamente a questão, 12 alunos (42,86%) deram respostas parcialmente corretas e 10 alunos (35,71%) responderam incorretamente a questão.

Os resultados indicaram que quase metade (12 em 28) conhecia a existência da gravidade, porém somente 6 em 28 sabiam que a gravidade é uma aceleração que altera a velocidade.

Após a intervenção:

Tabela 8- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 4 do questionário de avaliação final.

Classificação	**Subclassificação das Respostas**	**Número de alunos após a intervenção**	**Número de alunos por classificação das repostas após a intervenção**
Respostas Corretas	Devido ao deslocamento horizontal uniforme e queda livre	8	15(53,57%)
	Subida deve-se a direção do lançamento e a decida a aceleração da gravidade.	7	

Parcialmente Corretas	Está relacionado com força, velocidade da bola e da gravidade.	7	12(42,86%)
	Vai perdendo velocidade e depois ela cai	5	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	1	1(3,57%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 21,43% para 53,57%, indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 12 alunos (42,86%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor se manteve constante após a intervenção. O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 10 (35,71%) para 1 (3,37%).

A intervenção didática propiciou que mais da metade (53,57%) dos alunos passassem a compreender a gravidade como uma aceleração que provoca redução e depois aumento da velocidade e que é a principal responsável pelo fato da trajetória ser parabólica. Esse percentual talvez não seja muito significativo ao final do primeiro ano do ensino médio, mas para o nono ano do ensino fundamental de uma escola pública onde a pesquisa foi realizada se trata de um percentual bem alto.

Questão 5: O que você entende por aceleração?

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos dos alunos acerca do conceito de aceleração.

Antes da intervenção:

Tabela 9- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 5 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção

Respostas Corretas	Aumento ou a perca da velocidade de um objeto em um intervalo de tempo.	3	3(10,71%)
Parcialmente Corretas	Relaciona-se com a força que leva um objeto a se mover mais rápido.	8	15(53,57%)
	Quanto mais força mais aceleração.	7	
	É o que mantem a sempre a velocidade constante.	6	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	1	10(35,72%)
	Não sei.	3	

Fonte (Elaborada pelo autor)

O número de alunos que relacionaram corretamente a aceleração com a velocidade, força foi de 3 (10,71%), sendo que 15 (53,57%) dos alunos tiveram respostas parcialmente corretas e 10 (35,72%) dos alunos tiveram respostas incorretas ou não respondidas. Esses resultados indicaram que os alunos já tinham um razoável conhecimento prévio de aceleração que obtiveram do dia a dia, semelhante ao que ocorreu com o conceito de velocidade.

Após a intervenção:

Tabela 10- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 5 do questionário de avaliação final.

Classificação	**Subclassificação das Respostas**	**Número de alunos após a intervenção**	**Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção**
Respostas Corretas	Aceleração é a taxa de variação temporal da velocidade	12	12(42,86%)

Parcialmente Corretas	O que causa o ganho ou perda da velocidade durante um trajeto	9	15(53,57%)
	É uma grandeza vetorial	3	
	É o que faz variar a velocidade	3	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	1	1(3,57%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 3 (10,71%) para 12 (42,86%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 15 alunos (53,57%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor se manteve constante após a intervenção. O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 10 (35,71%) para 1 (3,37%).

Após a intervenção os alunos obtiveram um conceito científico mais preciso e de como se calcula de fato a aceleração, inclusive que se trata de uma grandeza vetorial associada à variação do vetor velocidade.

Questão 6: Você acha que existe relação entre velocidade e aceleração? Explique?

( ) Sim ( ) Não.

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos dos alunos acerca da relação entre velocidade e aceleração.

Antes da intervenção:

Tabela 11- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 6 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Sim pois a aceleração indica perda ou ganho de velocidade	5	5(17,86%)
Parcialmente Corretas	Sim, quando a velocidade altera a aceleração ou desaceleração	2	19(67,86%)
	Sim, a aceleração gera a velocidade	7	
	Sim (não houve justificativa)	7	
	Sim, essas grandezas precisam uma da outra	3	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não pois a velocidade muda mais a aceleração é sempre constante.	2	4(14,28%)
	Não existe relação	2	

Fonte (Elaborada pelo autor)

Nas respostas do questionário de conhecimentos prévios observa-se que 5 (17,86%) dos alunos responderam corretamente as questões, 19 (67,86%) dos alunos deram respostas parcialmente corretas e 14 (14,28%) tiveram respostas incorretas ou não respondidas. Apesar da maioria dos alunos terem razoável conhecimento da relação entre velocidade e aceleração, somente 17,86% tinham a noção clara de que a aceleração gera variação de velocidade.

Após a intervenção:

Tabela 12 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 6 do questionário de avaliação final.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após a intervenção

Respostas Corretas	Sim pois se há variação da velocidade então existe aceleração	10	16 (57,14%)
	Sim pois de acordo com a aceleração a velocidade pode diminuir ou aumentar	6	
Parcialmente Corretas	Sim, os dois são grandezas vetoriais.	4	8 (28,75%)
	Sim, essas grandezas estão diretamente relacionadas.	4	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Sim, a aceleração é igual a velocidade	3	4(14,29%)
	Não existe relação	1	

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 5 (17,86%) para 16 (57,14%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 19 alunos (67,86%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor passou para 8 (28,57%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 14 (14,28%) para 4 (14,29%).

Percebe-se que após a intervenção a maioria dos alunos (57,14%) passou a saber a relação correta entre as grandezas, isto é, a aceleração como associada a variação da velocidade. Essa relação foi trabalhada nas análises dos vídeos, na aula dialogada e também na simulação computacional, reforçando a ideia que o aprendizado se realiza em vários momentos pedagógicos como defendido pela metodologia dos 3MP e através de variadas metodologias.

Questão 7: Que tipos e quais as causas das acelerações que atuam na figura 23? Em quais momentos elas atuam desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro?

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno acerca das causas da aceleração da bola durante a trajetória da bola após uma cobrança de falta.

Antes da intervenção:

Tabela 13- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 7 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Chute na bola, gravidade e amortecimento da mão do goleiro	2	2(7,14%)
Parcialmente Corretas	Aceleração devido ao chute da bola.	12	16(57,14%)
	Perda e ganho de velocidade após o chute até chegar ao gol	4	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	10	10(35,72%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analisando a tabela notamos que 2 (7,14%) alunos responderam corretamente a questão, 16 (57,14%) alunos responderam parcialmente corretas e 10 (35,72%) alunos deram respostas incorretas ou não respondidas.

Poucos alunos (7,14%) lembraram que a gravidade é uma aceleração, nenhum associou a resistência do ar com uma desaceleração e a maioria atribuiu a aceleração somente ao impulso inicial dado pelo chute, isto é, a maioria achou que nenhuma força atua sobre a bola durante seu trajeto.

Após a intervenção:

Tabela 14- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 7 do questionário de avaliação final.

Classificação	Subclassificação das respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção
Respostas corretas	Aceleração provocada pelo chute, aceleração da gravidade, resistência do ar e desaceleração da bola ao goleiro encaixar a bola.	10	10(35,71%)

Parcialmente corretas	A gravidade, o ganho de energia potencial na subida e perda de energia potencial na descida da bola.	3	15(53,57%)
	Força do chute.	6	
	Aceleração da gravidade.	6	
Respostas incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	3	3(10,72%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 2 (7,14%) para 10 (35,71%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 16 alunos (57,14%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor reduziu para 15 (53,57%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 10 (35,72%) para 3 (10,72%).

Após a aplicação da proposta a maioria (89,42%) passou a ter o conhecimento de que a gravidade é uma aceleração gerada pela força peso e que está o tempo todo presente no trajeto da bola, sendo tão importante e determinante para a trajetória quanto o chute inicial dado. Uma parte considerável (35,71%) passou a atribuir também à resistência do ar e ao encaixe do goleiro a natureza de forças que atuam na bola gerando desacelerações.

Enfatizamos que ensinamos a resistência do ar usando as simulações computacionais, o que não é feito nas abordagens tradicionais nem no ensino médio. Defendemos a importância de se estudar a física real e não a física idealizada abordada nos livros textos como uma forma de atrair o interesse do aluno para a ciência.

Questão 8: O que você entende por força?

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno com relação ao conceito de força e sua relação com a mudança de estado de repouso ou movimento de um corpo.

Antes da intervenção:

Tabela 15- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 8 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas		0	0%
	Está relacionado com o peso do objeto e sua aceleração.	2	
Parcialmente Corretas	Quanto mais força mais aceleração e velocidade.	8	16(57,14%)
	Acontece com a ajuda da velocidade e da aceleração.	6	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	12	12(42,86%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Nenhum aluno respondeu corretamente à questão, 16 (57,14%) alunos deram respostas parcialmente corretas e 12 (42,86%) alunos não responderam. O resultado mostrou que as concepções alternativas dos alunos a respeito do conceito de força não estão de acordo com os conceitos científicos. Em torno da metade dos alunos perceberam a relação entre força e aceleração, mas não possuíam a definição correta do que é força.

Após a intervenção:

Tabela 16- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 8 do questionário de avaliação final.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	
	Ação física que causa deformação ou que altera o estado de repouso ou de movimento de um determinado objeto.	8	
Respostas Corretas	Grandeza vetorial que possui módulo, direção e sentido capaz de alterar o movimento de um corpo.	1	13(46,43%)
	É a grandeza física que altera o estado do movimento.	4	

Parcialmente Corretas	Força é o produto da massa pela aceleração.	6	13(46,43%)
	É uma ação em um determinado corpo alterando sua velocidade ou forma	7	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	2	2(7,14%)

Fonte: (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 0% para 13 (46,43%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 16 alunos (57,14%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor reduziu para 13(46,43%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 12 (42,86%) para 2 (7,14%).

Após a intervenção a quase totalidade dos alunos 92,86% passaram a ter um conceito de força mais próximo do científico, como uma ação capaz de geral aceleração, deformar um corpo, alterar ou manter o estado de equilíbrio e relacionado à geração da aceleração para uma determinada massa. Acreditamos que os diálogos a respeito de força entre alunos e entre professor e aluno bem como as visualizações das forças no simulador facilitou esse aprendizado.

Questão 9: Você acha que existe relação entre aceleração e força?
( ) sim ( ) não
Explique:

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno acerca da relação entre aceleração e força.

Antes da intervenção:

Tabela 17- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 9 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Quanto mais forte chutarmos uma bola mais aceleração ela terá.	7	7(25%)
	Sim (sem explicar).	4	
Parcialmente Corretas	Sim pois sem aceleração não tem força.	5	17(60,71%)
	Sim pois quando se acelera aumenta a força.	7	
	Sim, pois a força precisa da aceleração.	1	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não pois eles são diferentes um do outro.	1	4(14,29%)
	Não respondeu.	3	

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analisando a tabela notamos que 7 (25%) alunos responderam corretamente, 17 (60,71%) alunos responderam parcialmente correto e 4 (14,29%) responderam corretamente ou não responderam.

Percebemos que 25% já sabiam que a aceleração é proporcional à força, mas essa associação se restringiu a força do chute, caracterizando uma baixa generalidade no entendimento. Para a maioria dos alunos (60,71%) era confusa essa relação, pois eles achavam que a aceleração é que gera a força e não o contrário.

Após a intervenção:

Tabela 18- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 9 do questionário de avaliação final.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção

Respostas Corretas	A força resultante que atua sobre um corpo é proporcional ao produto da massa pela aceleração por ele adquirida.	8	14(50%)
	Sim pois pela 2ª Lei de Newton $F = m.a$	6	
Parcialmente Corretas	Sim, pois quanto maior for a aceleração maior será a força.	7	13(46,42%)
	Sim (não explicou)	1	
	Sim pois para um objeto se mover precisa existir força	5	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	1	1(3,58%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 7 (25%) para 14 (50%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 17 alunos (60,71%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor reduziu para 13 (46,43%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 4 (14,29%) para 1 (3,57%).

Após a aplicação da proposta didática 50% dos alunos passaram a ter o conhecimento correto da força como gerador da aceleração e da generalidade dessa relação para quaisquer tipos de força.

Questão 10) Que tipos de forças atuam na figura 23? Em quais momentos elas atuam desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro?

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos dos alunos com relação a quais tipos de força foram citadas, desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro

Antes da Intervenção:

Tabela 19- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 10 do questionário de conhecimentos prévios.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Força do chute, peso da bola, força causada pela bola na mão do goleiro.	5	5(17,86%)
Parcialmente Corretas	Força causada pela aceleração e pelo peso da bola.	7	14(50%)
	Força do impacto do chute na bola.	7	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	9	9(32,14%)

Fonte **(Elaborada pelo autor)**

Analisando a tabela notamos que 5 (17,86%) alunos responderam corretamente, 14 (50%) alunos responderam parcialmente correto e 9 (32,14%) alunos não responderam à questão. Observando os resultados somente 17,86% sabiam previamente que atuavam na bola a força do chute, a força peso e a força que o goleiro faz ao agarrar a bola. Nenhum aluno mencionou a resistência do ar como uma força que atua na bola.

Após a Intervenção:

Tabela 20- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 10 do questionário de avaliação final.

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção
Respostas Corretas	Força gravitacional, força de resistência do ar, força de atrito.	8	17(60,71%)
	Força do chute, força peso, força de resistência do ar, força causada na mão do goleiro para evitar o gol.	9	
Parcialmente Corretas	Força do chute e a força que o goleiro faz para agarrar a bola.	7	8(28,57%)

	Força resultante	1	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	3	3(10,72%)

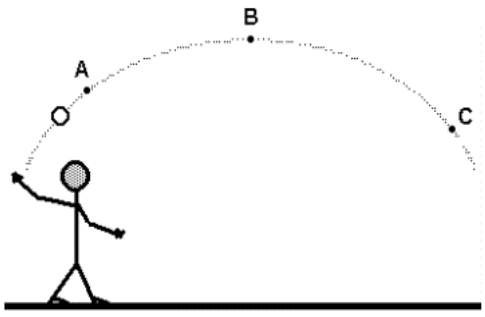
Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 5 (17,86%) para 17 (60,71%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 14 alunos (50%) já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor reduziu para 8 (28,57%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 9 (32,14%) para 3 (10,72%).

Após a intervenção o percentual que ficou ciente de todas as forças atuantes na bola aumentou bastante e atingiu 60,71% dos alunos, sendo que as forças citadas por eles foram força gravitacional (peso), força de resistência do ar, força de atrito, força do chute e força causada na mão do goleiro para evitar o gol.

Nas questões 15, 16 e 17 utilize a figura 24 abaixo, onde um goleiro repõe a bola em jogo de forma que ela descreve a trajetória mostrada. Considere a resistência do ar sobre a bola desprezível. O ponto B é o ponto mais alto da trajetória.

Figura 24- Simulação de uma reposição de bola pelo goleiro



Fonte (Elaborada pelo autor)

Objetivo das questões: Identificar as forças que atuam num objeto num lançamento sem resistência do ar.

Responda às questões:

Questão 15) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

Tabela 21 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 15 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final.

	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
A	4	1
B	5	1
C	10	4
D	2	20
E	7	2

Fonte (Elaborada pelo autor)

Antes da intervenção somente dois alunos (cerca de 7% do total de alunos) escolheram a letra D e marcaram corretamente à questão e após a intervenção 20 alunos (cerca de 70% do total de alunos) responderam corretamente à questão. Nesse caso houve um aumento de 7,15 % para 71,42 % que responderam corretamente à questão, o que nos mostra indícios de que após a intervenção os 20 alunos notaram que no ponto A, a mão não está mais em contato com a bola, portanto desconsiderando o efeito do ar a única força que atua é o peso, que é vertical para baixo.

Questão 16) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

Tabela 22 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 16 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final.

	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
A	5	20
B	8	4
C	5	1

D	5	1
E	5	2

Fonte (Elaborada pelo autor)

Antes da intervenção 5 alunos (17,85% do total de alunos) escolheram corretamente a letra A da questão 16, e após a intervenção o número de alunos que escolheram corretamente foi de 20 alunos (71,42% do total de alunos). Concluímos assim que após a intervenção há indícios que os 20 alunos identificaram que no ponto A, a mão não está mais em contato com a bola, portanto desconsiderando o efeito do ar a única força que atua é o peso, que é vertical para baixo.

Questão 17) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

Tabela 23 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 17 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final

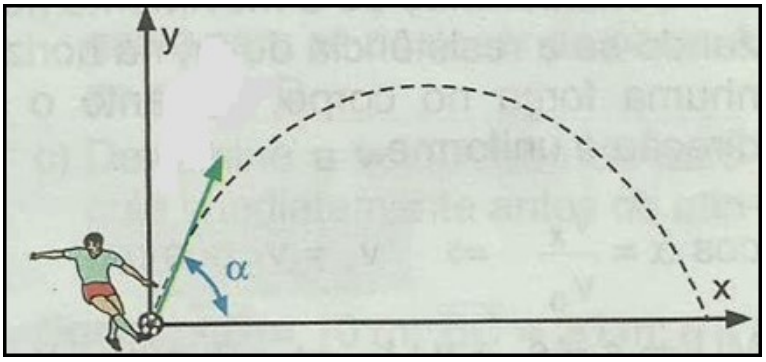
	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
A	4	2
B	5	2
C	10	1
D	6	3
E	3	20

Fonte (Elaborada pelo autor)

Antes da intervenção 3 alunos (10,71% do total de alunos) escolheram corretamente a letra E da questão 17, e após a intervenção o número de alunos que escolheram corretamente foi de 20 alunos (71,42% do total de alunos). Concluímos assim que após a intervenção há indícios que os 20 alunos identificaram que no ponto A, a mão não está mais em contato com a bola, portanto desconsiderando o efeito do ar a única força que atua é o peso, que é vertical para baixo.

