

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALINE FERNANDES PEREIRA

CINEFUT: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

ALFENAS/MG
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALINE FERNANDES PEREIRA

CINEFUT: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Artur Justiniano

ALFENAS/MG
2019

ALINE FERNANDES PEREIRA

CINEFUT: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

A Banca examinadora abaixo-assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação (UNIFAL-MG) no Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Aprovada em:

Prof. Dr. Artur Justiniano
Instituição: UNIFAL – MG

Assinatura

Prof. Dr. Luciano Soares Pedroso
Instituição: UFVJM – MG

Assinatura

Prof. Dr. Paulo Alexandre Bressan
Instituição: UNIFAL – MG

Assinatura

Dedico

*Ao meu Senhor e Salvador Jesus Cristo, por
me levar além do limites que sonhei.*

*À minha família, pela compreensão,
incentivo, amor e orações.*

AGRADECIMENTOS

Ao que me conhece desde quando era informe, ao que contou todos os meus dias, ao que me deu a vida, ao que permitiu mais esta conquista, ao que me deu forças para não desistir, ao meu Senhor Jesus, muito obrigada! Seu cuidado, amor e fidelidade insistem em me surpreendem!

Agradeço a minha família, que a cada momento esteve comigo. A minha irmã, Juliana, por ser cúmplice, amiga e prestativa. Tenho muito orgulho de você. A minha mãe, Afonsina, pelas palavras de sabedoria que mais uma vez me deram forças para prosseguir, por ter vivido as minhas angústias e por ter chorado junto comigo. Hoje, dedico a ela este momento de imensa alegria! Ao meu pai, Jorge, pelas orações ainda que distante. Enfim, agradeço a Deus por vocês existirem.

Ao meu professor orientador, Dr. Artur Justiniano, que com muita paciência e prestatividade acreditou em mim e me instruiu para que esta dissertação fosse concluída. Não tenha dúvida de que desempenhou sua função de forma admirável. Obrigada pelo convívio engrandecedor!

Aos professores que lecionaram no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, pelos ensinamentos durante o curso. Aos colegas que conquistei durante a realização deste curso e ao Thiago Henrique pelos preciosos auxílios com o CineFut.

Aos alunos do 1º ano (2018) e à direção pedagógica do Colégio Tiradentes da Polícia Militar, de Pouso Alegre, pelas contribuições valiosas durante a aplicação do produto educacional.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Na intenção de apresentar um caminho alternativo para o ensino de Cinemática, que por muitas vezes se mostra desgastante ao ponto de ser cogitada sua extinção dos cursos de Física, projetou-se uma sequência de aulas que engloba, de forma resumida, os principais assuntos do estudo de Movimento. Este trabalho reconhece a importância histórica, introdutória e a diversidade de exemplos práticos que este conteúdo possui, justificando a busca de novas ferramentas didáticas. Levando em conta o contexto em que a comunidade escolar está inserida, é inegável o leque de atrativos que os recursos computacionais podem trazer ao ensino, em especial, da Física. Assim, defende-se a busca por modelos de ensino debruçados em atividades gamificadas, que incluem mecânicas e dinâmicas de jogos digitais, no intuito de incentivar práticas pedagógicas inovadoras. Neste trabalho apresento o CineFut, um software em formato de jogo que utiliza o sensor de movimentos Kinect® para a captura de comandos feitos pelo usuário. Este jogo, que aborda o conteúdo de Lançamento Oblíquo, mostrou-se como uma oportunidade de tratar a Cinemática de forma mais confortável e eficiente. Deste modo, os resultados apresentados nesta dissertação são os relatos da aplicação do produto educacional, constituído por seis aulas-temas que utilizam como recurso base o software CineFut.

Palavras-chave: Cinemática, CineFut, Jogos, Ensino de Física.

ABSTRACT

In order to present an alternative way for teaching Kinematics, which often presents itself so exhausting that its extinction of the Physics courses is considered, a sequence of classes was projected to be summarized in stages for the study of the Motion. This project recognizes the introductory historical importance and diversity of practical examples that this content provides, justifying the search for new didactic tools. Taking into account the context in which the school community is inserted, it is undeniable the range of attractions that computational resources can bring to teaching, especially to the Physics teaching, so it becomes feasible to seek teaching models based on gamified activities, which include mechanics and dynamics of digital games so as to encourage innovative pedagogical practices to assist the teaching and learning process. Through this essay i present CineFut, a software in a game format that uses the motion sensor Kinect® to capture user-made commands. This game, which tackles the content of Oblique Release, has proven to be an opportunity to treat Kinematics more comfortably and efficiently, however without lowering its teaching. Thus, the results presented by this essay are the reports of the application of the educational product consisting of six theme classes that use as a resource the software CineFut.

Keywords: Kinematics, CineFut, Games, Physics Teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Descrição do movimento segundo Aristóteles.....	21
Figura 2	- Descrição do movimento por Aristóteles x Thomas Bradwardine.....	24
Figura 3	- Lei do movimento para Bradwardine.....	24
Figura 4	- Classificação do movimento.....	25
Figura 5	- Teorema da velocidade média.....	26
Figura 6	- Teorema da Velocidade Média (figura A: Movimento retilíneo uniforme; figura B: Movimento retilíneo uniformemente acelerado; figura C: Diagrama usado por Oresme para demonstrar a velocidade média).....	28
Figura 7	- Axioma do movimento uniforme.....	30
Figura 8	- Teoremas do movimento uniforme.....	31
Figura 9	- Teoremas do movimento uniformemente variado.....	33
Figura 10	- Teorema da composição de movimento.....	34
Figura 11	- Sistema de referência.....	36
Figura 12	- Representação geométrica da velocidade.....	37
Figura 13	- Cálculo do deslocamento de um móvel por meio do gráfico da v $x t$	41
Figura 14	- Cálculo da velocidade de um móvel por meio do gráfico da $a x$ t	42
Figura 15	- Tela principal e seleção de fase do CineFut.....	50
Figura 16	- Primeira fase do jogo CineFut.....	51
Figura 17	- Segunda fase do jogo CineFut.....	51
Figura 18	- Terceira fase do jogo CineFut.....	52
Figura 19	- Quarta fase do jogo CineFut.....	52
Figura 20	- Planejamento anual do Sistema Positivo de Ensino.....	58
Figura 21	- Alunos realizando as atividades propostas para a Aula 1.....	65
Figura 22	- Alunos realizando as atividades propostas para o CineFut.....	71
Figura 23	- Aplicação da fase 3 do CineFut.....	78
Figura 24	- Alunos realizando as atividades da aula 5 com o CineFut.....	84
Figura 25	- Alunos realizando a segunda fase do jogo CineFut.....	85
Figura 26	- Turma na qual o produto educacional foi aplicado.....	86