Questão 18) Desprezando a resistência do ar, se um jogador quiser chutar a bola (conforme a figura 25) o mais longe possível, em qual ângulo deverá direcionar?

Figura 25 - Lançamento oblíquo ilustrando a cobrança de um tiro de meta



Fonte (ELABORADA PELO AUTOR)

A) 30° B) 45º C) 60° D) 70º

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno com relação ao ângulo que possui alcance máximo.

Tabela 24 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 18 do questionário de conhecimentos prévios e avaliação final

	Antes da Intervenção	Após a Intervenção
A	0	0
B	28	28
C	0	0
D	0	0
E	0	0

Fonte (Elaborada pelo autor)

Ao analisarmos o antes e após a intervenção notamos que todos os alunos haviam respondido corretamente a questão. As respostas corretas tanto no antes e após intervenção se deve ao fato dos alunos terem participado da confecção de foguetes para a Olímpiada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Os alunos durante os diálogos citaram que durante a fase de confecção dos foguetes eles descobriram que o ângulo no qual o foguete atingiria o alcance máximo seria o ângulo de 45º.

A confecção dos foguetes aconteceu antes de que começássemos esse projeto de intervenção, porém mesmo já sabendo que os alunos conheciam o ângulo de alcance máximo, o tema foi abordado durante a aula no simulador https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations.

Questão 19) Explique que tipo de influência a resistência do ar pode provocar na trajetória desenvolvida pela bola e também na velocidade da bola chutada pelo jogador na figura 25 acima.

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno acerca da influência da resistência do ar na trajetória da bola e na velocidade do chute.

Antes da intervenção:

Tabela 25 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 19 do questionário de conhecimentos prévios

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Pode fazer a bola curvar, mudar a velocidade da bola.	3	8(28,57%)
	Pode mudar a direção da bola fazendo uma curva.	5	
Parcialmente Corretas	Pode causar mudança na velocidade.	6	12(42,86%)
	Pode mudar a trajetória da bola.	6	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Pode tornar a velocidade constante.	2	8(28,57%)
	Não respondeu.	6	

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analisando as respostas no questionário de conhecimentos prévios, os alunos relacionaram a influência da resistência do ar com a mudança de direção da bola, mudança de trajetória, porém, um número significativo de alunos (total de 6 alunos), não respondeu à questão proposta.

Sendo assim notamos que 8 (28,57%) alunos responderam corretamente às questões, 12 (42,86%) alunos deram respostas parcialmente corretas e 8 (28,57%) alunos deram respostas incorretas ou não responderam as questões.

Percebemos que a maioria (71,43%) já sabia que a resistência do ar poderia encurvar a trajetória da bola e reduzir sua velocidade, mas ninguém sabia que a resistência do ar faz com que a trajetória deixe de ser uma parábola perfeita.

Após a intervenção:

Tabela 26 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 19 do questionário de avaliação final

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção
Respostas Corretas	Pode diminuir a velocidade da bola, alterar a trajetória e diminuir o alcance.	8	18(64,28%)
	A influência do ar proporciona atrito o que desacelera a bola e faz perder velocidade.	10	
Parcialmente Corretas	Pode diminuir o alcance da bola.	3	9(32,14%)
	Pode mudar a trajetória da bola.	6	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	1	1(3,58%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Após a intervenção os alunos relacionaram a influência da resistência do ar com diminuição da velocidade da bola, alteração da trajetória e diminuição do alcance que a bola teria, além de introduzirem nas respostas a ideia de atrito que desacelera a bola e a faz perder velocidade.

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 8 (28,57%) para 18 (64,28%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 12 (42,86%) alunos já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor reduziu para 9 (32,14%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 8 (28,57%) para 1 (3,58%).

Após a intervenção o percentual de alunos que sabiam que a resistência do ar altera a trajetória e reduz a velocidade aumentou para 96,42%, mas somente 8 num total de 28 alunos sabiam que o alcance é reduzido em relação ao caso sem resistência do ar. Mesmo após a intervenção nenhum aluno percebeu que o formato da curva deixou de ser uma parábola. Acreditamos que isso se deve ao fato de não trabalharmos muito os gráficos com resistência do ar com eles.

Questão 20) O que você entende por energia e quais são os seus tipos?

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno acerca do conceito de energia e os seus tipos.

Antes da Intervenção:

Tabela 27- Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 20 do questionário conhecimentos prévios

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Está relacionado com a força e o movimento.	1	1(3,58%)
Parcialmente Corretas	É algo que causa o movimento.	7	15(53,57%)
	Aquilo que transmite eletricidade.	2	
	Energia solar, elétrica, calor.	6	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	12	12(42,85%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Nas respostas do questionário de conhecimentos prévio da questão 20, um número significativo de alunos, num total 12 alunos (42,85%) não respondeu a questão acerca do conceito de energia e tipos de energia.

Alguns citaram energia como algo que causa movimento e, poucos citaram os tipos de energia que eles conheciam, a exemplo da energia elétrica e solar. Pode-se notar

através da tabela que 1 (3,58%) aluno respondeu corretamente à questão e 15 (53,57%) alunos deram respostas parcialmente corretas.

Os conhecimentos prévios deles a respeito de energia se referem aos tipos mais conhecidos do dia a dia, sendo que 8 num total de 28 lembraram de energia solar e elétrica.

Após a intervenção:

Tabela 27 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 20 do questionário de avaliação final

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção
Respostas Corretas	Capacidade de um corpo de realizar Trabalho. Energia potencial, cinética, térmica, etc...	8	8(28,57%)
Parcialmente Corretas	Toda transformação gerada através do movimento e da força. Energia cinética, potencial, térmica.	8	
	É o que causa movimento.	4	18(64,29%)
	Energia Cinética, Energia Potencial, Energia mecânica, Energia Térmica, dentro outras formas de energia.	6	
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	2	2(7,14%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 1 (3,58%) para 8 (28,57%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 15 (53,57%) alunos já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor passou para 18 (64,29%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 12 (42,85%) para 2 (7,14%).

Após a intervenção 92,86% passaram a ter ciência dos tipos de energia mecânica, potencial e cinética e da possibilidade de forças realizarem trabalho variando a energia

cinética. Para uma turma de nono ano do ensino fundamental consideramos esse um ótimo resultado, visto que energia é um conceito central na física e só é estudado de forma mais aprofundada no ensino médio.

Questão 21) Num tiro de meta batido por um goleiro, a bola sobe e depois desce. Levando em conta a resistência do ar quais os tipos de energia que estão envolvidas? Explique como surgem.

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno sobre quais tipos de energia estão envolvidos no lançamento oblíquo quando é levado em conta a resistência do ar e a colisão com o solo.

Antes da Intervenção:

Tabela 28 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 21 do questionário de conhecimentos prévios

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas		0	0
Parcialmente Corretas	Energia cinética e potencial gravitacional. Energia que causa movimento.	10	10(35,74%)
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu	18	18(64,29%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analisando as respostas do questionário nota-se que nenhum aluno respondeu corretamente à questão, 10 (35,74%) alunos deram respostas parcialmente corretas e 18 (64,29%) alunos deram respostas incorretas ou não responderam à questão. Percebemos que cerca de um terço da turma tem conhecimento das energias cinéticas e potencial gravitacional, indicando que já tinham tido contato com o assunto, porém nenhum aluno conseguiu associar a resistência do ar com perda de energia por calor e também perdas de energia por colisão com o solo.

Após a Intervenção:

Tabela 29 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 21 do questionário de avaliação final

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após à intervenção
Respostas Corretas	Energia cinética e potencial gravitacional, energia sonora, energia térmica.	8	20(71,43%)
	Ganho de energia potencial gravitacional quando a bola está subindo e ganho de energia cinética quando a bola está descendo.	12	
Parcialmente corretas	Energia que causa movimento.	6	6(21,43%)
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	2	2(7,14%)

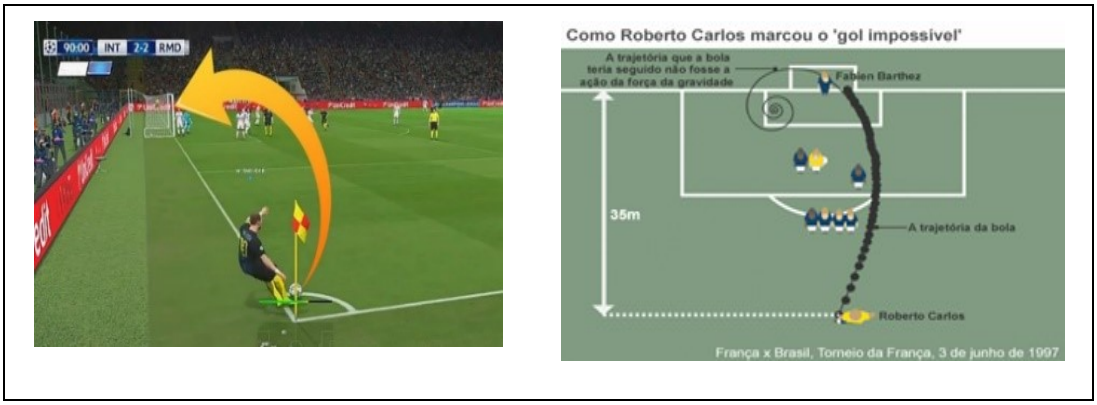
Fonte (Elaborada pelo autor)

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas que eram nulas antes da intervenção para 20 (71,43%) após a intervenção, indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da intervenção 10 (35,74%) alunos já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor reduziu para 6 (21,43%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 18 (64,29%) para 2 (7,14%).

Após a intervenção 8 alunos (28%) passaram a conhecer outros tipos de energias presentes tais como a energia térmica e sonora. Em relação às variações de energias potenciais e cinéticas, 12 alunos (42,8%) passaram a ter um conhecimento maior das relações entre elas. E o número de respostas erradas e ausentes diminuiu consideravelmente. Isso reforça a importância de ser considerar situações reais onde os fenômenos incluam resistência do ar, ao invés de se estudar somente situações idealizadas.

Questão 23) Se o local de batida do escanteio está alinhado com as traves deveria ser impossível fazer um gol de escanteio. Explique a origem da força que faz o efeito e curva a trajetória, permitindo que seja possível para alguns jogadores fazerem o gol de escanteio. Através do mesmo fenômeno alguns jogadores conseguem produzir efeitos que encurvam as trajetórias em chutes para o gol como mostrados na figura 26.

Figura 26-Imagens de jogadas de futebol.



Fonte (ELABORADA PELO AUTOR)

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno com relação aos efeitos que encurvam lateralmente as trajetórias em chutes para o gol.

Antes da Intervenção:

Tabela 30 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 23 do questionário de conhecimentos prévios

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos antes da intervenção	Número de alunos por classificação das repostas antes da intervenção
Respostas Corretas	Rotação da bola	4	4(14,28%)
Parcialmente Corretas	Força na lateral da bola	6	6(21,43%)
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não sei	3	18(64,29%)
	Não respondeu	15	

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analisando os dados da tabela acima nota-se que 4 (14,29%) alunos responderam corretamente à questão, 6 (21,43%) alunos deram respostas parcialmente corretas e 18 (64,28%) deram respostas incorretas ou não responderam à questão. O resultado indica que 14,29 % dos alunos sabiam que era devido à rotação, mas certamente não conheciam o princípio físico envolvido, enquanto que 21,43% alegaram que a causa era uma força lateral, mas não sabiam que estava relacionada à rotação. E a maioria 64,29% desconhecia a causa.

Após a Intervenção:

Tabela 31 - Classificação das respostas dadas pelos alunos referentes à questão 23 do questionário de avaliação final

Classificação	Subclassificação das Respostas	Número de alunos após a intervenção	Número de alunos por classificação das repostas após da intervenção
Respostas Corretas	Rotação da bola gerando diferentes pressões desviando a trajetória da bola (Efeito Magnus).	10	18(64,29%)
	Força resultante lateral que desvia a trajetória.	8	
Parcialmente Corretas	Efeito Magnus (sem explicar o efeito).	8	8(28,57%)
Respostas Incorretas ou não respondidas	Não respondeu.	2	2(7,14%)

Fonte (Elaborada pelo autor)

Após a intervenção, analisando o questionário de avaliação final, foram introduzidos nas respostas tais como: rotação da bola gerando diferentes pressões desviando a trajetória da bola, força resultante lateral que desvia a trajetória e efeito Magnus.

É possível perceber um grande aumento nas respostas corretas de 4 (14,28%) para 18 (64,29%), indicando um aprendizado mais preciso do conceito científico. Antes da

intervenção 6 (21,43%) alunos já tinham um conhecimento prévio parcial do conceito e esse valor aumentou para 8 (28,57%). O número de alunos que não responderam ou responderam incorretamente diminuiu de 18 (64,29%) para 2 (7,14%).

Enfatizamos que o estudo do Efeito Magnus foi um ganho importante de nossa proposta didática, pois geralmente só é estudado em hidrodinâmica, que raramente é estudada no ensino médio, sendo vista somente em cursos superiores da área de exatas. Isso reforça nossa percepção de que é mais vantajoso focalizar o estudo da física nos fenômenos ao invés de focalizar na teoria. Ao se estudar um fenômeno é possível motivar o aluno a estudar um modelo ou uma teoria para explicá-lo posteriormente.

E que caso o aluno deseje avançar mais em seus estudos, será necessário usar modelos ou teorias mais avançadas. Isso demonstra para o aluno o fato da ciência ser uma atividade humana em permanente construção e ainda inacabada, além de permitir que se estudem tópicos avançados de física contemporânea dentro da abordagem de assuntos tradicionais da física clássica.

5.2 Análise das Questões do Tipo Likert do Questionário Inicial de Conhecimentos Prévios (QI) e do Questionário de Avaliação Final (QF)

Os questionários de conhecimentos prévios e de avaliação final continham 23 questões, sendo que 5 questões dos questionários eram do tipo Likert possibilitando assim segundo McClelland (1976) um acesso às informações de forma direta.

Uma questão do tipo Likert é composta por um conjunto de frases (ou itens) onde se deve manifestar o grau de concordância desde o discordo totalmente (discordo plenamente), até ao concordo totalmente (concordo plenamente).

Na escala do tipo Likert para se converter uma afirmação positiva em números temos o seguinte critério: Concordo Plenamente (5), Concorda (4), Sem Opinião (3), Discorda (2), Discorda Plenamente (1).Para uma afirmação negativa a sequência fica

contrária, ou seja, Discorda Plenamente (5), Discorda (4),Sem Opinião (3), Concorda (2), Concordo Plenamente (1).

A seguir temos a análise das questões 03, 11, 12, 13,14, 22 e a pontuação que cada aluno obteve no questionário inicial (QI) e questionário de avaliação final (QF). Para saber se houve progresso, constância ou retrocesso é preciso fazer a diferença da pontuação no questionário de avaliação final (QF) e do questionário inicial de conhecimentos prévios (QI)

$$\sum(QF - QI) \qquad (28)$$

As análises abaixo são referentes às respostas dos 28 alunos participantes da pesquisa. A estruturação da análise foi baseada no trabalho de mestrado de Cândido (2018).

5.3 Análise por questão do tipo Likert

As questões estão descritas abaixo, assim como seu objetivo e os gráficos gerados a partir da análise.

Questão 3: Analise a afirmação. Na figura 23 em alguns momentos a bola possui velocidade maior do que a velocidade média e em outros momentos possui velocidade menor do que a velocidade média.

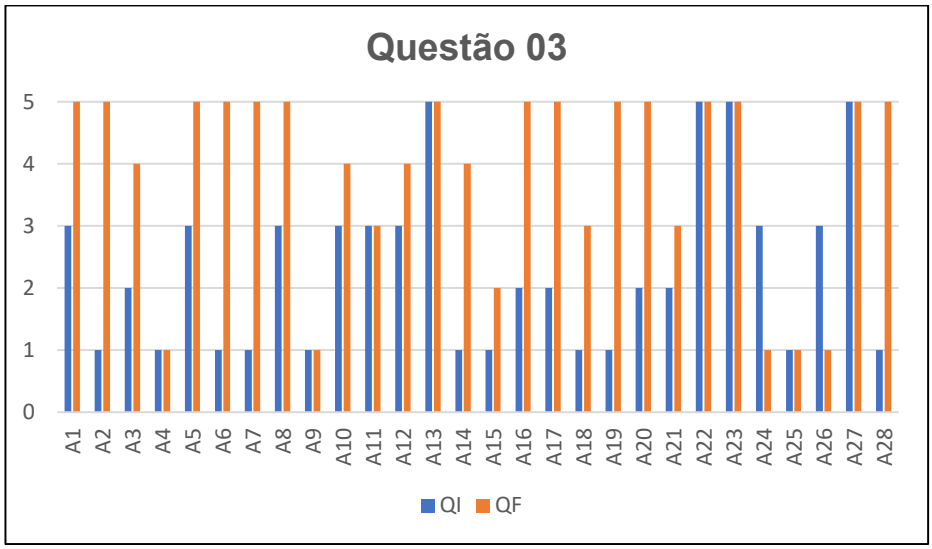
( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião
( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

Resposta Correta: Concordo plenamente.