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	– Publicações sobre gamificação no ensino de Física entre 2012 e 2017.....	47
Tabela 2	– Publicações sobre gamificação no ensino de Física entre 2012 e 2017 (II).....	48
Tabela 3	– Planejamento das aulas.....	56
Tabela 4	– Questões para debate inicial da Aula 1.....	61
Tabela 5	– Respostas apresentadas as questões de debate inicial da Aula 1.	61
Tabela 6	– Questões sobre deslocamento e distância percorrida.....	63
Tabela 7	– Respostas apresentadas as questões sobre deslocamento e distância percorrida.....	64
Tabela 8	– Questões sobre o texto: Diálogo entre o Tempo e o Movimento.....	66
Tabela 9	– Respostas apresentadas as questões sobre o texto Diálogo entre o Tempo e o Movimento.....	66
Tabela 10	– Questões da seção Pare e Pense da Aula 2.....	68
Tabela 11	– Respostas apresentadas às questões da seção Pare e Pense da Aula 2.....	69
Tabela 12	– Atividades propostas para Aula 3 com a utilização do CineFut.....	71
Tabela 13	– Respostas apresentadas as atividades propostas para o CineFut.	72
Tabela 14	– Atividades propostas para Aula 4 com a utilização do CineFut.....	75
Tabela 15	– Respostas apresentadas as atividades propostas da Aula 4.....	75
Tabela 16	– Debate: o gol que o Pelé não fez.....	79
Tabela 17	– Respostas apresentadas as questões do debate.....	79
Tabela 18	– Atividades propostas para Aula 5 com a utilização do CineFut.....	82
Tabela 19	– Respostas apresentadas as atividades propostas para Aula 5.....	83

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	10
1.1.	Caminho Trilhado.....	10
1.2.	Justificativa.....	11
1.3.	Objetivos.....	14
1.3.1.	Objetivo Geral.....	14
1.3.2.	Objetivos específicos.....	15
1.4.	Estrutura da dissertação.....	15
2.	CINEMÁTICA.....	16
2.1.	Um pequeno histórico da Cinemática.....	17
2.2.	As equações da Cinemática.....	35
2.2.1.	Movimento uniforme.....	35
2.2.2.	Movimento uniformemente acelerado.....	38
2.2.3.	Análise gráfica para o estudo do movimento.....	40
3.	REFERENCIAIS METODOLÓGICO.....	43
4.	O CINEFUT.....	49
5.	METODOLOGIA.....	54
5.1.	Planejamento das Aulas.....	55
5.2.	Panorama do campo de trabalho.....	57
6.	RESULTADOS.....	60
6.1.	Aplicação do produto.....	60
6.1.1.	Aula 1 – Conceitos iniciais.....	60
6.1.2.	Aula 2 – Velocidade e aceleração.....	65
6.1.3.	Aula 3 – Introdução a composição de movimento.....	70
6.1.4.	Aula 4 – Um pouco de Matemática – Trigonometria e Vetores.....	74
6.1.5.	Aula 5 – Movimento Uniforme.....	78
6.1.6.	Aula 6 – Movimento Uniformemente Variado.....	84
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
	REFERÊNCIAS.....	89
	APÊNDICE A – CINEFUT: UMA PROPOSTA PARA O	
	ENSINO DE CINEMÁTICA.....	94

1. INTRODUÇÃO

1.1. Caminho Trilhado

São diversas as dificuldades que os docentes enfrentam para lecionar. A superlotação das salas, a falta de limites dos alunos, o currículo extenso e redução de aulas, excesso de atividades extraclasse e a desvalorização salarial são alguns desafios que a profissão traz em seu cotidiano.

Diante de tantas dificuldades, podemos apresentar uma questão que tem desgastado os que se propõem a lecionar: o inchaço do currículo da disciplina de Física, tendo em vista que o número de aulas não é suficiente para que o professor consiga cumprir toda ementa, em geral com um programa descontextualizado e desatualizado. Tal situação reduz a prática pedagógica a quadro e giz, tornando a aula monótona e desinteressante para o público-alvo, os alunos.

O ensino da Física é um exemplo deste quadro educacional. Não se pode ocultar o formalismo matemático intrínseco a esse conteúdo, porém a disciplina deve estimular o aluno para as atividades científicas, além de explorar e compreender os fenômenos naturais que os rodeiam.

Embora não tenha sido imediata a percepção dessa realidade, foi possível observar que, durante as aulas de Física, emergiam dúvidas advindas dos conceitos matemáticos, e por diversas vezes, era necessária uma elucidação prévia desses conceitos para que os alunos entendessem suas aplicações na Física. Era notório que diversas dificuldades apresentadas nas atividades propostas estavam entrelaçadas com o uso da matemática como ferramenta.

Nesse período, eu ainda era acadêmica do curso de licenciatura em Matemática e, ao compartilhar com meus colegas e professores essa situação vivenciada por mim, pude perceber que não era uma situação isolada, mas uma dificuldade presente na realidade escolar, principalmente no Ensino Médio.

As dificuldades encontradas no meu cotidiano escolar alavancaram minha investigação para o trabalho de conclusão de curso na minha graduação. Esse trabalho foi intitulado como *“Obstáculos matemáticos no ensino e aprendizagem da Física no Ensino Médio”* (trabalho não publicado), e que em sua conclusão trouxe

que a maioria dos obstáculos que os alunos se deparam no ensino da Física no ensino médio era, de certa forma, uma lacuna dos pré-requisitos matemáticos.

Ainda nesse sentido, foi elaborada minha monografia do curso de lato sensu em Educação Matemática cujo título é “*O ensino de Matemática e Física mediante uma proposta interdisciplinar*” (trabalho não publicado). Nesta pesquisa, propus uma sequência didática interdisciplinar entre a Física e a matemática e constatei que, quando estas disciplinas foram apresentadas interdisciplinarmente, os alunos obtiveram melhores desempenhos na Física.

Embora fosse licenciada em matemática, atuava como professora de Física e, por isso, vi a necessidade de que ingressasse em um curso de licenciatura em Física. Assim, me matriculei no curso de Licenciatura em Física a distância da Universidade Federal de Itajubá. Para conclusão desse curso foi necessário a apresentação de uma monografia, seguindo a linha de pesquisa das demais investigações, foi elaborada uma análise dos livros didáticos sugerido pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD, com o intuito de averiguar o papel da Matemática na apropriação dos conceitos físicos explanados.

Por fim, para aprimorar meus conhecimentos sobre a Física e minha prática pedagógica, no ano de 2016 ingressei no curso de Mestrado Profissional em Física em Rede Nacional, onde tive a oportunidade de conhecer um software educacional relacionado com o ensino da cinemática, a saber: CineFut¹. Assim, surgiu a oportunidade de elaborar uma produto educacional, visando a novas estratégias para o ensino da cinemática, o que originou a presente pesquisa.

1.2. Justificativa

Não é recente o debate na academia a respeito da utilização da informática como um recurso didático na educação. É fácil recordar as falas sobre as ameaças que o emprego deste recurso poderia acarretar para o desenvolvimento das habilidades dos alunos, levando-os, apenas, a navegar pelas teclas e se aterem, unicamente, aos comandos dados pela máquina (ou programas), provocando um déficit no raciocínio lógico, já que cálculos se apresentariam prontos. Sem falar no fatídico discurso de que o computador ocuparia o lugar do professor (BORBA e PENTEADO, 2010).

¹ CineFut é um software que será descrito detalhadamente no capítulo 4.

Ao contrário do que se pensa, os mentores dos recursos computacionais voltados para usos didáticos, no Brasil, foram os professores universitários, com o objetivo de dar suporte aos cursos na modalidade à distância (EAD). Cabe destacar que, devido à urgência em atender esta modalidade, os docentes envolvidos nesta tarefa não tinham, necessariamente, sua atenção voltada para a aprendizagem e ensino, tornando estes recursos muito conteudistas (SILVA, 2012). Se, por um lado, a tecnologia já foi vista como um réu, na contramão desse discurso, atualmente ela costuma ser apresentada como a salvadora da pátria, assim é necessário um olhar mais crítico sobre como utilizá-la e quais são seus limites em sala de aula.

Para Medeiros e Medeiros (2002), é inegável o leque de atrativos que os recursos computacionais podem trazer ao ensino, em especial da Física. É possível citar, dentre outros: a oportunidade de permitir que os estudantes colem e modifiquem com mais comodidade dados de experimentos que sejam longos ou curtos demais para serem realizados manualmente; perceber de forma mais visível alguns conceitos que são muito teóricos; conseguir respostas quanto à apreensão de certos conteúdos; produzir e verificar hipóteses. Contudo, é necessária muita cautela ao se aventurar neste universo das tecnologias, pois as limitações apresentadas por tais recursos podem gerar lacunas enormes na construção e violação de alguns dos conceitos físicos.

Um fator de risco é o emprego demasiado destes recursos como opção de igual valor educacional e epistemológico às atividades experimentais, portanto, de forma antagônica, esta valiosa ferramenta torna-se um meio de veicular uma concepção errada da realidade.

Para Souza et. al. (2012), ter domínio das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) é fundamental para evitar ser ludibriado e, com isso, obter resultados errados e mascarados. Em contrapartida, esta falta de conhecimento tecnológico pode levar a aversão ao seu uso. Nem tampouco se deve atribuir aos recursos deste tipo a condição de “salvar a pátria”, pois são apenas mais uma das inúmeras estratégias que podem ser utilizadas na busca por um ensino de Física com eficiência.

Assim, é indispensável o cuidado que se deve ter ao escolher e trabalhar com esta ferramenta, para que na tentativa de facilitar o ensino da Física, esta ciência não se torne apenas uma simples transmissão de informação e que, por sua vez, acabe por permitir o amadurecimento de forma errada de alguns conceitos

(MEDEIROS; MEDEIROS, 2002). Os recursos tecnológicos não são autossuficientes no processo de ensino e aprendizagem. Está sobre a responsabilidade do educador o papel principal, de modo a garantir seu rendimento e aos educandos um empenho real na aprendizagem (FIOLHAIS; TRINDADE, 2003).

Embora a sociedade esteja imersa em um emaranhado de aparatos tecnológicos, ainda encontra-se muita dificuldade em trazer ao ambiente escolar a prática dos jogos como recurso didático. Talvez uma justificativa seja a falta de suporte para utilizar este recurso, visto que a “infraestrutura da maioria das escolas públicas é precária com equipamentos, ainda que novos, em quantidade reduzida e que não possuem os requisitos exigidos para rodar os “games”. Contudo, acredita-se que devido ao “progresso tecnológico na área, que é extremamente rápido, a geração atual que lida com desenvoltura com as TIC deverá exigir uma escola mais próxima de si” (STUDART, p. 13, 2015).

Seguindo este raciocínio, o jogo quando visto pelo âmbito educacional tem diversas aplicações como, por exemplo: revisar ou avaliar um conteúdo; buscar pré-requisitos para um novo conceito; tornar as aulas mais dinâmicas e otimizar o tempo. Além disso, alguns jogos educacionais estão marcadamente imbuídos do propósito de promover o pensamento crítico sobre questões sócio-científicas, dando realização à ideia mais radical que se pode fazer do Ensino de Física para a formação de cidadãos (SABKA et al, p. 7, 2014). No entanto, mesmo que o cenário pareça muito promissor, uma renovação profunda do ensino de Física não poderia ser atingida meramente por uma atualização de ferramentas didáticas, mas por uma reflexão radical sobre os propósitos do ensino de Física (SABKA et al, p. 7, 2014).

E quanto aos propósitos em relação à disciplina de Física, os discursos de professores e pesquisadores convergem para a afirmação de que esta é uma Ciência por meio da qual se torna possível a compreensão do mundo e seus fenômenos. Assim, no contexto escolar, para que se possa estudar e conhecer a Física, esta foi repartida. Todavia, a forma como esta divisão vem sendo feita levanta argumentos que nem sempre chegam a um denominador comum, como é o caso da Cinemática.

Este conteúdo, que é uma subdivisão da Mecânica e está voltado para a descrição dos movimentos de corpos sem uma preocupação com as causas que o levaram a este estado, mostra-se pouco atraente para alguns professores, alunos e

pesquisadores na área de ensino de Física, que usam como argumento alguns fatores, como:

(1) tempo excessivo dedicado ao seu estudo, muitas vezes em detrimento do estudo de temas mais importantes, como a Dinâmica e a Gravitação; (2) falta de experimentos realizados pelos alunos; (3) incapacidade de visualização concreta dos movimentos por parte do aluno, reduzindo, às vezes, sua aprendizagem a um conhecimento abstrato e infrutífero de um grande número de fórmulas e terminologias, sem correlação com a natureza (NAPOLITANO e LARIUCCI, p. 119, 2001).

Porém, existem motivos significativos que validam a presença da Cinemática como uma subdivisão importante da Física, começando pelo fato de que o estudo do movimento deu origem a própria história da Física. Deve-se considerar, também, a ligação que ela estabelece com alguns conteúdos matemáticos que “tem um papel relevante na compreensão da utilização da matemática como ferramenta básica para o estudo da Física. Aliás, nesse sentido, não nos lembramos de outro tópico que possa substituí-la de forma tão adequada e oportuna” (GASPAR, p. 7, 1994).