Objetivo da questão: Avaliar se os alunos sabem que o módulo da velocidade instantânea varia no lançamento oblíquo de projéteis e que a velocidade média possui um valor no intervalo entre o valor máximo e mínimo dessa velocidade.

Analisando o gráfico abaixo nota-se que 18 alunos tiveram progresso, 8 alunos permaneceram com o mesmo desempenho e somente 2 alunos tiveram retrocesso em seu desempenho.

Gráfico 1- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 03).

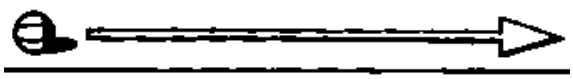


Fonte: (Elaborado pelo autor)

Pode-se concluir assim que a intervenção resultou em um aumento no desempenho para cerca de 64,29% dos alunos, sendo que para cerca de 28,57% dos alunos o desempenho permaneceu o mesmo e somente para 7,14% dos alunos houve um retrocesso no desempenho.

Analise as afirmações e responda as questões 11, 12 e 13, a seguir, considerando a seguinte situação. Suponha que uma bola seja chutada por um jogador tal que ela siga uma trajetória horizontal e retilínea sobre o gramado, de forma que sua velocidade registre um valor constante (Figura 27). Despreze os efeitos de rotação da bola.

Figura 27 - Bola chutada por um jogador seguindo uma trajetória horizontal retilínea



Fonte: (Elaborada pelo autor)

Questão 11: A força resultante, que atua sobre a bola no trajeto, tem o mesmo sentido da velocidade.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

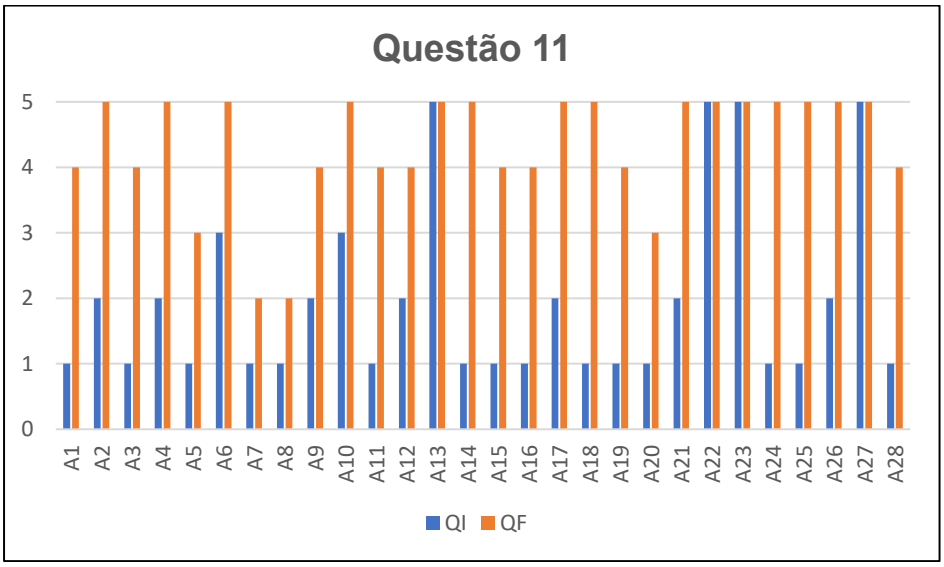
( ) Discordo parcialmente( ) Discordo plenamente

Resposta Correta: **Discordo plenamente**

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos acerca do movimento retilíneo uniforme e da relação entre velocidade e força.

Analisando o gráfico abaixo temos que 24 alunos conseguiram aumentar o desempenho, 4 alunos mantiveram o rendimento constante e nenhum aluno apresentou retrocesso no desempenho.

Gráfico 2- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 11)



Fonte (Elaborado pelo autor)

Logo temos que 85,71% dos alunos aumentaram o desempenho e 14,29% mantiveram constante o desempenho.

Questão 12: A resultante das forças que atuam sobre a bola, ao longo do trajeto, é nula.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

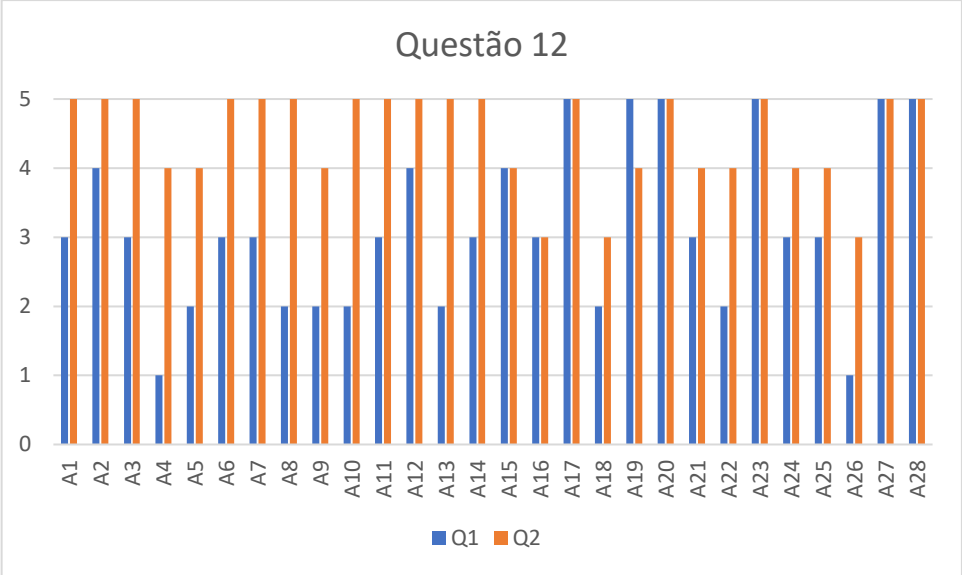
( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

Resposta Correta: **Concordo Plenamente.**

Objetivo: Analisar os conhecimentos acerca da relação entre velocidade constante e a intensidade da resultante das forças que atuam sobre a bola.

Analisando o gráfico abaixo 20 alunos conseguiram aumentar o seu desempenho e 7 alunos permaneceram com o rendimento constante e somente 1 retrocedeu o desempenho.

Gráfico 3- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 12)



Fonte (Elaborado pelo autor)

Logo temos que 71,43% dos alunos aumentaram seu desempenho na questão 12, 25% permaneceram com o desempenho constante e 3,57% retrocederam no desempenho.

Questão 13: A aceleração da bola ao longo do trajeto é nula.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

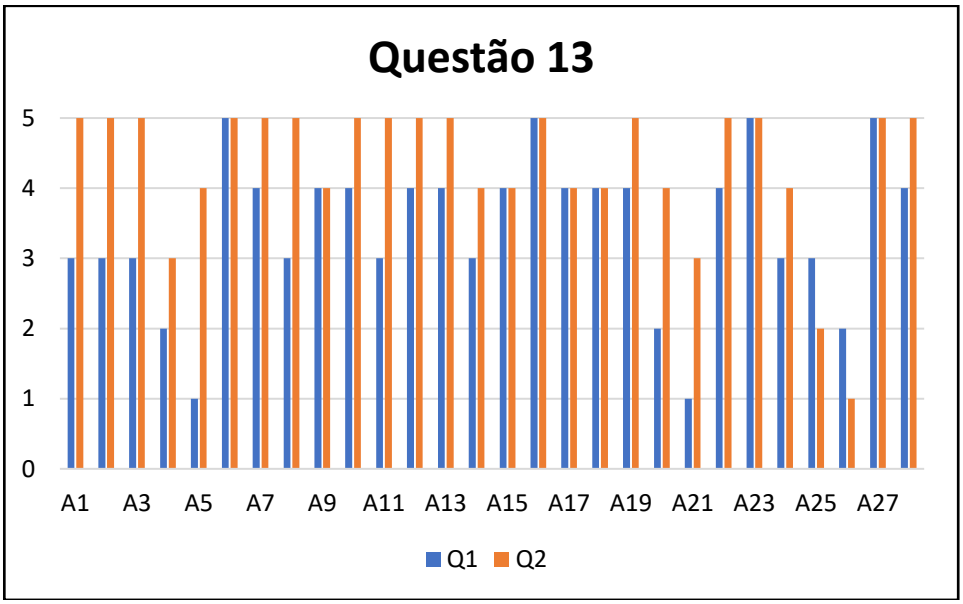
( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

Resposta Correta: **Concordo Plenamente.**

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos prévios acerca da relação entre velocidade constante e aceleração.

Analisando o gráfico nota-se que 18 alunos aumentaram o desempenho e 8 alunos mantiveram o mesmo desempenho e 2 alunos retrocederam o desempenho.

Gráfico 4- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 13)



Fonte (Elaborado pelo autor)

Nota-se que 64,29% aumentaram o seu desempenho, 28,57% mantiveram o rendimento constante e somente 7,14% retrocederam o desempenho.

Questão 14) Num contra-ataque um atacante sozinho dribla o goleiro e displicentemente chutam fraco e rasteiro em direção ao gol. Para desespero de sua torcida a bola é freada pelo atrito com o gramado e para em cima da linha do gol. Suponha que as velocidades desde o momento do chute em função do tempo são dadas na Tabela 33 abaixo:

Tabela 32 - Velocidade em função do tempo

Tempo (s)	0	1	2	3	4	5
Velocidade (m/s)	15	12	9	6	3	0

Fonte (Elaborada pelo autor)

Analise a seguinte afirmação. A partir dos dados concluímos que a desaceleração da bola é constante.

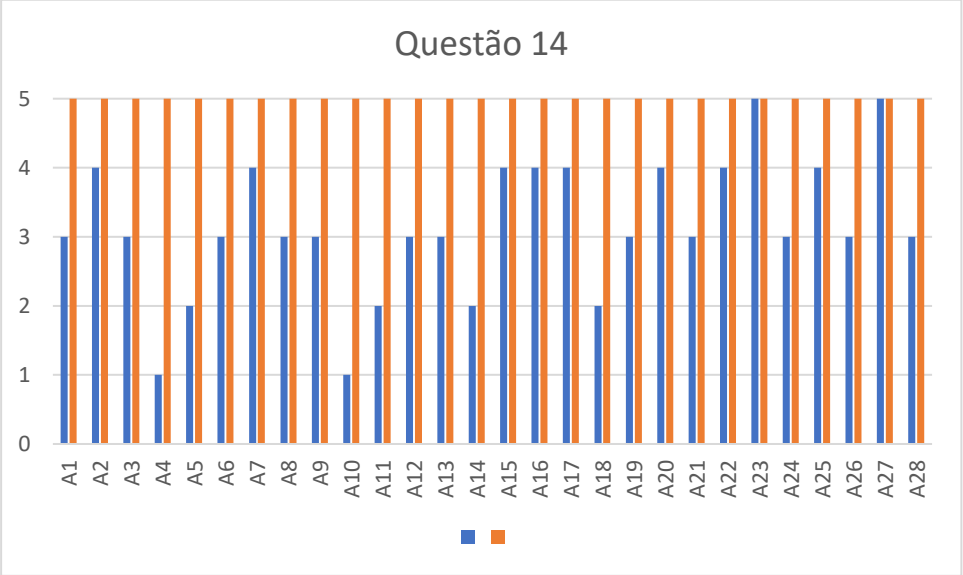
( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente( ) Sem opinião
( ) Discordo parcialmente( ) Discordo plenamente

Resposta Correta: **Concordo Plenamente.**

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos prévios acerca do Movimento Retilíneo Uniformemente Variado.

Analisando o gráfico abaixo 26 alunos conseguiram aumentar o seu desempenho e 2 alunos permaneceram com o rendimento constante.

Gráfico 5- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e Pós-teste (Questão 14)



Fonte (Elaborado pelo autor)

Logo, nota-se que 92,86% aumentaram o seu desempenho e 7,14% permaneceram com o rendimento constante.

Questão 22: Após a cobrança de uma falta, num jogo de futebol, a bola chutada acerta violentamente o rosto de um zagueiro. A foto na Figura 28 mostra o instante em que a bola se encontra muito deformada devido às forças trocadas entre ela e o rosto do jogador. Analise a seguinte afirmação. Visto que a bola está se deslocando em alta velocidade e o rosto do jogador está quase em repouso, podemos afirmar que a força que a bola faz no rosto será maior do que a força que o rosto faz na bola.

Figura 28- Bola batendo no rosto de um jogador

Fonte (<http://www.universiaenem.com.br>).

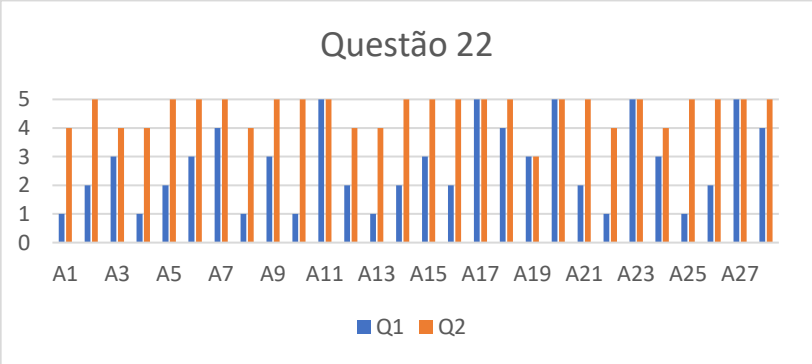
( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião
( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

Resposta Correta: **Discordo Plenamente.**

Objetivo da questão: Analisar os conhecimentos do aluno em relação à 3ª Lei de Newton (Ação e Reação).

Analisando o gráfico abaixo observa-se que 22 alunos aumentaram o rendimento, 6 alunos mantiveram o rendimento constante e nenhum aluno retrocedeu o seu rendimento.

Gráfico 6- Gráfico de desempenho dos alunos no Pré-teste e o Pós-teste (Questão 22)



Fonte (Elaborado pelo autor)

Logo temos que 78,57% dos alunos conseguiram aumentar o seu rendimento e 21,43% mantiveram o desempenho constante pois nenhum aluno retrocedeu o seu desempenho.

5.4 Análise geral do Questionário Likert

Na tabela a seguir temos a pontuação de cada aluno por questão, que foi obtida pela diferença nos desempenhos entre o questionário final e o questionário inicial. Para uma melhor visualização, cada cor tem um significado: cor azul indica que houve evolução, cor verde indica desempenho constante e cor amarela indica que houve retrocesso quanto ao desempenho.

Tabela 33 - Resultado geral do questionário Likert

Questões Alunos	Questão 03	Questão 11	Questão 12	Questão 13	Questão 14	Questão 22	Pontuação
A1	2	3	2	2	2	3	14
A2	4	3	1	2	1	3	14
A3	2	3	2	2	2	1	12
A4	0	3	3	1	4	3	14
A5	2	2	2	3	3	3	15
A6	4	2	2	0	2	2	12
A7	4	1	2	1	1	1	10
A8	2	1	3	2	2	3	13
A9	0	2	2	0	2	2	8
A10	1	2	3	1	4	4	15
A11	0	3	2	2	3	0	10
A12	1	2	1	1	2	2	9
A13	0	0	3	1	2	3	9
A14	3	4	2	1	3	3	16
A15	1	3	0	0	1	2	7
A16	3	3	0	0	1	3	10
A17	3	3	0	0	1	0	7
A18	2	4	1	0	3	1	11
A19	4	3	-1	1	2	0	9
A20	3	2	0	2	1	0	8
A21	1	3	1	2	2	3	12
A22	0	0	2	1	1	3	7
A23	0	0	0	0	0	0	0
A24	-2	4	1	1	2	1	7
A25	0	4	1	-1	1	4	9
A26	-2	3	2	-1	2	3	7
A27	0	0	0	0	0	0	0
A28	4	3	0	1	2	1	11

Fonte (**Elaborada pelo autor**)

Dos 28 alunos que participaram desta pesquisa, pode-se concluir, de maneira geral, por meio da tabela 31, que 26 alunos conseguiram evolução em seu desempenho geral e apenas 2 alunos mantiveram seu desempenho constante.

Portanto, pode-se dizer que a intervenção pedagógica foi exitosa e que esta pesquisa é uma evidência de que a aplicação dos três momentos pedagógicos, integrados à formação conceitual e à pedagogia problematizadora, é uma forma eficaz de promover o aprimoramento conceitual sobre Mecânica para alunos do 9º ano do ensino fundamental II.

A investigação criteriosa dos fenômenos físicos conduziu os alunos a não se contentaram com explicações mágicas ou aparentes, mas à busca pela descoberta e seus fundamentos científicos. Dessa forma, a compreensão das leis físicas que "explicam o futebol", reforça a ideia necessária de que a realidade é mutável e não dada, por isso, podemos agir para transformá-la.

Como afirma Freire (1996), a politização do fazer pedagógico perpassa a criticidade do saber do senso comum – não negando-o a priori, mas reconhecendo suas limitações e equívocos – e o avançar na construção de um saber científico.

5.5 – Dialogando com Freire

Os discursos e práticas dos alunos permitiram tecer algumas considerações com os ideais freirianos baseados na emancipação e autonomia do estudante. Acerca da dialogicidade no ensino de Física, percebeu-se intensa trocas de saberes entre todos os envolvidos e em todas as etapas do 3MP. A pedagogia dialógica acredita no potencial criador do sujeito aprende e rompe com o depósito de conhecimentos. Isso se tornou evidente no projeto porque os alunos construíram seus conhecimentos por meio de trocas, negociações, reflexões e ações.

Os diálogos abaixo dos ALUNOS 15, 16, 17 e 18 foram coletas no 11º encontro (entrevistas).

> **ALUNO 15:** Quando só o professor fala e os mais inteligentes participam a gente não grava muita coisa, fica chato por que a gente não entende nada e com o passar do tempo a gente entende menos ainda. Aí acabamos desistindo. Quando todos participam é mais legal e proveitoso.
> **ALUNO 16:** É realmente foi bem melhor assim, notei que houve participação da turma toda e acabamos aprendendo mais assim.
> **ALUNO 17**: Quando se conversa sobre um assunto acho que ele fica mais fácil de gravar, não somente estudar pra prova pra tirar uma nota e passar, por que aí logo depois da prova já esqueci tudo. Quando eu participo mesmo de alguma coisa eu acabo aprendendo a matéria, e foi isso que aconteceu nas aulas, eu realmente fiquei pensando sobre os assuntos falados nas aulas, bem melhor que se você só explicar pra gente e depois cobrar na prova.
> **ALUNO 18:** Também achei melhor da forma como o senhor fez do que ter explicado somente no quadro

Um elemento que colabora com práticas dialógicas é a contextualização dos conteúdos curriculares, elucidada abaixo: (os diálogos abaixo dos ALUNOS 21, 22, PROFESSOR, foram coletados durante o 9º encontro)

> **ALUNO 21:** Quando começamos a entender as jogadas de futebol com os conceitos da física envolvida, nós podemos pensar que elas também estão presentes em outros esportes, até mesmo como vimos no caso do efeito Magnus, até mesmo com relação a construção das asas dos aviões ou nas velas do barco.
> **ALUNO 22:** Estudar as equações do movimento uniformemente variado em forma de problemas do futebol fica muito mais tranquilo de se entender.
> **PROFESSOR:** Isso se chama contextualizar, veremos questões contextualizadas com os conceitos de movimento retilíneo uniformemente variado quando estivermos estudando lá na matemática os pontos de máximo e mínimos da parábola em equações do 2º grau.

Assim, tem-se em Freire que um ensino que se afirma emancipador incorpora saberes concretos, não desvinculados do mundo. Isso porque o aluno é um sujeito concreto do/no mundo, portador de vivências e histórias de vidas. Nesse sentido, o professor, ao valorizar o cotidiano dos sujeitos como espaço de criação e contextualização dos conteúdos escolares encontra uma forma de articular o conhecimento sistematizado frente ao mundo, tornando o conhecimento mais compreensivo e íntimo para o aluno.

A sensibilidade para olhar o cotidiano desafia os educandos a buscar respostas e, consequentemente, quanto mais incitados, mais serão levados a um estado de

consciência crítica e transformadora frente à realidade. O projeto desenvolvido em torno do esporte futebol permitiu a aproximação com os contextos de vidas dos alunos, favorecendo explicações quanto aos fatos e fenômenos físicos relacionados à esfera social dos sujeitos envolvidos no processo educativo.

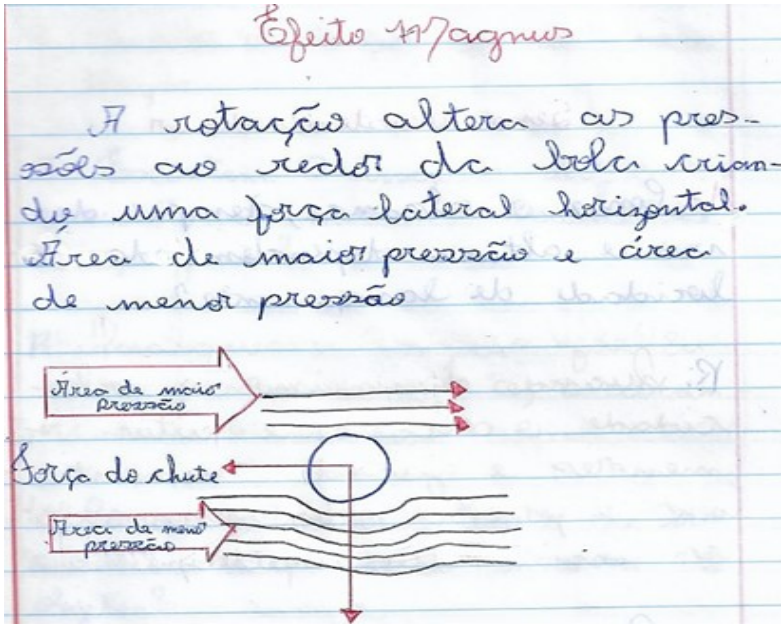
Assim, problematizar não é criar problemas por criar, mas, por meio do diálogo, levantar questionamentos sobre situações problemáticas no intuito de fazer pensar acerca das questões ligadas ao “contexto social” que se quer mudar por meio da reflexão e ação críticas.

Um ensino que se assume problematizador também exige pesquisa. Ao dialogarmos sobre qual seria a explicação para a curva da bola no gol de falta do Brasil contra a França, alguns alunos citaram: (diálogo coletado durante o 9º encontro).

> **ALUNO 20:** Professor foi devido ao efeito Magnus, eu fiz a pesquisa e notei que esse efeito possui aplicação não somente no futebol mais também durante voo de aviões, durante a navegação dos barcos.

A seguir na Figura 29 está a pesquisa feita no 9º encontro pelo aluno 20 a respeito do efeito Magnus

Figura 29- Pesquisa sobre Efeito Magnus entregue pelo aluno 20



Fonte: (**Elaborada pelo aluno 20**)

> **ALUNO 20:** O efeito Magnus é o fenômeno pelo qual a rotação de um objeto altera sua trajetória em um fluido (líquido ou gás)

Nota-se que o aluno fez uma problematização relacionando o fenômeno efeito Magnus presente no chute de uma bola em direção ao gol e a realidade mais ampla. E, para além da dimensão cognitiva de mobilização e sistematização de saberes, os discursos dos alunos enfatizaram de forma significativa aspectos comportamentais e atitudinais favorecidos pela dinâmica do futebol, como respeito aos colegas e às regras, colaboração, parceria, sentimento de responsabilidade, etc.

Os diálogos a seguir dos ALUNOS 16, 17,18 e 19 foram coletados durante 6º encontro.

> **ALUNO 16:** Respeito ao próximo, o atleta precisa dar bons exemplos.
> **ALUNO 17:** Muitos jogadores são de favelas e conseguem melhorar de vida, ficam milionários por causa do futebol.
> **ALUNO 18:** Precisa respeitar as regras do esporte.
> **ALUNO 19:** Não pode discutir com o juiz, pois poderá ser punido.

Na tabela abaixo, bastante elucidativa, há situações descritas pelo aluno 20 durante o 6º encontro.

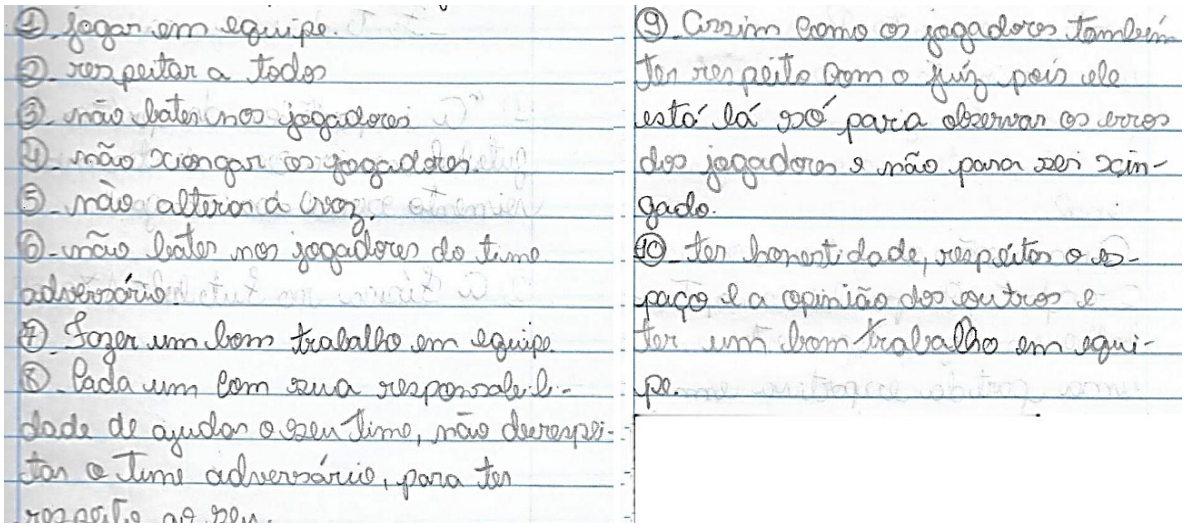
Tabela 34- Algumas questões sociais presentes no futebol.

Categorias	
Companheirismo	"No futebol o trabalho em equipe é fundamental para que se tenha um bom resultado, afinal um time não é apenas 2 ou 3 jogadores".
Respeito	"O futebol tem em cada time um líder que deve ser respeitado, além disso o respeito ao adversário deve ser exercido"
Honestidade	"Esse valor não é usado em algumas situações e é por isso que há um árbitro que observa e se for preciso, pune os jogadores".

Fonte (Elaborada pelo autor)

Ao citar os fatores sociais presentes em uma partida de futebol (ver figura 30), uma aluna descreveu no 6º encontro:

Figura 30 - Fatores sociais presentes em uma partida



Fonte: (Elaborada pelo aluno 21)

Para a aluna, jogar em equipe, respeitar a todos, não ofender, não alterar a voz, fazer um bom trabalho em equipe, ser honesto, são alguns fatores importantes em uma partida de futebol.

Assim, ensinar não se relaciona apenas com o aspecto cognitivo, mas também com conteúdo atitudinais e operacionais. Dessa forma, amplia-se o leque de possibilidades de intervenção pedagógica na formação do aluno, que deve ser considerado como sujeito multifacetado, intrincado em suas relações com o mundo.

Pensar dessa forma é educar para a autonomia do educando, é favorecer condições para a tomada de decisões críticas e coerentes, e isso requer o estabelecimento de relações humanas que não sejam de dominação, mas de equilíbrio, de diálogo e de e afetos.

Em um mundo atravessado pelas desigualdades e injustiças sociais e ambientais, cabe a nós, educadores, incorporar a valorização de todas as formas de vida, o respeito pelos diferentes saberes, a denúncia de quaisquer formas de exploração e dominação, as relações de solidariedade e a estética da diversidade. Esse exercício só foi possível nesta pesquisa por meio de relações pedagógicas baseadas na

autonomia e na libertação dos educandos. Durante o percurso da pesquisa, os educandos foram protagonistas de suas ações e puderam se pronunciar no mundo, conforme diálogos coletados no 3º encontro:

> **ALUNO 21:** Eu acho que deveria ter mais investimento em esportes, lazer, pois eu estava assistindo na televisão e vi que tem países que incentivam os estudantes a praticar esportes, eles até conseguem bolsas pra fazer faculdade.
> **ALUNO 22:** O esporte possui uma grande capacidade de socializar indivíduos de classes diferentes, religiões, gêneros, dentre outras diferenças presentes na nossa sociedade.

Pelas análises, podemos notar que a aprendizagem de Física não é para poucos selecionados; pelo contrário, uma abordagem bem planejada, contextualizada e dialógica pode resultar em avanços significativos nas abordagens conceituais presentes nos fenômenos físicos e no entendimento das equações, contidas nos conteúdos abordados. Para além disso, este projeto estimulou o pensamento crítico, a necessidade da pesquisa, a liberdade para dialogar e construir o conhecimento.

Concluímos, assim, que é possível ensinar Física através de uma prática que envolva o diálogo e o respeito aos saberes do educando. Notou-se durante toda a prática que quando dialogávamos sobre um determinado conceito físico, as diferentes opiniões agregavam conhecimento às respostas e, assim, a Física era naturalmente inserida no cotidiano do aluno.

Dessa forma, fomos ao longo do projeto descontruindo a ideia de que aprender Física é para poucos, para aqueles bem-dotados em cálculos matemáticos. Por meio da pedagogia dialógica, notamos um maior interesse dos alunos e disposição em aprender e pesquisar sobre o tema proposto e os conceitos nele envolvidos e, consequentemente, isso ampliou a compreensão de mundo desses alunos.

Por fim, o potencial contido nessas práticas dialógicas evoca que não apenas o ensino da Física, mas de Ciências em geral, pode denunciar e desconstruir os mitos e explicações mágicas por meio da apropriação crítica do conhecimento científico e de uma cultura investigativa, baseadas no respeito aos saberes dos educandos e no compromisso ético político de emancipação social.

5.4 Entrevistas

As entrevistas foram realizadas com os 28 alunos envolvidos nos encontros. Os alunos foram separados em grupos de, no máximo 4 alunos. Como o termo de livre consentimento esclarecido foi entregue no primeiro encontro os registros foram feitos com gravações de áudio, totalizando em torno de 3 horas de gravação e por esse motivo decidiu-se pegar uma amostra das entrevistas que estão relatadas abaixo. Trata-se de uma entrevista semiestruturada, porém foi elaborado um roteiro para auxiliar na dinâmica das entrevistas.

O roteiro das entrevistas foi composto por:

a) Uma breve apresentação do professor agradecendo a todos do grupo por estarem ali presentes, citando nome por nome demonstrando assim o respeito pelo entrevistado, garantindo o sigilo e anonimato em relação ao entrevistado;

b) Inicia-se a entrevista perguntando quais as atividades que mais marcaram durante os encontros? Pediu-se para citá-las e explicar o motivo da escolha;

c) Se eles notaram atividades que gostariam que fossem melhoradas?

d)Qual é a diferença de uma aula tradicional, ou seja, usando a oratório do professor, quadro, giz e a prática que nós desenvolvemos nesse projeto?

e) Por fim, termino agradecendo a participação dos alunos não somente na entrevista como também durante toda as participações nos encontros.

Segue abaixo os relatos das entrevistas:

PROFESSOR: Quais as atividades que mais marcaram durante os encontros?
ALUNO 1: Bom, acho que foram as aulas no campo de futebol.
PROFESSOR: Por que?
ALUNO 1: Ué, pois nós conseguimos reproduzir as jogadas que acontecem em uma partida de futebol, só que pensando nos conceitos físicos envolvidos.

ALUNO 2: Também acho que foi no campo de futebol pois foi diferente, não era só chutar a bola ou correr, tinha que fazer isso pensando em velocidade média, força, aceleração, se o vento ia influenciar no caminho da bola.

ALUNO 3: Eu já tinha lido no livro de Ciências de como se calcula velocidade média, mais por exemplo na hora de fazer no campo a velocidade média na cobrança do pênalti, nossa como é importante ter um cronômetro preciso pois é muito rápido e se você marcar errado o tempo da uma diferença muito grande na velocidade média.

ALUNO 4: Eu achei a aula no laboratório de informática, pois o simulador ajuda agente a entender melhor o que está por trás, simular com e sem a resistência do ar tem uma diferença muito grande.

ALUNO 5: Acho que foi na aula do laboratório que eu realmente entendi que a distância que a bola faz depende da velocidade do chute, do ângulo que o pé faz pra chutar, se têm ou não resistência do ar, pois quando você joga no simulador com e sem resistência do ar da uma diferença muito grande, então deu para esclarecer melhor.

PROFESSOR: Vocês voltaram a utilizar o simulador novamente?

ALUNO 6: Sim, às vezes eu uso em outras matérias também como na Matemática, eu também mostrei pro meu irmão que já está no ensino médio e ele também está usando nas matérias do colégio dele.

ALUNO 7: Bom se eu puder escolher e escolheria na sala de vídeo e no laboratório de informática por que gosto de tudo que tem tecnologia envolvida.

ALUNO 8: Pra mim foi na sala de vídeo e no campo de futebol pois tínhamos que reproduzir as jogadas vistas nos vídeos pensando nos conceitos físicos.

ALUNO 9: Gostei de tudo professor, gostei também das aulas de apresentação, foi legal comparar nossas respostas com outras dos colegas e depois sua aula no slide tirou nossas dúvidas.

ALUNO 10: Quando o senhor ia apresentando os conceitos pra gente, eu procurava depois vídeos no Youtube sobre o tema com vídeo aulas que envolvessem cálculos também, pois irei fazer a prova do IFES Colatina no final do ano, e eu li que cai esses conteúdos.

PROFESSOR: E o que você achou da parte conceitual que foi apresentada nos encontros, estava de acordo com os vídeos aulas que você assistiu?

ALUNO 11: Sim, totalmente de acordo, quando eu assistia aos vídeos tinha maior facilidade de entender depois das suas aulas.

O aluno se referia as aulas que envolveram os diálogos em grupos, as apresentações em formato de mesa redonda e a aula expositiva dialogada. Foi com grande satisfação que soube que o aluno ao final do ano letivo conseguiu aprovação no Instituto Federal do Espírito Santo Campus Itapina (Colatina).

PROFESSOR: atividades que gostariam que fossem melhoradas?