Segundo Buse (p. 28, 2014), o estudo da Cinemática é “básico para compreender conceitos mais complexos como forças, energias e as diversas interações entre sistemas e suas consequências sobre o movimento de partículas e corpos”, e ainda possui um expressivo papel introdutório, seja na dinâmica, nas leis de Newton e suas aplicações, no eletromagnetismo, entre outros. Finalmente, no que diz respeito à Cinemática ser um conteúdo distante da realidade do estudante, trata-se de uma queixa sem fundamento, pois o próprio ato do estudante se deslocar de sua residência para a escola poderia se tornar um exemplo para estudo, sem falar que o mesmo encontra-se inserido em um ambiente que contém automóveis, metrô, barcos, aeronaves entre outros, não esquecendo de que o próprio mundo está em movimento (SOUZA, 2011). Ou seja, trata-se de um assunto bastante presente no cotidiano.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo Geral

Desenvolver uma sequência de seis aulas para o ensino de Cinemática, utilizando como recurso didático o sensor de movimento Kinect® e o jogo CineFut.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Desenvolver um produto educacional para o ensino de Cinemática através de jogos.
- b) Utilizar o jogo educacional como recurso didático no ensino de Física.
- c) Aplicar o produto desenvolvido e relatar o que foi observado.

1.4. Estrutura da dissertação

A primeira parte deste trabalho se preocupou em expor os fatos que levaram a sua concepção, mostrando que sua origem não se deu a mero acaso. Pelo contrário, está atrelada as inquietações de uma professora que, como em qualquer outra profissão, encontra dificuldades, mas procura caminhos para contorná-las.

No segundo capítulo, discutiu-se sobre o ensino da Cinemática, começando com seu histórico, mostrando que um dos primeiros passos rumo ao desenvolvimento da Física está embasado nos conceitos da Cinemática, o que pode ser aceito como justifica para a posição ocupada por este tópico nos cursos tradicionais de Física. Ainda é possível encontrar uma breve discussão sobre a aplicação da Cinemática e as deduções de suas equações.

Quanto ao terceiro capítulo, trata-se de uma revisão bibliográfica sobre a gamificação, visto que incluir mecânicas e dinâmicas dos jogos digitais, no intuito de incentivar práticas pedagógicas inovadoras, apresenta-se como alternativa promissora para uma sociedade imersa em inúmeros institutos tecnológicos e digitais.

A descrição das fases e dos elementos de comando que constituem o CineFut, software utilizado na elaboração do produto educacional, encontra-se no quarto capítulo, enquanto a metodologia, a estrutura das aulas e seus objetivos específicos são detalhados no capítulo seguinte. Por fim, no capítulo seis, são apresentados de forma qualitativa os resultados alcançados durante a aplicação deste produto.

2. CINEMÁTICA

Falar que a Física tem em seu cerne a busca por respostas lógicas e plausíveis aos fenômenos naturais, deixando de atribuí-los à fúria ou benevolências de Deus ou deuses, não é nenhuma novidade. Contudo, poucos conhecem a real justificativa pela qual o estudo do Movimento preceda outros temas no planejamento e/ou nos índices dos livros de Física, sejam eles didáticos ou não. A posição ocupada por este tópico possui fundamentos históricos que merecem ser considerados, mostrando que um dos primeiros passos rumo ao desenvolvimento desta Ciência, que hoje está presente na vida do ser humano em diversas formas, foi procurar entender e antever a mudança de um corpo de um lugar para outro, o tempo envolvido, sua rapidez, se localizar em relação a um referencial, colocar a Terra em sistema de referenciais e mapear os astros. Esses conceitos são a base do que hoje conhecemos por Cinemática.

Cabe ressaltar que a evolução da Mecânica, enquanto estudo do Movimento, não ocorreu de forma isolada e a par da História vivida e descrita pela Humanidade. Ao contrário, seu desenvolvimento possui relação direta com atividades que hoje não se limitariam apenas ao campo científico, mas que fazem parte cotidianamente de características específicas à natureza humana, como por exemplo, a crença na existência de um poder ou princípio superior, o combate militar entre os povos e a comercialização de mercadorias. A contagem dos dias, anos e estações também é uma atividade muito primitiva e que faz parte do desenvolvimento da humanidade, mas merece um destaque por estar atrelada ao nascimento da Mecânica e da Astronomia. Aliás, estes dois ramos das Ciências Naturais possuem raízes entrelaçadas, devido à necessidade do homem de analisar o caminho descrito pelos corpos celestes.

Assim, o desenvolvimento histórico da Cinemática, além de muito antigo, é extenso. Todavia, esse caminho termina com a apropriação de uma Matemática mais sofisticada, o Cálculo Diferencial e a Geometria Analítica, que permitiram aprimorar a previsão de eventos relacionados ao estudo do Movimento por meio de uma descrição algébrica, atividade que anteriormente era realizada por meio de demonstrações puramente geométricas (ROCHA, 2015).

2.1. Um pequeno histórico da Cinemática

As primeiras descrições sobre os conceitos físicos que foram apresentadas pela História da Ciência não traziam consigo um formalismo que é próprio da Física. Pelo contrário, mostravam-se carregadas de crenças e mitologias, sendo desenvolvidas com fins exclusivamente práticos. Assim, na Antiguidade, é habitual ver um desencadeamento de ideias sobre Cosmogonia, Astronomia e Geometria sem necessariamente apresentar-se como uma Física pura. E é diante deste cenário que encontra-se a manifestação inicial e rudimentar de alguns dos pilares da Cinemática, pois o mapeamento dos corpos celestes foi o pontapé para a mensuração da grandeza Física “tempo”, como afirma Schemberg (2001 apud SOUZA, p. 17): “as observações dos astros podem também ser consideradas como o ponto de partida da cinemática, que combina as ideias geométricas com o conceito de tempo”.

Quanto às contribuições deixadas pelos povos antigos, os egípcios destacam-se pela criação de um sistema oficial de medida que, fundamentado no conhecimento de fenômenos astronômicos, realiza uma contagem do tempo de modo a dividi-lo em anos, meses e dias, sendo que o ano era composto por doze meses, cada um contendo trinta dias e mais cinco dias extras. Seus estudos ainda chamam a atenção pela aplicação dos conhecimentos dos fenômenos astronômicos na resolução de questões sociais como, por exemplo, irrigação, enchentes do Nilo e a construção de seus suntuosos templos e esfinges. Nestas ações, percebe-se a apropriação da noção do movimento dos astros e a singela noção de tempo, pois algumas dessas construções estavam exatamente no curso aparente descrito pelo Sol no firmamento, além de obscurecerem o aparecimento do Sol em determinadas épocas do ano.

Entre os séculos I e II a.C., os babilônicos se sobressaíram por serem os primeiros a apresentar uma abordagem sistemática dos fenômenos físicos. Seus meticulosos trabalhos feitos sobre o mapeamento dos astros traziam um forte traço algébrico, com tabelas, números e cálculos complexos. Assim, foram capazes de antever com justeza a determinação de eclipses lunares e possíveis ocorrência de eclipses solares, por exemplo. Também foram encontrados em seus registros um método de contagem de tempo que se baseava no estudo do nascimento e declínio no horizonte de algumas estrelas, e um catálogo do céu noturno que aparecia

dividido em doze partes iguais com 30 graus cada uma. Esse catálogo deu origem ao que hoje conhecemos como constelações zodiacais. Por fim, outra contribuição importante foi a marcação do tempo, pois a contagem que se utiliza hoje para o dia com vinte e quatro horas, e cada hora com sessenta minutos e cada minuto com 60 segundos tem origem nos trabalhos desenvolvidos pelos babilônicos (PIRES, 2011).

Voltando os olhares para a Grécia, foi da região de Jônia que surgiram os primeiros filósofos que buscavam entender o mundo natural sem o auxílio de deuses. Ao observarem os fenômenos naturais, notaram que possuíam certas peculiaridades que possibilitavam compreender melhor suas causas. Dentre esses filósofos, destaca-se Tales de Mileto. Foi responsável por introduzir na Grécia os conhecimentos de Geometria e Astronomia e o pioneiro a apresentar uma justificativa puramente racional para o gênese do Universo. Outro filósofo jônico foi Anaximandro, precursor do relógio solar, que mensurou a distância entre as estrelas e, assim como Tales, propôs um modelo de universo que não estava embasado em conhecimentos mitológicos. A partir de então, o espaço ganha um caráter geométrico, com a Terra assumindo a forma cilíndrica e ocupando o centro do Universo. Quanto as suas representações para o movimento dos corpos celestes, carregavam em sua essência a origem da Cinemática, como afirma Wartofsky (apud PIRES, 2011, p. 16):

Chama a atenção no sentido de que os conceitos físicos de Anaximandro se encontram presentes, de forma modificada, em grande parte da ciência moderna. São eles: A ideia de um movimento original do qual tudo se origina e se transforma. A ideia de mudanças constantes. A ideia da necessidade de uma lei que opera imutável através do tempo.

No findar do século VI a. C. os pitagóricos, escola que defendia a relação divina entre os números e a descrição geométrica da Natureza, acreditavam ser imprescindível a descrição dos corpos celestes. Tais corpos estavam ordenados em esferas concêntricas, onde a distância entre eles apresentava-se por meio de uma proporção onde seu movimento deu origem aos tons harmônicos. Contudo, Filolao, discípulo de Pitágoras, foi quem primeiro apresentou um conjunto sistemático de ideias sobre o movimento de rotação da Terra com um período de vinte quatro horas. Embora não colocasse a Terra para orbitar o Sol, admitia que o movimento dos astros era uniforme e com trajetórias circulares.

Heráclito foi um filósofo do século V a. C. que não se agradava com os estudos pitagóricos. Para ele, essa forma harmônica de representar a Natureza era uma falácia e não se mostrava eficaz no que diz respeito à capacidade de compreender o mundo físico e do significado dos fatos. Defendia a constante mudança das coisas, em um movimento ininterrupto. Propôs, ainda, que o “movimento diário das estrelas poderia ser explicado pela rotação da Terra em torno do seu eixo. Propôs, também, um modelo planetário onde Vênus e Mercúrio giravam em torno do Sol e o Sol, junto com os demais planetas, giravam em torno da Terra” (PIRES, 2011, p. 21).

Já Parmênides, outro filósofo do mesmo período, negava com veemência a existência do movimento, considerando-o enganoso e acreditando que tudo que existe sempre existiu, e nada do que existe pode se transformar. Dessa forma, deslocamento, movimento e vácuo são irrealis e ilusórios. Para ele, um ser, de natureza corpórea ou incorpórea, não era sujeito a variações e não passar de um estado para outro, ou seja, sem início ou fim, estava fixo em um referencial e preenchia todo o Universo e sendo este último único, imutável e imóvel.

Seguindo o raciocínio da imobilidade das coisas, Zenon, seguidor convicto de Parmênides, elaborou alguns raciocínios aparentemente bem fundamentados e coerentes, embora escondesse contradições decorrentes de uma análise insatisfatória de sua estrutura interna. O mais conhecido de todos é a corrida entre Aquiles e a tartaruga. O ágil Aquiles, ao confrontar a tartaruga em uma corrida, confia em sua facilidade de locomoção e oferece-lhe uma vantagem inicial. Contudo, quando ele percorre a distância inicial oferecida a tartaruga, esta já estaria a sua frente. Percorrendo mais uma vez diferença entre sua posição e a da tartaruga, o resultado se repetiria, e assim sucessivamente. Para Zenon, este raciocínio era a prova de que o movimento não era real, pois independente do tempo transcorrido a posição entre Aquiles e a tartaruga era invariável, ou seja, a tartaruga sempre estaria à frente de Aquiles. Portanto, um tempo passado, ainda que em um passado muito próximo, é algo que possui vestígios apenas na mente humana, e pode ludibriar uma vez que não é possível observar o passado (ROCHA, 2015).

É nesse cenário, com percepções antagônicas sobre o movimento, que Aristóteles está inserido. Dentre outras atividades, o pensador “cria as primeiras leis da Mecânica, baseadas na intuição do dia-a-dia: corpos mais pesados vão para

baixo, corpos mais leves para cima, e os movimentos horizontais necessitam de forças para serem produzidos e/ou mantidos” (ROCHA, 2015, p. 16).

Devido as suas contribuições em áreas tão distintas como Astronomia, Mecânica, Biologia, Política e Filosofia, aceita-se a ideia que Aristóteles seja uma escola que reunia os discípulos de tal filósofo.

Sobre a mecânica aristotélica, pode-se destacar alguns conceitos importante para o estudo do movimento, começando pela composição dos corpos terrestres, ou seja, os objetos encontrados na Natureza são compostos por ar, terra, fogo e água. O segundo é que corpos terrestres podem ser leves ou pesados dependendo de sua estrutura. Nesse sentido, os quatros elementos ficariam classificados da seguinte forma: a terra era pesada, o fogo leve, o ar e a água intermediários. Terceiro, está relacionado a trajetória dos corpos terrestres, sendo esta uma linha reta vertical que passa pelo centro da Terra e pelo observador, tendo o sentido para cima ou para baixo determinado pela característica do objeto, a saber, leve ou pesado. Um último conceito, mas que não põe fim a lista, é que os corpos celestes são compostos por um elemento perfeito e sublime, o éter. Dessa forma, esses corpos possuíam um movimento que era inerente a sua natureza e de trajetória circular (COHEN, 1967).

Aristóteles (384-322 a.C.) defendia que o relevante era o motivo que leva um corpo movimentar-se e não o agente responsável por esse movimento. Em seu pensamento, os objetos possuíam um lugar natural e, quando colocados em uma posição diferente, seu deslocamento se dava devido a busca por este lugar. Pois, ao observar o movimento de queda de alguns corpos constatou que ao serem abandonados se dirigiam para o centro da Terra, que era considerado ser o centro do Universo. Tais corpos eram denominados como graves e, segundo suas observações, quanto mais pesado um corpo era, maior era a necessidade deste corpo alcançar seu lugar natural. Já os corpos como ar, fogo e fumaça, como tinham um movimento ascendente, foram nomeados como leves (BEN-DOV, 1996). Cabe ressaltar que Aristóteles classificava o movimento em duas modalidades: os naturais, em que os corpos eram animados pela tendência de buscar seu estado natural; e os violentos, onde a movimentação era o resultado de uma força externa.