ALUNO 12: Acho que se tivesse mais tempo poderíamos ver também nos outros esportes que eu creio que deve ser quase a mesma coisa, vou pensar nisso depois.
ALUNO 13: Acho que não faltou nada queria que as aulas continuassem assim na verdade.
PROFESSOR: É uma sugestão interessantes a sua.
PROFESSOR: Qual é a diferença de uma aula tradicional, ou seja, usando a oratório do professor, quadro, giz e a prática que nós desenvolvemos nesse projeto?
ALUNO 14: Totalmente diferente, nós participamos realmente da aula do jeito que foi, até os mais quietinhos que não falam nada participaram.

Ao final das entrevistas agradeci a todos pela cooperação e participação em todas as etapas da pesquisa, sentindo grande satisfação demonstrada no comprometimento de todos os envolvidos, na curiosidade, buscando assim a necessidade de pesquisa, na alegria percebida durante os momentos vividos, da reflexão, da crítica e principalmente do respeito ao próximo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensino de Física, no ensino médio, depende, em grande escala, da formação conceitual do aluno egresso do ensino fundamental. Ao final dessa pesquisa, obtivemos fortes indícios de que a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos se mostrou eficaz na construção dessa formação conceitual em física para alunos do nono ano do ensino fundamental na disciplina de ciências. Através das informações coletadas nos questionários, diário de bordo e entrevistas, percebeu-se que, além de tornar as aulas de ciências mais integradoras e significativas, a proposta foi capaz de elevar significativamente a capacidade investigativa dos estudantes, por meio do fomento da problematização de fatos e conceitos e de ações dialógicas entre os envolvidos.

A comparação entre o pré-teste e o pós-teste demonstrou um avanço considerável no nível de aprendizado da turma sobre os conteúdos de mecânica relacionados com força e movimento no nono ano do ensino fundamental e sua relação com o futebol. Como um resultado importante dessa pesquisa apresentamos uma proposta de ensino já testada com êxito e que pode ser implementada por outros professores para ensinar a cinemática e o início da dinâmica de forma totalmente contextualizada integrando a física e o esporte, no caso o futebol. A proposta também pode ser adaptada facilmente para outros esportes que usem bolas. Além disso, pode ser usada tranquilamente no primeiro ano do ensino médio.

Como consequência das análises, o produto educacional fruto desta pesquisa, consiste em um guia prático que, na primeira fase, trata da preparação do ambiente para a aplicação da metodologia 3MP. Nessa etapa, é necessário que toda escola seja conscientizada do projeto pedagógico e se empenhe em sua implementação, organizando sua equipe e provendo os materiais e recursos a serem usados utilizados. Durante a etapa inicial de realização da intervenção, os alunos podem ou não passar por um teste inicial para avaliar a sua formação conceitual. Esse teste, diferentemente dos convencionais, deve ter como objetivo avaliar a capacidade que o aluno tem de conceituar e estabelecer relações entre os conceitos básicos da matéria

que o professor pretende ensinar. Mas o teste pode ser substituído por uma discussão inicial sobre a física presente no futebol ou nos esportes em geral.

No segundo momento desta pesquisa, de organização do conhecimento, os alunos sistematizaram seus conhecimentos, confrontando seus conhecimentos prévios com o conhecimento científico, para melhor interpretar os fenômenos e situações ocorridas/simuladas em campo de futebol, na sala de aula e no Laboratório de Informática. A realização da atividade prática no campo de futebol permitiu que as problematizações feitas se tornassem concretas no momento que os alunos foram desafiados a realizarem as jogadas e experimentos físicos.

Além disso, foi possível o uso de tecnologias no ensino do conteúdo tais como simulações computacionais e vídeos para facilitar a visualização de fenômenos físicos, tornando possível o estudo de situações contextualizadas e o mais real possível. O uso de tecnologias aproxima o aluno do seu quotidiano, pois ele já vive imerso no mundo digital.

Por fim, no terceiro momento, de aplicação desse conhecimento mais sistematizado, constatou um retorno às questões iniciais e a problematização mais elaborada das respostas dos alunos, com consequente ampliação de suas conceituações científicas e de compreensão dos fenômenos.

Como a metodologia dos 3MP se alinha aos ideais freirianos de uma educação emancipatória, esse projeto foi desenvolvido na perspectiva de uma pedagogia dialógica e isso favoreceu o surgimento de elementos fundamentais de potencial transformador, como problematização, contextualização, pesquisa, intercâmbio de saberes, respeito e diversidade.

Pela constatação de que o ensino dialógico possibilita (trans) formações e (re) criações no currículo e no cotidiano da sala de aula, e sem pretender o esgotamento das questões aqui desenvolvidas, o meu desejo é que a leitura desta dissertação inspire os leitores a outras possibilidades de exploração de temáticas em Ciências por meio da metodologia dos 3MP.

Nos encontros e na entrevista final foi possível constatar grande participação dos alunos através de discursos, onde percebeu-se conceitos freirianos e assim acreditamos que a proposta de ensino pode ser considerada dialógica.

Quanto ao alcance dos objetivos, notou-se, através das análises dos questionários inicial e final, que a metodologia dos 3MP contribuiu de forma significativa para a formação conceitual dos alunos. Daí a elaboração de um guia prático de ensino de conceitos de Física, envolvidos na dinâmica de partidas de futebol.

Com relação ao meu relato pessoal sobre a pesquisa, pude entender que é de fundamental importância valorizar o conhecimento do aluno, o diálogo para parte de construção do conhecimento. Que o conhecimento se constrói através da participação de todos os sujeitos envolvidos. E esse contato me fez repensar minhas práticas como docente e a forma de avaliar meu aluno, desde então valorizo e incentivo os diálogos, as opiniões, os debates tanto nas aulas de Física como de Matemática nas escolas em que trabalho. Essa mudança na forma de pensar e conduzir as aulas talvez sejam o maior legado que essa pesquisa trouxe para minha vida docente.

REFERÊNCIAS

ABREU, Josyane Barros; FREITAS, Nadia Magalhães da Silva.. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** v. 19, p. 1-19, 2017 .

AGUIAR, C.E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol**. Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 26, n. 4, p. 297-306, Dec. 2004 .

ALBUQUERQUE, Braulio Alves; BARROSO, Marcia Teixeira; BATISTA, Ivanira Sales. três momentos pedagógicos para o ensino de ácidos graxos e gorduras, na educação de jovens e adultos. **X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciencias**.,Sevilla, p. 5091-5096. 2017

ALMEIDA, Bruno Seixas Gomes de; SILVA, Robson Coutinho. Aerodinâmica de bolas. **Rev. Bras. Ensino Fís**., São Paulo , v. 37, n. 3, p. 3505-1-3505-9, Set. 2015.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** Lisboa: Ed. 70, 1977.

BONADIMAN, Helio; NONENMACHER, Sandra E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Cad. Bras. Ens. Fís**., v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007.

BRASIL, MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 1999.

BROIETTI, Fabiele Cristiane Dias. FERRACIN, Talita Parpinelli. ARRIGO, Viviane**. Explorando el concepto de "Densidad" con estudiantes de educación secundaria. Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v. 13, n. 2, p. 201-217, 3 maio 2018.

BULEGON, Ana Marli; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Contributions of learning objects give to rise the development of critical thinking in students in Physics classes. **Ciênc. educ. (Bauru),** Bauru , v. 21, n. 3, p. 743-763, Set. 2015 .

CALDAS, H. E MAGALHÃES, M. E. **Rolamento sem escorregamento: atrito estático ou atrito de rolamento? Vitória**, Cad.Cat.Ens.Fís., v.17, n.3: p.250-269, dez. 2000.

CANDIDO, J. C. C. **Uma Proposta de Ensino de Eletromagnetismo baseada nos Efeitos da Corrente Elétrica, através do uso de Vídeos, Experimentos e uma Visita na Escola de Ciência Física de Vitória**. 2018.

CARAMELLO, Giselle Watanabe; ZANOTELLO, Marcelo; PIRES, Marcelo Oliveira da Costa. A perspectiva freireana na formação continuada de professores de física. Alexandria: **Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 51-72, nov. 2014.

CATELLI, Francisco; GIOVANNINI, Odilon; LAURIDO, Valdinei Gomes. "Demonstration" of inertia's law?.**Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 38, n. 4, e4312, 2016.

CENTA, Fernanda Gall e MUENCHEN, Cristiane. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n.1, p. 263-291, 2016.

CRESTANI, Eva Rita Machado Ferreira; LOCATELLI, Aline; FREITAS GOMES, Vitória. O ensino de química no paisagismo dos três momentos pedagógicos: uma análise das produções científicas. **Revista Brasileira de Ensino Superior,** Passo Fundo, v. 3, n. 4, p. 113-135, dez. 2017.

CRUZ, A. R. **Futebol Brasileiro:** um caminho para a inclusão social. São Paulo. Ed. Esfera. 2003.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. **Física**. São Paulo: Cortez, 1990.

DELIZOICOV, Demétrio. ANGOTTI, José André Peres. PERNAMBUCO, Marta Maria. **Ensino de ciências:** fundamentos e métodos. São Paulo, SP: Cortez, 2002.

DUARTE, Marcos. OKUNO, Emico. **Física do futebol: mecânica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

EINSTEIN, Albert, **Como vejo o mundo**. (Trad. H. P. de Andrade). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

FERRARI, Paulo Celso; ANGOTTI, José André Peres; TRAGTENBERG, Marcelo Henrique Romano. Educação problematizadora a distância para a inserção de temas contemporâneos na formação docente: uma introdução à Teoria do Caos. **Ciênc. educ. Bauru** , v. 15, n. 1, p. 85-104, 2009 .

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do oprimido:** (ed. 17) Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987

HALLIDAY, David. RESNICK, Jearl Walker. **Fundamentos de física**, **volume 1:** mecânica; (8ª ed.), (trad. Ronaldo Sérgio de Biasi.), Rio de Janeiro : LTC, 2009.

HALLIDAY, David. RESNICK, Jearl Walker. **Fundamentos de física, volume 2**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica; (8ª ed.), (trad. Ronaldo Sérgio de Biasi.), Rio de Janeiro : LTC, 2009.

KNIGHT, Randall D. **Física: uma abordagem estratégica**. (2 ed.) (trad.Triest Freire Ricci). Porto Alegre: Bookman. 2009.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de**.** Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 562-613, ago. 2012.

MCCLELLAND, J. A. Técnica de questionário para pesquisa. **Revista Brasileira de Física**, v. 1, n. 1, p. 93–101, 1976.

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio**.** A construção de um processo didático-pedagógico dialógico: aspectos epistemológicos. **Ens. Pesqui. Educ. Ciênc.** (Belo Horizonte), Belo Horizonte , v. 14, n. 3, p. 199-215, Dec. 2012 .

MUENCHEN, Cristiane; DELIZOICOV, Demétrio. The three pedagogical moments and the production context of the book named Física**. Ciênc. educ. Bauru** , v. 20, n. 3, p. 617-638, Set. 2014 .

RODRIGUES, Nelson. **À Sombra das Chuteiras Imortais**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.

NEWTON, ISAAC. **The Mathematical Principies of Natural Philosophy.** (trad. Andrew Motte). Londres: Benjamin Motte, 1729.

NUSSENVEIG, H. Moyses. **Curso de Física Básica**: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor, v. 2. (3. Ed.) São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

OLIVEIRA, Leandro Gonçalves; LYRA, Daniella Galiza Gama; BARRIO, Juan Bernardino Marques. Os Três Momentos Pedagógicos no estudo da Dengue para a Educação de Jovens e Adultos: um diálogo possível. **Revista Tecné**, n. extra, 2014.

OLIVEIRA, Maria Rita N. S. **Trabalho Formação e Currículo**, São Pauo: Xamã, 1999.

PANIZ, Catiane Mazocco et al. Os “três momentos pedagógicos” como estruturantes de Currículos: o estudo da realidade e os temas geradores na educação em ciências. **Reflexão e Ação**, Santa Cruz do Sul, v. 26, n. 2, p. 249-266, maio 2018.

RODRIGUES, Nelson. **A pátria de chuteiras**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2013.

RUSSEL, Bertrand. **An Inquiry into meaning and truth**. Londres: George Allen and Uwin ltda, 1940.

SOUZA, P.V.S.; DONANGELO, R**.** Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem. **Rev. Bras. Ensino Fís**., São Paulo , v. 34, n. 3, p. 1-6, Set. 2012

STRASBURG, Thiago Cavalcanti Ribeiro. Et al. **Aproximações da perspectiva freireana: um olhar a partir das ideias dos alunos nas aulas de Física.** X congreso internacional sobre investigación en didáctica de las ciências. Sevilla: 5-8 de setembro de 2017.

VERTCHENKO, Lev; VERTCHENKO, Larissa. Determinação da viscosidade por meio da velocidade terminal: uso da força de arrasto com termo quadrático na velocidade. **Rev. Bras. Ensino Fís**., São Paulo , v. 39, n. 4, e4304, 2017.

APÊNDICES

Apêndice A - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos você_____,após autorização dos seus pais (ou dos responsáveis legais) para participar como voluntário (a) da pesquisa: O FUTEBOL COMO ABORDAGEM TEMÁTICA NA APRENDIZAGEM DE MECÂNICA NO ENSINO FUNDAMENTAL**.** Esta pesquisa é da responsabilidade do pesquisador Henrique Simões de Miranda Neto (Rua Tomé de Souza, nº 60, Centro, Baixo Guandu-ES; CEP 29730-00/(27)999235498/(henriquemirandaneto@gmail.com) e está sob a orientação da Dra. Mariluza Sartori Deorce Telefone: (27) 9- 9942-4825, e-mail (mariluza@ifes.edu.br) e do Dr. Luiz Otávio Buffon Telefone: (27) 9-8821-0854, email (buffon@ifes.edu.br).

O objetivo dessa pesquisa é investigar como se dá o processo ensino aprendizagem de Mecânica por meio do jogo de futebol, aplicando os três momentos pedagógicos, analisar pedagogicamente os encontros do desenvolvimento do projeto, construir um guia didático que contenha a descrição das atividades desenvolvidas, contribuir para a formação de cidadãos críticos por meio de interpretação das inter-relações que envolvem a prática do Futebol com os elementos de Mecânica presentes nesse esporte.

A direção e a equipe pedagógica da escola EMEIEF Benevenuto Clementino Gobbo estão cientes da importância dessa pesquisa, e estão em total acordo e apoiando as decisões previamente combinadas. Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação. Garantimos ainda sigilo que assegura a sua privacidade quanto aos dados confidenciais envolvidos na pesquisa.

Você será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida e estará livre para decidir participar ou recusar-se. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento, sem nenhum prejuízo.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO DA PESQUISA

Eu li e entendi os detalhes descritos neste documento. Concordo que os dados coletados para o estudo sejam usados para o propósito acima descrito.

Baixo Guandu-ES, _____ de Fevereiro de 2018.

Nome legível do aluno:

Assinatura do responsável legal do aluno:

Nome e RG do responsável do aluno:

Apêndice B - QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIO E DE AVALIAÇÃO FINAL

1) O que você entende por velocidade?

_____
_____
_____
_____

2) Explique como você calcularia a velocidade média de uma cobrança de falta (FIGURA 1) até a bola chegar ao gol supondo que ela não bata em nenhum jogador no caminho.

_____
_____
_____
_____

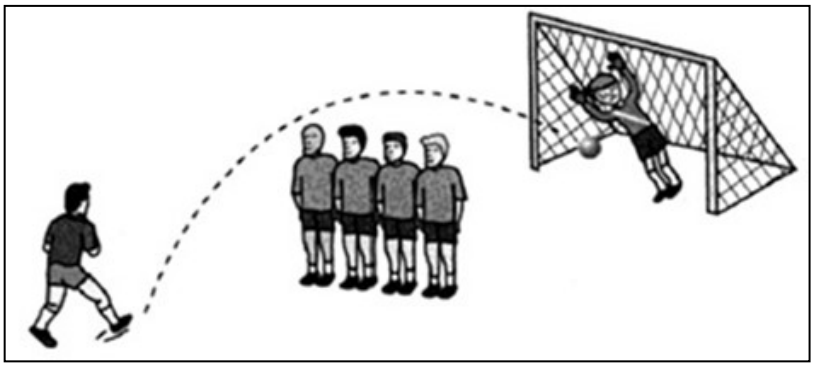


Figura 1

3) Analise a afirmação. Na FIGURA 1 em alguns momentos a bola possui velocidade maior do que a velocidade média e em outros momentos possui velocidade menor do que a velocidade média.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

4) Explique porque a trajetória da bola na FIGURA 1 é uma curva no qual a bola sobe e depois desce?

_____
_____
_____
_____

5) O que você entende por aceleração?

_____
_____
_____
_____

6) Você acha que existe relação entre velocidade e aceleração?

( ) sim ( ) não

Explique?

_____
_____
_____
_____

7) Que tipos e quais as causas das acelerações que atuam na FIGURA 1?

Em quais momentos elas atuam desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

8) O que você entende por força?

_____
_____
_____
_____

9) Você acha que existe relação entre aceleração e força?

( ) sim ( ) não

Explique?

_____
_____
_____
_____

10)Que tipos de forças atuam na FIGURA 1?

Em quais momentos elas atuam desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro?

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Analise as afirmações e responda as questões 11, 12 e 13, a seguir, considerando a seguinte situação. Suponha que uma bola seja chutada por um jogador tal que ela siga uma trajetória horizontal e retilínea sobre o gramado, de forma que sua velocidade registre um valor constante. Despreze os efeitos de rotação da bola.

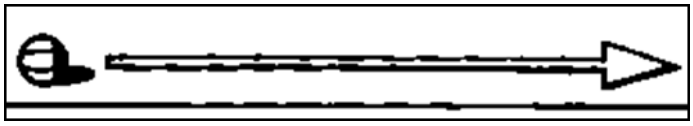


FIGURA 2

11)A força resultante, que atua sobre a bola no trajeto, tem o mesmo sentido da velocidade.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

12)A resultante das forças que atuam sobre a bola, ao longo do trajeto, é nula.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

13)A aceleração da bola ao longo do trajeto é nula.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

14) Num contra-ataque um atacante sozinho dribla o goleiro e displicentemente chuta fraco e rasteiro em direção ao gol. Para desespero de sua torcida a bola é freada pelo atrito com o gramado e para em cima da linha do gol. Suponha

que as velocidades desde o momento do chute em função do tempo são dadas abaixo:

Tempo (s)	0	1	2	3	4	5
Velocidade (m/s)	15	12	9	6	3	0

Analise a seguinte afirmação. A partir dos dados concluímos que a desaceleração da bola é constante.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

Nas questões 15, 16 e 17 utilize a FIGURA 3 abaixo, onde um goleiro repõe a bola em jogo de forma que ela descreve a trajetória mostrada. Considere a resistência do ar sobre a bola desprezível. O ponto B é o ponto mais alto da trajetória. Responda às questões:

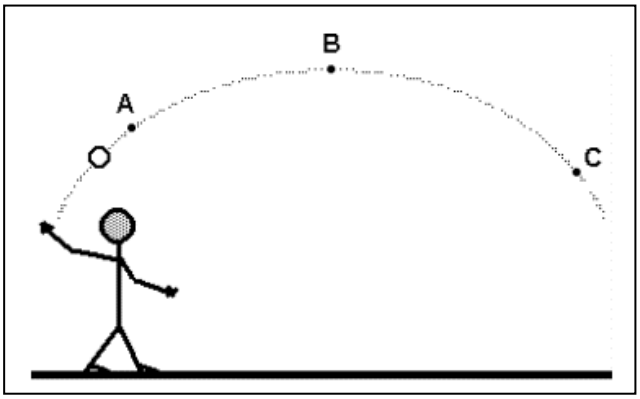


FIGURA 3

15) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

16) No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

17) No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

18)Desprezando a resistência do ar, se um jogador quiser chutar a bola o mais longe possível, em qual ângulo deverá direcionar a bola

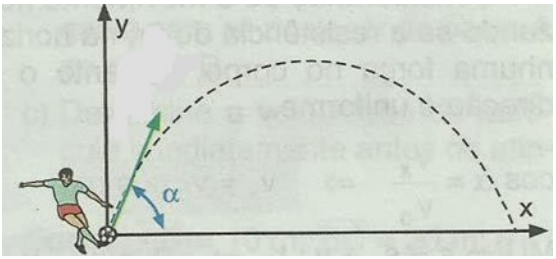


FIGURA 4

A) 30° B) 45º C) 60° D) 70º

19)Explique que tipo de influência a resistência do ar pode provocar na trajetória desenvolvida pela bola e também na velocidade da bola chutada pelo jogador na FIGURA 4 acima.

_____

_____

_____

_____

20) O que você entende por energia e quais são os seus tipos?

_____

_____

_____

_____

21) Num tiro de meta batido por um goleiro, a bola sobe e depois desce. Levando em conta a resistência do ar quais os tipos de energias estão envolvidas?

Explique como surgem.

_____

_____

_____

_____

22) Após a cobrança de uma falta, num jogo de futebol, a bola chutada acerta violentamente o rosto de um zagueiro. A foto na FIGURA 5 mostra o instante em que a bola se encontra muito deformada devido às forças trocadas entre ela e o rosto do jogador. Analise a seguinte afirmação. Visto que a bola está se deslocando em alta velocidade e o rosto do jogador está quase em repouso, podemos afirmar que a força que a bola faz no rosto será maior do que a força que o rosto faz na bola.

FIGURA 5

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

23) Se o local de batida do escanteio está alinhado com as traves deveria ser impossível fazer um gol de escanteio. Explique a origem da força que faz o efeito e curva a trajetória permitindo o gol fazer o gol de escanteio que alguns jogadores conseguem fazer e também efeitos que encurvam as trajetórias em chutes para o gol.

FIGURA 6

FIGURA 7

Apêndice C - QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

Nomes dos componentes:

1) Como o batedor de falta consegue superar a barreira?

Resposta:_____
_____
_____
_____
_____

Resposta após o debate:

_____
_____
_____
_____
_____

2) A quais variáveis ele deve ficar atento?

Resposta:_____
_____
_____
_____

Resposta após o debate:

_____
_____
_____
_____

3) Qual a influência da proximidade da barreira?

Resposta:_____
_____
_____
_____
_____

Resposta após o debate:

_____
_____
_____
_____
_____

4) É possível o goleiro pegar um pênalti batido no canto?

Resposta:_____
_____
_____
_____
_____

Resposta após o debate:

_____
_____
_____
_____
_____

5) Como é a batida mais difícil de ser defendida?

Resposta:_____
_____
_____
_____

Resposta após o debate:

_____
_____
_____
_____
_____

6) Como é possível fazer um gol de escanteio?

Resposta:_____
_____
_____
_____
_____

Resposta após o debate:

_____
_____
_____
_____
_____

Apêndice D - SIMULAÇÃO PHET / APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

Objetivos: Os grupos de alunos terão à disposição o simulador e através de situações propostas por eles irão investigar as situações abaixo? Os grupos terrão que descrever os procedimentos usados, inclusive com dados numéricos e as conclusões.

Grupo:_____
_____
_____

Supor sem resistência do ar.

1) Como a alcance, tempo de voo e altura depende da velocidade de lançamento?

_____
_____
_____
_____

2) Como a alcance, tempo de voo e altura depende do ângulo de lançamento (Varie entre 30°, 45° e 75°)?

_____
_____
_____
_____

3) Existem dois ângulos diferentes que dão o mesmo alcance? Se sim qual?

_____
_____
_____
_____

4) Como a alcance, tempo de voo e altura depende da massa do objeto?

_____
_____
_____
_____

5) Como a alcance, tempo de voo e altura depende do diâmetro do objeto?

_____
_____
_____
_____

6) Compare os tempos de subida e de descida. O que se pode concluir?

_____
_____
_____
_____

7) Uma hipotética variação da aceleração da gravidade influenciaria os valores de quais grandezas?

_____
_____
_____
_____

8) Como se comportam as componentes horizontal e vertical da velocidade ao longo do movimento? Explique por quê?

_____
_____
_____
_____

Com resistência do ar fixe a velocidade, o ângulo e a aceleração da gravidade.

1) Como a alcance, tempo de voo e altura depende da massa? Explique por quê?

_____
_____
_____
_____

2) Como a alcance, tempo de voo e altura depende do diâmetro? Explique por quê?

_____
_____
_____
_____

3) Como se comportam as forças peso (FP) e as componente vertical (Fdy) e horizontal (Fdx) da resistência do ar ao longo do movimento? Explique por quê?

_____
_____
_____
_____

4) Existe algum ponto durante o movimento onde o Peso FP é nulo? Explique por quê?

_____
_____
_____
_____

5) Existe algum ponto durante o movimento onde a componente vertical (Fdy) é nula? Explique por quê?

_____
_____
_____
_____

6) Existe algum ponto durante o movimento onde a componente horizontal (Fdx) é nula? Explique por quê?

_____

_____

_____

_____

7) Você pode concluir que a força de resistência do ar depende de quais fatores? Explique por quê?

_____

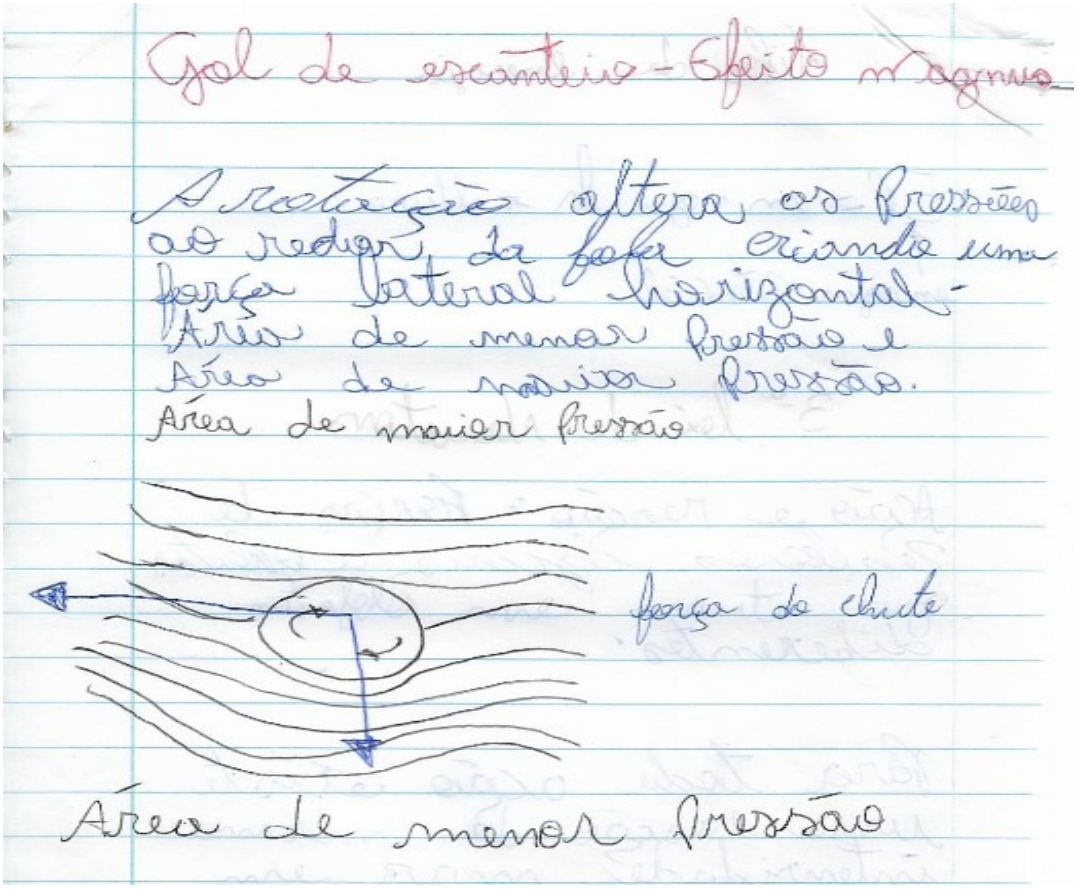
_____

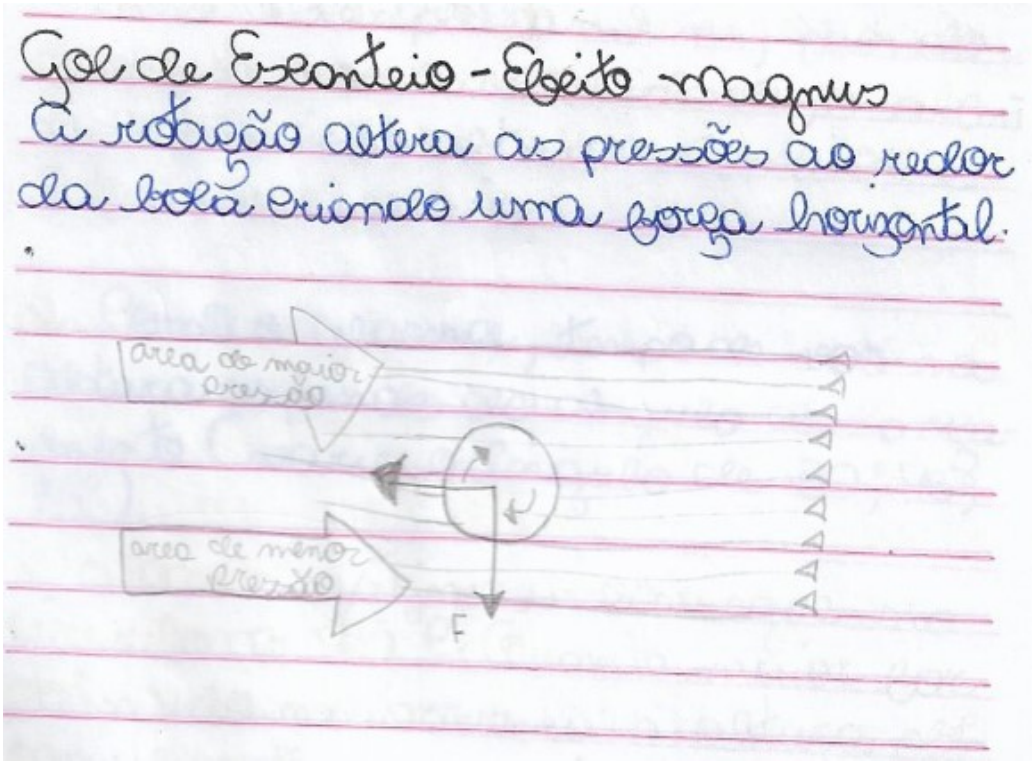
_____

_____

_____

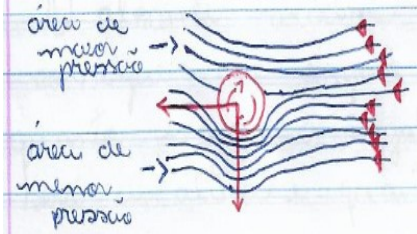
Apêndice E - PESQUISA SOBRE O EFEITO MAGNUS PRODUZIDA PELOS ALUNOS





- Gol de Escanteio -
- Efeito Magnus -

A rotação altera as pressões ao redor da bola criando uma força lateral horizontal.



ÁREA DE MAIOR PRESSÃO E ÁREA DE MENOR PRESSÃO.

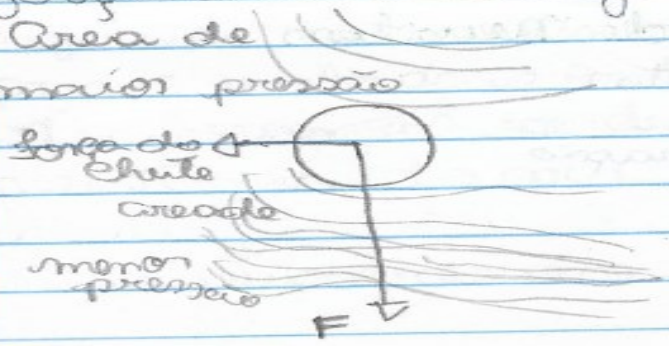
Aplicação: A força que sustenta os aviões.

A asa de um avião é mais curva na parte de cima. Isto faz com que o ar passe mais rápido na parte de cima do que na de baixo da asa.

De acordo com a equação de Ber

- Efeito Magnus -

A rotação altera as pressões ao redor da bola criando uma força lateral horizontal.



Área de maior pressão, área de menor pressão.

A força que sustenta os aviões

A asa de um avião é mais curva na parte de cima. Isto faz com que o ar passe mais rápido na parte de cima do que na de baixo de cada asa.

De acordo com a equação de Bernoulli, a pressão do ar em cima da asa será menor.

Força de resistencia do ar

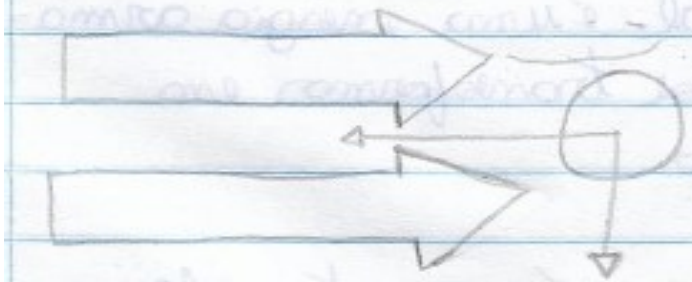
resistencia do Ar é uma força que atua no sentido contrário do movimento de um objeto quaisquer.

Eseito Magnus

O eseito Magnus é o senomen pelo qual a rotação de um objeto altera sa tragetoria em um sluido(liquido ou gás)

Efeito Magnus

A rotação altera as pressões ao redor da bola criando uma força lateral horizontal.



Apêndice F - PRODUTO EDUCACIONAL

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

9º ANO

MATERIAL DIDÁTICO

FORÇA E MOVIMENTO

HENRIQUE SIMÕES DE MIRANDA NETO
MARILUZA SARTORI DEORCE
LUIZ OTÁVIO BUFFON

Material didático

IFES - 2019

Qualquer parte desta publicação pode ser reproduzida, desde que citada a fonte.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO **4**
INTRODUÇÃO **5**
CAPÍTULO 1 ..... **6**
QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS 6
1.1 Questões problematizadoras 6
CAPÍTULO 2 ..... **12**
VÍDEOS DE LANCES DE FUTEBOL 12
QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO 13
CAPÍTULO 3 ..... **15**
PLATAFORMA PHET E LANÇAMENTO OBLÍQUO 15
QUESTIONÁRIO PHET 16
CAPÍTULO 4 ..... **19**
AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA 19
REFERÊNCIAS **28**

APRESENTAÇÃO

Estudar Física é um desafio para a maioria dos alunos do Ensino Médio. Quando o aluno abre um livro dessa disciplina e se depara com um monte de fórmulas, aparentemente estudar física parece não haver significado algum quando o que se vê nada mais é de que, um emaranhado de fórmulas matemáticas. Para conseguir passar nos testes, algumas pessoas desenvolvem técnicas para decorar as fórmulas e aplicá-las na solução de problemas cujo enunciado reflete uma situação muito distante do nosso dia-a-dia. Isso resulta em um aprendizado deficiente.