Fazendo uma investigação minuciosa sobre como Aristóteles considerava o movimento dos corpos terrestres, percebe-se que a condição inicial e indispensável para se ter o deslocamento é a presença de duas forças - uma que produz e outra

que se opõe ao movimento, sendo a primeira obrigatoriamente maior que a segunda. A primeira consequência dessa condição inicial é que a velocidade adquirida por um corpo é inversamente proporcional à força de resistência e essa resistência depende do meio material em que o corpo está inserido. Assim, a velocidade depende diretamente da força que produz o movimento. Ao se tratar de corpos terrestres buscando seu lugar natural, a força motriz está relacionada com a massa do corpo, o que leva à conclusão que corpos mais massivos teriam mais velocidade. A conclusão que se chega sobre a da lei aristotélica para o movimento é que a velocidade é diretamente proporcional ao resultado da divisão da força motora e a resistência oferecida pelo meio. Todavia, esta equação proposta por Aristóteles possui algumas limitações e, por isso, acredita-se que os estudos foram realizados em uma balança de braço, pois os corpos mais massivos teriam maior força motriz e menor resistência levando ao movimento e quando a força e a resistência possuírem valores idênticos não haveria movimento. (COHEN, 1967).

Estas explicações podem ser sintetizadas na figura 1, abaixo:

Aristóteles	
$v \propto \frac{F}{R}$	<i>se</i> $F > R$
$v = 0$ <i>se</i> $F \leq R$	

Figura 1 – Descrição do movimento segundo Aristóteles
Fonte: PIRES (2011, p.45).

Aristóteles não acreditava ser possível a composição de movimento. Dessa forma, afirmava que um artefato, quando era disparado numa direção oblíqua em relação ao solo, apresentava uma trajetória que poderia ser descrita por uma reta ascendente. A inclinação desta reta era a mesma do disparo, até o momento em que a força que lhe impulsionava tivesse um fim. A partir de então, o artefato cairia em uma trajetória vertical, buscando seu estado natural.

As duas consequências mais decisivas da formulação aristotélica são os modelos cosmológicos geocêntrico e geostático. Primeiramente, se um corpo pesado busca, com tanta urgência, o seu lugar natural, é mais do que razoável supor que este ponto seja o centro do universo e não um ponto aleatório do espaço sideral. Por outro lado, ao atirmos uma pedra diretamente para cima, observamos que esta sempre volta para nossas mãos. Se a Terra se movesse para leste, a pedra fatalmente cairia a oeste de nossas mãos. Não é o que se observa. Assim, pela Mecânica aristotélica, se a Terra se movesse, deveria haver um movimento violento

(e, portanto, um agente externo) para fazer a pedra retornar às nossas mãos. Como a vemos cair natural e verticalmente (e só pode haver um movimento de cada vez), é obrigatório, por esta concepção, acreditar-se que a Terra não se move (ROCHA, 2015, p. 45).

Os conceitos da Cinemática e a busca por respostas ao movimento foram tomando forma e amadurecendo no período da Idade Média, onde pensadores, da época se esforçaram para analisar, de forma favorável ou não, o movimento dos corpos proposto por Aristóteles. Os estudos apresentados eram embasados na relação que eles possuíam com o mundo natural, seus fenômenos e em atividades experimentais que caminhavam para uma sistematização, abandonando um pouco o argumento verbal e filosófico.

Começando por João Philoponus de Alexandria (490-570), que foi o precursor, ao apresentar de forma metódica uma alternativa para o movimento dos corpos que confrontava o pensamento aristotélico. Em seus estudos, defendia que o tempo de queda dos corpos era igual, mesmo quando houvesse variação entre seus pesos. Em seus experimentos, observou que corpos com massas diferentes e abandonados de uma mesma altura chegariam ao solo com uma diferença de tempo **pequena**. Também afirmou que a função do meio material em que se ocorre o movimento é tão somente de frear o corpo, fazendo que a velocidade inicial fosse reduzida. Assim, ao se atirar um objeto, ele não permaneceria em movimento infinito, pois a força que provoca o movimento violento decairia, devido à ação da resistência do meio e à tendência inerente do corpo em buscar seu lugar natural.

Quanto a Avicena (980-1037), filósofo que também se opôs aos estudos propostos por Aristóteles, apresentou uma abordagem quantitativa para o estudo dos movimentos violentos, onde afirmava que projéteis se moveriam mais rápido quanto menor fosse seu peso quando submetidos a um mesmo impulso. Já para os deslocamentos e as massas dos corpos, percebeu uma relação de proporção, desde que ambos estivessem caminhando em um mesmo meio e com velocidades iguais. Concluiu, ainda, que era impossível admitir a ideia de um meio que fosse perfeito e não oferecesse resistência. Ou seja, ele não acreditava na existência do vácuo, pois em um meio sem resistência levaria um objeto a estar em perpétuo movimento rompendo o limite do Universo, que para Avicena era finito.

Dando sequência aos críticos dos conceitos aristotélicos para o movimento, pode-se citar o filósofo árabe Avempace (1085-1138), defensor do raciocínio de que

a rapidez de um corpo é proporcional à diferença entre a força que o impulsionava e a resistência oferecida pelo meio. Com isso, tornava-se inaceitável a existência de um meio perfeito e que não oferecesse oposição ao movimento, pois em caso afirmativo os corpos celestes deveriam locomover-se em um intervalo de tempo muito pequeno e bem próximo de zero, uma vez que para Aristóteles o mundo supralunar era formado por este meio sem resistência. Contudo, Avempace já tinha um conhecimento sobre o movimento dos astros, sabendo de suas diferentes velocidades (BRAGA et al, 2003).

A procura por compreender as leis aristotélicas para o movimento chamou a atenção até de filósofos cristãos como, por exemplo, Santo Tomás de Aquino (1225-1274), que foi um dos mais ilustres pensadores cristãos. Embora tenha sido persuadido pelos trabalhos de alguns filósofos árabes, seu objetivo principal foi tornar mais harmoniosas as relações entre as teorias científicas e o credo cristão. Contudo, para ele, era incabível a ideia de existir um deslocamento instantâneo, mesmo para os corpos que habitavam a região celeste. Afinal, ao admitir que esta região, ainda que vazia, possuía uma dimensão, provava que é necessário um intervalo de tempo para o deslocamento dos astros. Nesse sentido,

defendeu que o movimento ocorreria sob a ação de um motor e de uma resistência interna, o *corpus quantum*. Essa resistência que era proveniente da própria dimensão do corpo fazia com que no vácuo cada ente apresentasse uma velocidade própria, que não teria seu valor alterado. Isso porque, como o vácuo não ofereceria qualquer resistência extra, um corpo ali em movimento deveria permanecer eternamente com sua velocidade própria, percorrendo então um espaço infinito. Esse fato, associado à finitude do Universo, tornava impossível a existência do vácuo (BRAGA et al, 2003, p. 51).