Esse livro tem os seguintes objetivos:

1- **Desenvolver, desde o 9º Ano do Ensino Fundamental II, conceitos que familiarizem o aluno com o conteúdo de Mecânica Clássica, uma das primeiras unidades programáticas que estudamos em Física.**

2- **Contextualizar o Ensino da Física relacionando seu conteúdo a atividades do dia-a-dia do aluno.**

3- **Relacionar o conteúdo "Mecânica Clássica" a atividades prazerosas, como a prática de esportes, especificamente, o futebol.**

INTRODUÇÃO

O livro terá início por meio de um pré-teste, contendo 23 questões. As questões tem por finalidade de avaliar a percepção que o leitor tem dos conceitos básicos da Mecânica, estudados em Física, assim como a relação existente entre eles, isto é, as proposições.

Além disso, durante os capítulos haverá questionamentos em que serão apresentadas situações do cotidiano, vivenciadas em partidas de futebol. As questões cobram explicações para certos fenômenos, como curvas que a bola fazia dependendo da forma como o jogador a arremessava ou a chutava.

A partir de informações apontadas pelo teste inicial, procede-se à intervenção, dividindo as atividades entre os capítulos. Durante todo o livro, os leitores serão orientados sobre métodos de pesquisa, ferramentas de busca na internet, livros e artigos sobre os assuntos discutidos no encontro.

O pré-teste é aplicado no primeiro capítulo daí os leitores serão apresentados, gradualmente e conceitualmente, aos conteúdos relacionados a Mecânica. Recomenda-se para um melhor aproveitamento das atividades equipamentos de mídia para assistir os vídeos propostos assim como um computador para o uso do simulador PhET. Os simuladores e roteiros para pesquisas aprofundam os conceitos e princípios científicos. E no final há um capítulo sobre física do futebol e ao terminar a leitura recomenda-se refazer o teste inicial do capítulo 1.

CAPÍTULO 1

QUESTIONÁRIO DE CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Para que o leitor possa avaliar seus conhecimentos prévios de Força e Movimento foi elaborado um teste inicial que se encontra abaixo. Sugere-se que durante a resolução do teste, o leitor reflita sobre os conceitos físicos envolvidos em cada umas das questões. As questões foram elaboradas levando em consideração as jogadas que são comuns em uma partida de futebol. As questões abordam conceitos como velocidade, aceleração, força, energia, força de resistência do ar, lançamento Obliquo e Efeito Magnus.

1.1 Questões problematizadoras

1) O que você entende por velocidade?

_____
_____
_____
_____

2) Explique como você calcularia a velocidade média de uma cobrança de falta (FIGURA 1) até a bola chegar ao gol supondo que ela não bata em nenhum jogador no caminho.

_____
_____
_____
_____

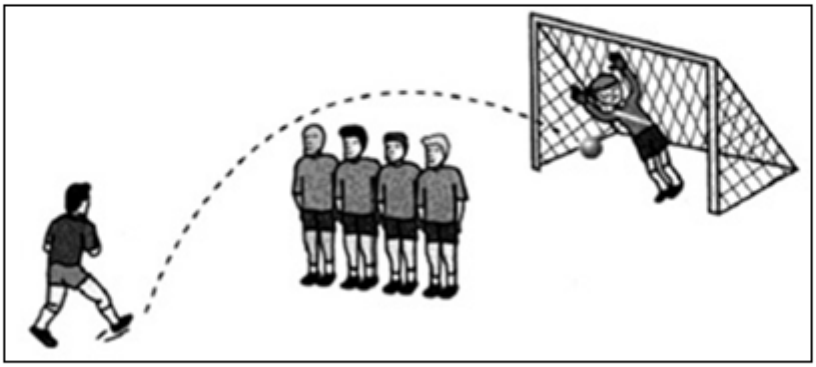


Figura 1

3) Analise a afirmação. Na FIGURA 1 em alguns momentos a bola possui velocidade maior do que a velocidade média e em outros momentos possui velocidade menor do que a velocidade média.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

4) Explique porque a trajetória da bola na FIGURA 1 é uma curva no qual a bola sobe e depois desce?

5) O que você entende por aceleração?

6) Você acha que existe relação entre velocidade e aceleração?

( ) sim ( ) não

Explique?

7) Que tipos e quais as causas das acelerações que atuam na FIGURA 1?

Em quais momentos elas atuam desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro?

8) O que você entende por força?

9) Você acha que existe relação entre aceleração e força?

( ) sim ( ) não

Explique?

_____
_____
_____
_____

10)Que tipos de forças atuam na FIGURA 1?

Em quais momentos elas atuam desde o instante em que o pé do jogador encosta na bola em repouso até o momento em que a bola se encontra em repouso na mão do goleiro?

_____
_____
_____
_____
_____
_____

Analise as afirmações e responda as questões 11, 12 e 13, a seguir, considerando a seguinte situação. Suponha que uma bola seja chutada por um jogador tal que ela siga uma trajetória horizontal e retilínea sobre o gramado, de forma que sua velocidade registre um valor constante. Despreze os efeitos de rotação da bola.

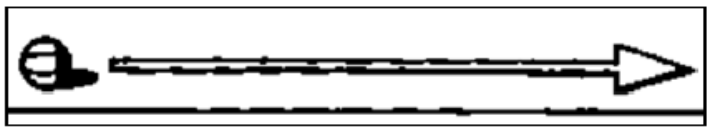


FIGURA 2

11)A força resultante, que atua sobre a bola no trajeto, tem o mesmo sentido da velocidade.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

12)A resultante das forças que atuam sobre a bola, ao longo do trajeto, é nula.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

13)A aceleração da bola ao longo do trajeto é nula.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

14) Num contra-ataque um atacante sozinho dribla o goleiro e displicentemente chuta fraco e rasteiro em direção ao gol. Para desespero de sua torcida a bola é freada pelo atrito com o gramado e para em cima da linha do gol. Suponha que as velocidades desde o momento do chute em função do tempo são dadas abaixo:

Tempo (s)	0	1	2	3	4	5
Velocidade (m/s)	15	12	9	6	3	0

Analise a seguinte afirmação. A partir dos dados concluímos que a desaceleração da bola é constante.

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

Nas questões 15, 16 e 17 utilize a FIGURA 3 abaixo, onde um goleiro repõe a bola em jogo de forma que ela descreve a trajetória mostrada. Considere a resistência do ar sobre a bola desprezível. O ponto B é o ponto mais alto da trajetória. Responda às questões:

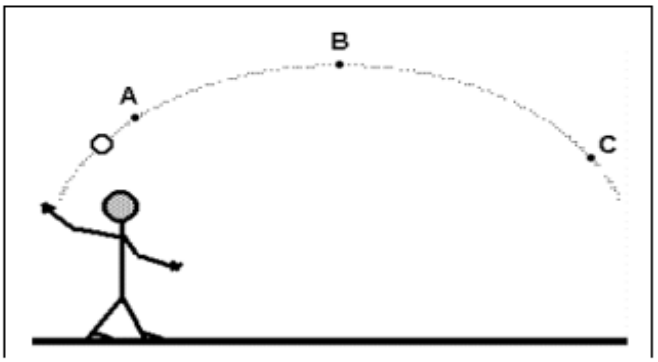


FIGURA 3

15) No ponto A, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

16)No ponto B, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

17)No ponto C, qual é o esquema que melhor representa a(s) força(s) sobre a bola?

18)Desprezando a resistência do ar, se um jogador quiser chutar a bola o mais longe possível, em qual ângulo deverá direcionar a bola

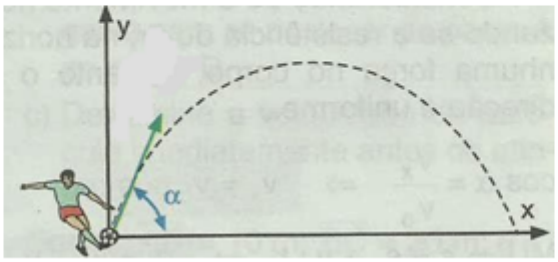


FIGURA 4

A) 30° B) 45º C) 60° D) 70º

19)Explique que tipo de influência a resistência do ar pode provocar na trajetória desenvolvida pela bola e também na velocidade da bola chutada pelo jogador na FIGURA 4 acima.

_____

_____

_____

_____

20) O que você entende por energia e quais são os seus tipos?

_____

_____

_____

_____

21) Num tiro de meta batido por um goleiro, a bola sobe e depois desce. Levando em conta a resistência do ar quais os tipos de energias estão envolvidas?

Explique como surgem.

_____

_____

_____

_____

22) Após a cobrança de uma falta, num jogo de futebol, a bola chutada acerta violentamente o rosto de um zagueiro. A foto na FIGURA 5 mostra o instante em que a bola se encontra muito deformada devido às forças trocadas entre ela e o rosto do jogador. Analise a seguinte afirmação. Visto que a bola está se deslocando em alta velocidade e o rosto do jogador está quase em repouso, podemos afirmar que a força que a bola faz no rosto será maior do que a força que o rosto faz na bola.

FIGURA 5

( ) Concordo plenamente ( ) Concordo parcialmente ( ) Sem opinião

( ) Discordo parcialmente ( ) Discordo plenamente

23) Se o local de batida do escanteio está alinhado com as traves deveria ser impossível fazer um gol de escanteio. Explique a origem da força que faz o efeito e curva a trajetória permitindo o gol fazer o gol de escanteio que alguns jogadores conseguem fazer e também efeitos que encurvam as trajetórias em chutes para o gol.

FIGURA 6

FIGURA

CAPÍTULO 2

VÍDEOS DE LANCES DE FUTEBOL

Quando se assiste uma partida de futebol somos agraciados com lances incríveis e gols magníficos. É impressionante o que os grandes craques podem fazer com a bola: cobranças de falta, dribles desconcertantes, chutes maravilhosos que encantam a torcida e marcam a história. Em cenas de partidas profissionais de futebol, fenômenos físicos relevantes se fazem presentes tais como: cobranças de falta onde ocorrem curvas; chutes sobre a barreira que resultem em gols, a força de um chute, o alcance máximo de uma bola após o goleiro cobrar o tiro de meta, a incrível velocidade de um jogador, dentre outras jogadas importantes de serem analisadas fisicamente.

Sugestão de Vídeos:

Acesse os vídeos indicados abaixo:

Vídeos temáticos sobre Futebol

Vídeo	Título	Link
1	Incrível gol de Roberto Carlos pela Seleção - Brasil x França 03/06/1997	https://www.youtube.com/watch?v=ItZwYNWUONw
2	Top 5 - Cobranças de Pênaltis com PARADINHA	https://www.youtube.com/watch?v=o4gaCv3_ICA
3	Top 6 Melhores gols de escanteios (Gols Incríveis)	https://www.youtube.com/watch?v=TiNmYv07Odo
4	Na indonésia jogador supera velocidade de Bolt e faz gol INCRÍVEL	https://www.youtube.com/watch?v=CF9tcP3PnIA

Fonte: (Elaborada pelo autor).

Abaixo temos algumas perguntas sugestivas e que precisam serem respondidas, reflita sobre o assunto e responda cada uma delas.

Vídeo 1 (Gol de Roberto Carlos): O primeiro vídeo é referente ao famoso "Gol de Roberto Carlos" contra a França, 3 de junho de 1997. Nesse vídeo o leitor deverá identificar conceitos físicos como velocidade da bola durante a trajetória, força do chute, a curva feita pela bola durante sua trajetória.

Vídeo 2: (Cobranças de pênalti): Nesse vídeo o leitor deverá identificar possibilidades de como um goleiro poderia pegar um pênalti, quais pênaltis seriam os mais difíceis de serem defendidos.

Vídeo 3: (Melhores gols de escanteios): Nesse vídeo o leitor deverá identificar as variáveis físicas envolvidas em um Gol Olímpico, ou seja, durante uma cobrança de escanteio.

Vídeo 4: (Jogador supera velocidade de Bolt): Na indonésia jogador supera velocidade de Bolt[1] e faz gol incrível. Neste vídeo o leitor deverá identificar à variável velocidade do jogador durante sua corrida em direção ao gol e se seria possível determinar sua velocidade média.

É importante que após assistir os vídeos o leitor reflita não somente sobre futebol, mas também sobre os conceitos físicos presentes nessas jogadas.

QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

1) Como o batedor de falta consegue superar a barreira?

_____

_____

_____

_____

2)A quais variáveis ele deve ficar atento?

_____

_____

_____

_____

3)Qual a influência da proximidade da barreira?

_____

[1] o jamaicano Usain Bolt chegou a uma velocidade média de 45 km/h.
https://www.bbc.com/portuguese/ciencia/2010/01/100126_homemcorridaml

4) É possível o goleiro pegar um pênalti batido no canto?

5)Como é a batida mais difícil de ser defendida?

6) Como é possível fazer um gol de escanteio?

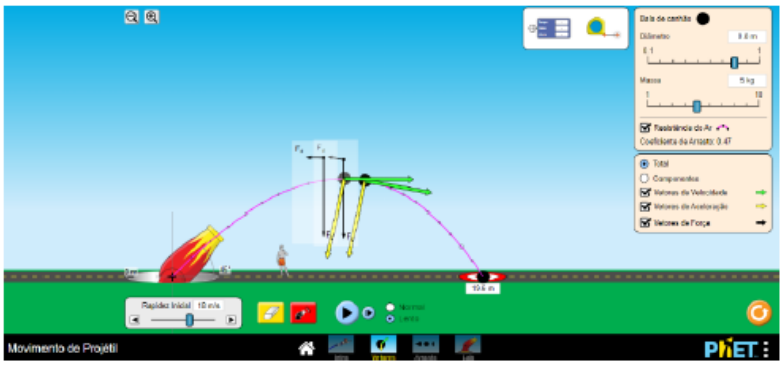
CAPÍTULO 3

PLATAFORMA PHET E LANÇAMENTO OBLÍQUO

Através de um simulador do site Phet Interactive Simulations e de um pequeno questionário norteador sobre os temas, é possível analisar lançamentos oblíquos e a atuação da força peso e da força de resistência do ar bem como o comportamento das outras grandezas e princípios físicos envolvidos.

A plataforma Phet oferece gratuitamente simulações interativas e divertidas em matemática e ciências, o que torna acessível a todas as pessoas. Convêm notar que todas as simulações desta plataforma são baseadas em pesquisas. Na figura abaixo vemos um exemplo de uma simulação Phet de lançamento oblíquo.

Simulador PHET (lançamento obliquo)



Fonte: (https:// phet.colorado.edu)

Durante o encontro usando o simulador, os alunos identificaram e investigaram lançamentos de projéteis que poderiam ser semelhantes a jogadas do futebol e fazendo analogias tentaram analisar jogadas semelhantes a aquelas testadas no quarto encontro no campo de futebol.

Sugestões :

- Simulador PhET: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion
- Questionário PhET

QUESTIONÁRIO PHET

Supor sem resistência do ar.

1) Como o alcance, tempo de voo e altura dependem da velocidade de lançamento?

Resposta:

2) Como o alcance, tempo de voo e altura dependem do ângulo de lançamento (Varie entre 30°, 45° e 75°)?

Resposta:

3) Existem dois ângulos diferentes que dão o mesmo alcance? Se sim, qual?

Resposta:

4) Como o alcance, tempo de voo e altura dependem da massa do objeto?

Resposta:

5) Como o alcance, tempo de voo e altura dependem do diâmetro do objeto?

Resposta:

6) Compare os tempos de subida e de descida. O que se pode concluir?

Resposta:

7) Uma hipotética variação da aceleração da gravidade influenciaria os valores de quais grandezas?

Resposta:

8) Como se comportam as componentes horizontal e vertical da velocidade ao longo do movimento? Explique por que?

Resposta:

Com resistência do ar fixe a velocidade, o ângulo e a aceleração da gravidade.

1) Como o alcance, tempo de voo e altura dependem da massa? Explique por que?
Resposta:

2) Como o alcance, tempo de voo e altura dependem do diâmetro? Explique por que?

Resposta:

3) Como se comportam as forças peso (FP) e as componente vertical (Fdy) e horizontal (Fdx) da resistência do ar ao longo do movimento? Explique por que?

Resposta:

4) Existe algum ponto durante o movimento onde o Peso FP é nulo? Explique por que?

Resposta:

5) Existe algum ponto durante o movimento onde a componente vertical (Fdy) é nula? Explique por que?

Resposta:

6) Existe algum ponto durante o movimento onde a componente horizontal (Fdx) é nula? Explique por que?

Resposta:

7) Você pode concluir que a força de resistência do ar depende de quais fatores? Explique por que?

Resposta:

CAPÍTULO 4

AULA EXPOSITIVA E DIALOGADA

Abaixo segue sugestão de slides para aplicação na aula expositiva e dialogada que tem por finalidade o estudo do MRU (movimento retilíneo uniforme) e do MRUV (movimento retilíneo uniformemente variado), além de conceitos como "queda livre", "lançamento de projéteis", "Leis de Newton", "tipos de energia" e "Efeito Magnus".

Temas abordados:

- Sistemas de referência e referenciais inerciais;
- Posição e deslocamento de um objeto;
- Velocidade média;
- Movimento retilíneo uniforme;
- Velocidade instantânea e aceleração;
- Movimento retilíneo uniformemente variado e queda livre;
- Lançamento oblíquo de projéteis;
- Leis de Newton;
- Tipos de energia;
- Resistência do ar;
- Efeito Magnus;
- Ventos.

PPEFis Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física Instituto Federal do Espírito Santo

PPEFis Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - MNPEF

INSTITUTO FEDERAL Espírito Santo

SBF

O FUTEBOL COMO ABORDAGEM TEMÁTICA NA APRENDIZAGEM DE FORÇA E MOVIMENTO NO ENSINO FUNDAMENTAL.

AUTOR: HENRIQUE SIMÕES DE MIRANDA NETO

ORIENTADORA: MARILUZA SARTORI DEORCE

COORIENTADOR: LUIZ OTÁVIO BUFFON

Grandezas Físicas

DESLOCAMENTO

VELOCIDADE MÉDIA

VELOCIDADE INSTANTÂNEA

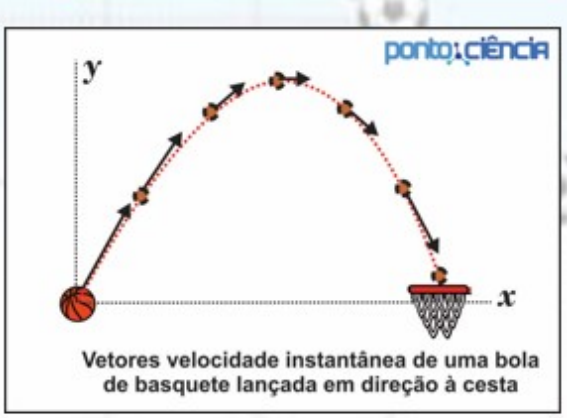
ACELERAÇÃO

FORÇA

- Velocidade média:

$$V_m = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

- Velocidade Instantânea:



Vetores velocidade instantânea de uma bola de basquete lançada em direção à cesta

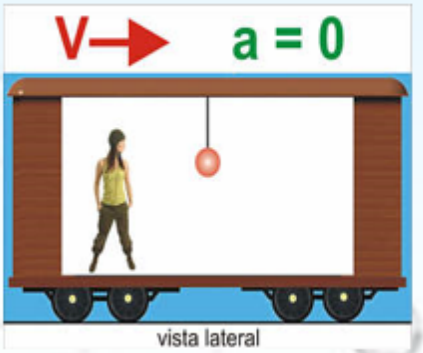
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME (MRU)

Dizemos que um objeto está em movimento quando este, ao longo do tempo, muda sua posição em relação ao observador. A relação entre deslocamento e tempo é denominada de velocidade média (Vm).

A velocidade num determinado instante é a velocidade instantânea (Vi). Por exemplo, a velocidade do velocímetro de um carro. Num deslocamento, a Vi varia em valores maiores e menores do que a Vm.

Se a velocidade for constante o movimento é retilíneo uniforme. Assim, a cada intervalo igual de tempo, seu deslocamento espacial será o mesmo.

EXEMPLO DE MRU: Um trem se movendo em linha reta mantendo a **mesma velocidade no velocímetro.** O maquinista precisa acelerar o trem para vencer as forças de resistência do ar e do atrito.



- Num jogo de futebol uma bola chutada rasteira, se for rolando, num pequeno trecho pode ter um movimento aproximadamente uniforme. Depois de um certo tempo essa velocidade diminui e na verdade esse movimento é retardado.

- Aceleração média $a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t}$

Força gera aceleração:

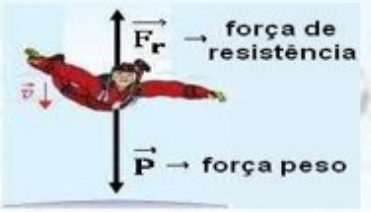
2ª Lei de Newton $\vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$

Se a aceleração é constante → MRUV

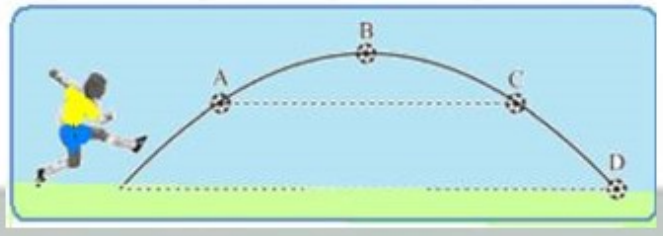
1ª Lei de Newton:

Se a aceleração é nula → MRU ou repouso

- Tipos de forças:

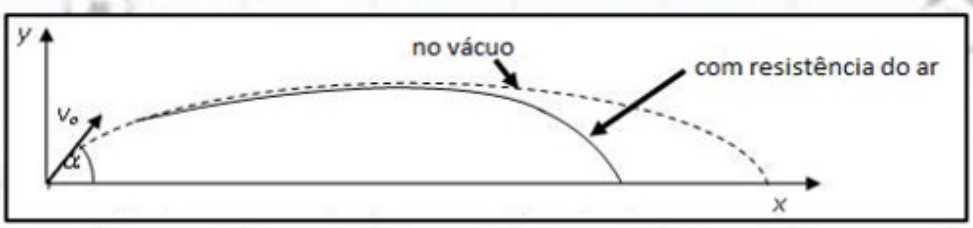


Que forças atuam no chute desde o pé bater na bola até ser agarrada pelo goleiro ou cair no solo?



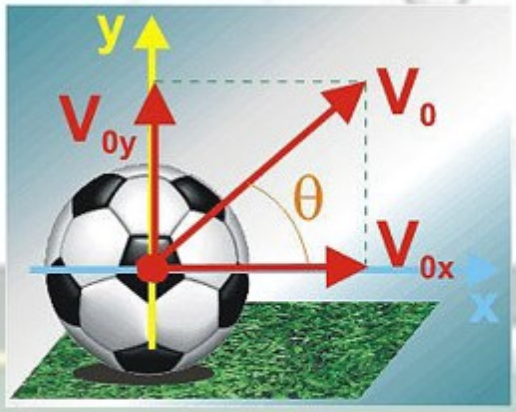
MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO (MRUV)

- Imagine agora uma bola chutada para o alto. Sua trajetória é uma curva que é aproximadamente uma parábola devido a ação da resistência do ar.

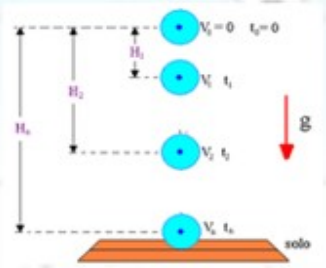


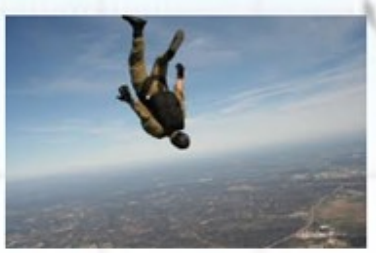
- Desprezando a resistência do ar, a componente vertical da velocidade diminui com a subida e aumenta na descida, de acordo com a aceleração da gravidade.

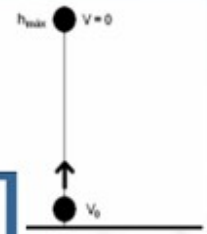
- Esse movimento vertical é retardado (subida) e acelerado (descida), respectivamente e é denominado de MRUV.
- O movimento uniformemente variado, diferente do movimento uniforme, possui aceleração constante.
- Na horizontal, se desprezarmos a resistência do ar, temos um MRU.



Queda livre e Lançamento de Projéteis







Queda Livre e Lançamento Vertical

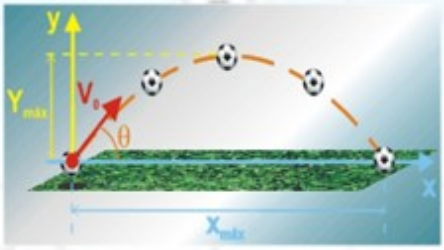
Características

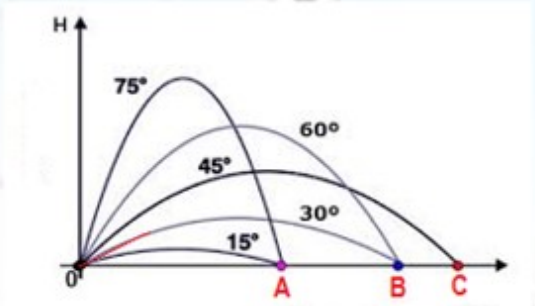
- Movimento ocorre no vácuo
- Corpos sujeitos a mesma aceleração
- Aceleração da gravidade
- Queda livre (M.R.U.A)
- Lançamento vertical (M.R.U.R)

Equações

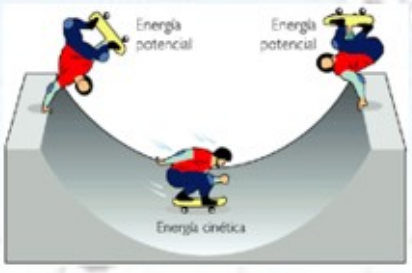
- $S = S_0 + V_0 t + \frac{1}{2} gt^2$
- $V = V_0 + gt$

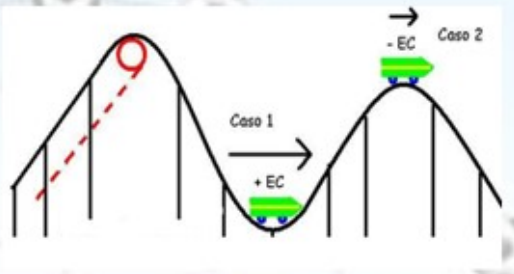
Queda livre e Lançamento de Projéteis





Tipos de energia



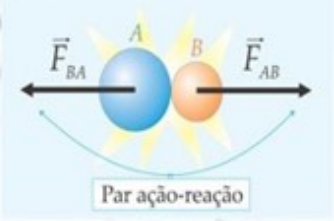


Aquecimento por atrito

As naves espaciais são dotadas de estrutura adequada de materiais especiais para evitar a sua destruição no reingresso na atmosfera. O atrito causa um calor excessivo, que poderia ser fatal para os astronautas.

3ª Lei de Newton

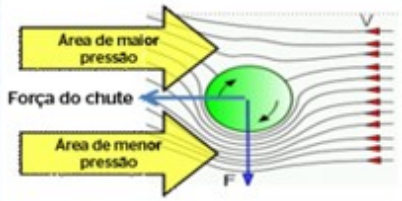
Ação e reação: Forças de valores iguais e opostas que atuam em objetos diferentes.

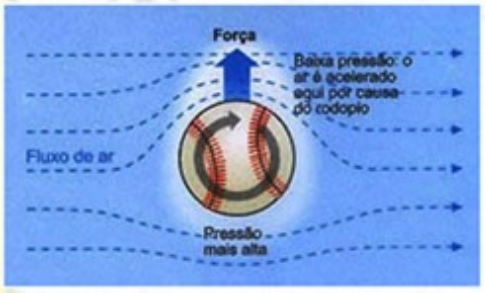


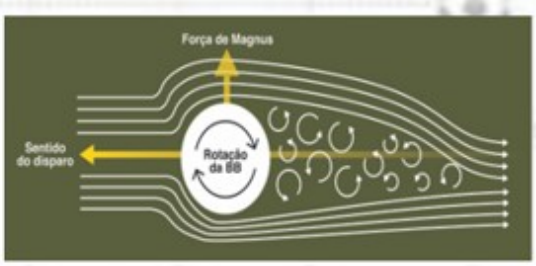
Se você nunca levou um bolada na cara, você não teve infância

Gol de Escanteio - Efeito Magnus

A rotação altera as pressões ao redor da bola criando uma força lateral horizontal.



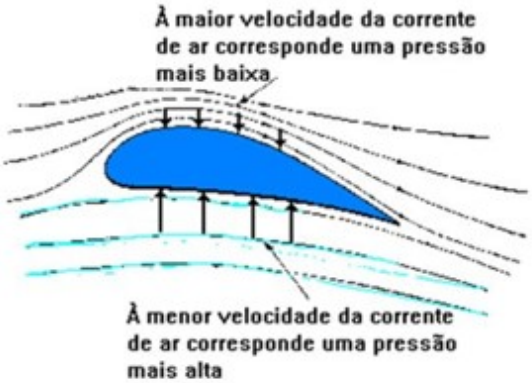


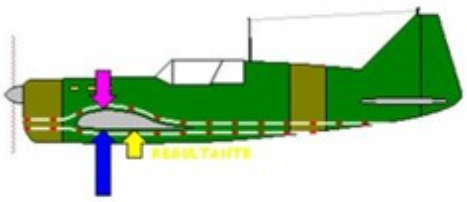


Aplicação: **A força que sustenta os aviões**

A asa de um avião é mais curva na parte de cima. Isto faz com que o ar passe mais rápido na parte de cima do que na de baixo da asa.

De acordo com a equação de Bernoulli, a pressão do ar em cima da asa será menor do que na parte de baixo, criando uma força que sustenta o avião no ar





⇧ → Força de sustentação

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C.E.; RUBINI, G. A aerodinâmica da bola de futebol. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo, v. 26, n. 4, p. 297-306, Dec. 2004 .

ALMEIDA, Bruno Seixas Gomes de; SILVA, Robson Coutinho. Aerodinâmica de bolas.**Rev. Bras. Ensino Fís**., São Paulo , v. 37, n. 3, p. 3505-1-3505-9, Sept. 2015.

BRASIL, MINISTÉRIO DE EDUCAÇÃO E CULTURA. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. Brasília, 1999.

Bonadiman, Helio; Nonenmacher Sandra E. B. O GOSTAR E O APRENDER NO ENSINO DE FÍSICA: UMA PROPOSTA METODOLÓGICA. **Cad. Bras. Ens. Fís**., v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007.

CALDAS, H. E MAGALHÃES, M. E. ROLAMENTO SEM ESCORREGAMENTO: ATRITO ESTÁTICO OU ATRITO DE ROLAMENTO?.,Vitória, **Cad.Cat.Ens.Fís**., v.17, n.3: p.257-269, dez.2000.

CANDIDO, J. C. C. **Uma Proposta de Ensino de Eletromagnetismo baseada nos Efeitos da Corrente Elétrica, através do uso de Vídeos, Experimentos e uma Visita na Escola de Ciência Física de Vitória**. 2018.

BULEGON, Ana Marli; TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach. Contributions of learning objects give to rise the development of critical thinking in students in Physics classes. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 21, n. 3, p. 743-763, Set. 2015 .

CATELLI, Francisco; GIOVANNINI, Odilon; LAURIDO, Valdinei Gomes. "Demonstration" of inertia's law?. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, São Paulo , v. 38, n. 4, e4312, 2016.

CENTA, Fernanda Gall e MUENCHEN, cristiane. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.9, n.1, p.263-291, 2016.

DUARTE, Marcos. OKUNO, Emico. **Física do futebol: mecânica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

EINSTEIN, Albert, **Como vejo o mundo**. (Trad. H. P. de Andrade). Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1981.

FERRARI, Paulo Celso; ANGOTTI, José André Peres; TRAGTENBERG, Marcelo Henrique Romano. Educação problematizadora a distância para a inserção de temas contemporâneos na formação docente: uma introdução à Teoria do Caos. **Ciênc. educ. (Bauru)**, Bauru , v. 15, n. 1, p. 85-104, 2009 .

HALLIDAY, David. RESNICK, Jearl Walker. **Fundamentos de física**, **volume 1:** mecânica; (8ª ed.), (trad. Ronaldo Sérgio de Biasi.), Rio de Janeiro : LTC, 2009.

HALLIDAY, David. RESNICK, Jearl Walker. **Fundamentos de física, volume 2**: Gravitação, Ondas e Termodinâmica; (8ª ed.), (trad. Ronaldo Sérgio de Biasi.), Rio de Janeiro : LTC, 2009.

KNIGHT, Randall D. **Física:** uma abordagem estratégica. (2 ed.) (trad.Triest Freire Ricci). Porto Alegre: Bookman. 2009.

MACÊDO, Josué Antunes de; DICKMAN, Adriana Gomes; ANDRADE, Isabela Silva Faleiro de**.** Simulações computacionais como ferramentas para o ensino de conceitos básicos de Eletricidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, p. 562-613, ago. 2012.

NEWTON, ISAAC. **The Mathematical Principies of Natural Philosophy.** (trad. Andrew Motte). Londres: Benjamin Motte, 1729.

N. Rodrigues, **À Sombra das Chuteiras Imortais**. São Paulo: Companhia das Letras, 1993.

NUSSENVEIG, H. Moyses. **Curso de Física Básica**: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor, v. 2. (3. Ed.) São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

RODRIGUES, Nelson. **A pátria de chuteiras**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2013.

RUSSEL, Bertrand. **A Inquiry into meaning and truth**. Londres: George Allen and Uwin ltda, 1940.

SOUZA, P.V.S.; DONANGELO, R. Velocidades média e instantânea no Ensino Médio: uma possível abordagem. **Rev. Bras. Ensino Fís**., São Paulo, v. 34, n. 3, p. 1-6, Set. 2012

VERTCHENKO, Lev; VERTCHENKO, Larissa. Determinação da viscosidade por meio da velocidade terminal: uso da força de arrasto com termo quadrático na velocidade.**Rev. Bras. Ensino Fís.,** São Paulo , v. 39, n. 4, e4304, 2017.