A persistência em levar seus estudos adiante e, com isso, propor uma forma de conciliar a ciência aristotélica com a fé cristã prejudicou sua reputação após o tratado de 1277, publicado pelo bispo Étienne Tempier, pois das 219 proposições acerca das investigações sobre a lógica aristotélica que foram condenadas, 20 eram de sua autoria. Contudo, meio século depois, foi a vez do arcebispo britânico Thomas Bradwardine manifestar suas considerações sobre o assunto.

Thomas Bradwardine (1290-1349), além dos trabalhos desenvolvidos na área da teologia, foi um matemático memorável e se destacou por ser o primeiro a apresentar de forma meticulosa um tratamento matemático para o estudo do movimento. Integrando o quadro de membros do Merton College em Oxford, fez

parte de um grupo de físicos, lógicos e matemáticos que existiam no início do século XIV, onde o objetivo era desenvolver relações matemáticas que pudessem ser aplicadas aos estudos das ciências da natureza. Ao analisar o movimento de um corpo em velocidade constante, caminhou por uma linha tênue entre opor-se aos escritos de Aristóteles e defendê-los. Todavia, não fica evidente em seus escritos a clara intenção de criticar a lei aristotélica para o movimento, apenas aprimorar as relações matemáticas que, até o momento, não eram tão relevantes.

Ao observar a relação em que até então regia o movimento, ou seja, que a velocidade é proporcional à razão entre a força motriz e a resistência, Bradwardine percebe que esta proporção direta não poderia coexistir com a afirmação de que um corpo apenas seria deslocado quando a força motriz que sobre ele atua fosse maior que a resistência oferecida pelo meio em que está inserido. Para isso, usou o seguinte argumento: ao manter a força motriz constante, a velocidade vai diminuindo, à medida que a resistência aumenta, de tal forma que em um determinado momento o movimento cessa. Porém, a matemática que traduz o movimento segundo Aristóteles não permite que haja repouso. A figura 2, abaixo, ilustra a diferença de cálculo entre os dois pensadores.

Aristóteles	Thomas Bradwardine
$v \propto \frac{F}{R} \quad \text{se } F > R$ $v = 0 \quad \text{se } F \leq R$	$F_M > R \Rightarrow \text{Movimento}$ $F_M < R \Rightarrow \text{Repouso}$ $\text{Repouso} \Rightarrow V = 0$ $V = \frac{F_M}{R} \quad \text{se } F_M < R \Rightarrow V \in]0,1[$

Figura 2 – Descrição do movimento por Aristóteles x Thomas Bradwardine
Fonte: Feito pela autora.

Para reforçar sua tese, Bradwardine apresentou provas matemáticas que refutavam a validação da lei aristotélica. Para que houvesse uma variação linear na velocidade, a força não deveria manter a relação de proporção direta. Ao contrário, deveria sofrer uma variação geométrica. Com isso, apresentou uma talentosa solução, que foi acrescentar uma função exponencial à lei do movimento, como mostra a figura 3.

Thomas Bradwardine
$V \propto \log\left(\frac{F_M}{R}\right)$

Figura 3 – Lei do movimento para Bradwardine
 Fonte: MOREIRA (2003, p. 45).

Na busca por mostrar a importância de se conhecer as leis matemáticas que regem a filosofia da natureza e não ater-se apenas a um tratamento intuitivo e qualitativo dos fenômenos Bradwardine apresenta ideias de grandes significados históricos e esteve prestes a conceber uma nova divisão para o estudo do movimento (MOREIRA, 2003).

Bradwardine afirma que a filosofia da natureza não pode prescindir de conhecer as proporções das velocidades: “Todo movimento sucessivo é proporcional a outro com respeito à velocidade; a filosofia natural, que considera o movimento, não deve ignorar a proporção dos movimentos e suas velocidades”. [...] “Aquele que se omite no estudo das matemáticas põe a perder todo o conhecimento filosófico” (BRADWARDINE, 1960 apud CUSTÓDIO, 2004, p. 49).

Da mesma forma que Thomas Bradwardine colocou os estudos de Aristóteles à prova, outros eruditos da primeira metade do século XIV despenderam esforços para analisar os detalhes qualitativos e quantitativos oriundos da lei do movimento. Gradativamente, foram eliminados conceitos como: corpos leves, corpo pesados e lugar natural, não se atendo mais às causas que levam os corpos a se movimentarem, mas ao movimento puro e por si próprio. Começaram a analisar cada uma das sucessivas etapas pelas quais um corpo em movimento passa, ou seja, analisaram a variação da velocidade, que hoje é conhecida como aceleração. Quanto ao fato da rapidez de um projétil se manter constante, ganhou-se um termo e uma definição específica, descritos em um sumário de 1396 por João de Holanda. A partir de então, o movimento uniforme começa aparecer nos termos científicos. Por fim a distinção e classificação do movimento ganham destaque, como sintetiza a figura 4. (COHEN, 1967).

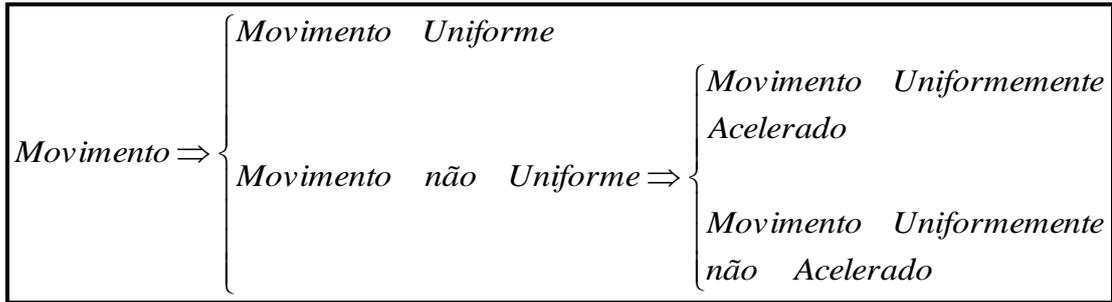


Figura 4 – Classificação do movimento
Fonte: COHEN (1967, p. 110).

O fato de que a velocidade pode ter seu valor alterado de modo uniforme com o passar do tempo fez com que certo grupo de professores, conhecidos como Calculadores de Merton College, ou simplesmente, mertonianos que atuaram em Oxford, elaborassem o teorema da velocidade média. Esse teorema afirma que, para um mesmo intervalo de tempo, o deslocamento realizado por um corpo em movimento uniformemente acelerado não apresentaria diferença quantitativa, quando comparado ao deslocamento que outro móvel descreveria se estivesse com uma velocidade constante, cujo valor numérico deveria ser igual a média aritmética das velocidade obtidas no mesmo intervalo de tempo para o movimento uniformemente variado (COHEN, 1967). A figura 5 ilustra este raciocínio.

Teorema da Velocidade Média
$V_m = \frac{V + V_0}{2}$

Figura 5 – Teorema da velocidade média
Fonte: COHEN (1967, p. 111).

Além deste teorema e da introdução da Matemática² como ferramenta para a compreensão das leis Físicas, pode-se citar outras contribuições dos mertonianos para que o estudo dos movimentos chegasse aos moldes do que atualmente se conhece por Cinemática. Segundo Takimoto (2009, p. 57), as contribuições mais importantes são:

1. Uma clara distinção entre descrição do movimento e causa do movimento.

² Este trabalho reconhece que não se trata exclusivamente de obter um conhecimento matemático para sentir-se apto a manusear as teorias Físicas que delineiam um fenômeno. Mas sim que faz-se necessário compreender, de acordo com o conceito matemático mobilizado, o que se passa com o acontecimento físico por meio de sua estruturação matemática. (PEREIRE e TASSOTE, p. 17, 2008).

2. A definição de velocidade (no sentido de “rapidez” ou de “vagarosidade”) como deslocamento no tempo e a conceitualização de velocidade instantânea.
3. A definição de aceleração como variação da velocidade no tempo.
4. A consideração de movimentos uniformes e movimentos uniformemente acelerados. Traçaram gráficos $v \times t$ desses movimentos e entenderam que as distâncias percorridas nesses movimentos são dadas, respectivamente, pelas áreas do retângulo e do triângulo, formados pelo conjunto das ordenadas (velocidades).

A definição para o movimento uniformemente acelerado foi apresentada por Willian Heytesburg, do Colégio de Merton, que afirmava ser este o movimento em que se adquirem incrementos iguais de velocidade, em períodos iguais de tempo. Do mesmo modo, foi responsável pela descrição do conceito de velocidade instantânea, sendo apresentado de maneira análoga àquela que faria Galileu três séculos mais tarde. Quanto ao conceito abstrato de velocidade apresentado pelos mertonianos como uma medida de movimento, é possível citar:

A ideia fundamental era que qualidades ou formas podiam existir em vários graus ou intensidades: não existe um grau único para quente ou frio, mas uma variação de intensidade, ou grau, indo do muito frio ao muito quente. Além disso, foi reconhecido que formas ou qualidades podiam variar do mesmo modo; isto é, elas podiam ser intensificadas ou enfraquecidas. Quando essa discussão geral de qualidades e suas variações foi transferida para o caso particular do movimento local a ideia de velocidade apareceu (LINDBERG apud PIRES, 2011, p. 72).

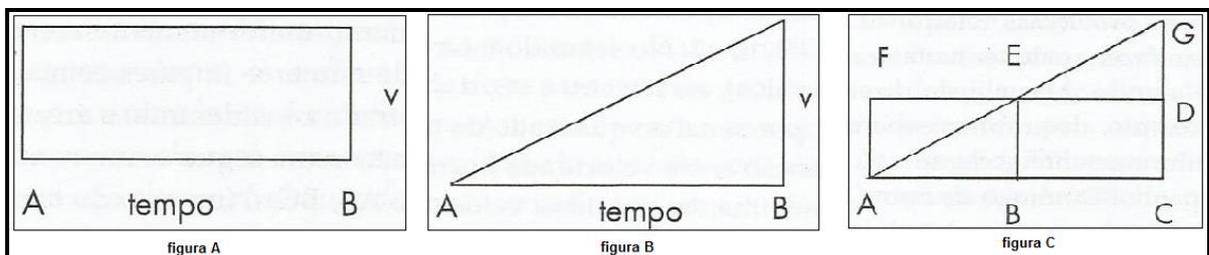
Portanto, a proposta apresentada pelos mertonianos foi a de atribuir uma intensidade e uma extensão a grandezas qualitativas do movimento, para que assim pudessem operá-las em suas formulações matemáticas. Passaram, então, a analisar cada uma das posições e estágios que escalonam essas grandezas e sua frequência. Como coloca Dias (2006, p. 209), “uma felicidade na história da Física foi terem concebido o movimento como uma qualidade: O grau é a velocidade instantânea e a extensão é o tempo”.

Quanto à demonstração do teorema da velocidade média, cabe trazer à memória os estudos de Nicolau de Oresme (1323-1382), que mesmo sem ferramentas matemáticas que dessem suporte a um tratamento algébrico mais refinado, buscou refúgio nos conceitos geométricos para sua demonstração. Para conseguir traduzir quantitativamente as características de algumas grandezas, o recurso utilizado foi a comparação com segmentos de retas. Deste modo, a representação de uma velocidade constante com o passar do tempo é por meio de

uma figura onde todos os segmentos verticais são do mesmo tamanho. Já para a representação de um movimento uniformemente acelerado, os segmentos de retas verticais possuem tamanhos variados, sendo mais preciso, seu tamanhos crescem à medida que o tempo cresce, conforme figura 6 (A e B).

Meados de 1350 que Oresme demonstrou o teorema da velocidade média. Para isso, utilizou o recurso de associar a distância percorrida com a área do gráfico que representava a intensidade da velocidade em função do tempo. Observando a figura 6 (C) é possível perceber que o movimento uniformemente acelerado está representado pelo triângulo AGC, o movimento uniforme pelo retângulo AFDC e a velocidade média representada pelo segmento BE, como as áreas do triângulo e retângulo, para esse caso, são iguais, a demonstração do teorema se torna evidente.

Outro teorema demonstrado por Oresme foi a relação entre a distância percorrida em um movimento uniformemente acelerado para intervalos de tempos iguais, mostrando que a razão entre tais grandezas obedecia a sequência dos números naturais ímpares começando pelo 1. Analogamente a área do quadrilátero BEGC é o triplo da área do triângulo AEB. Contudo, seu aporte deixado para a Cinemática ainda se destaca por diferenciar velocidade linear da velocidade angular. Segundo Pires (2011, p. 74), Oresme “escreveu que em um movimento circular a velocidade linear mede-se pela distância linear que o corpo percorre, mas a velocidade rotacional indica-se mediante os ângulos descritos ao redor do movimento”.



Fonte: PIRES (2011, p. 73).

Outro nome que pode ser citado é William de Ockham, que foi um teólogo, frade franciscano e integrante do Colégio de Merton. Sua definição para o movimento, bem como suas formulações, foram antagônicas às apresentadas por

Aristóteles, o que o levou a ser pioneiro ao fazer uma distinção entre a Cinemática e Dinâmica. De acordo com Ockham, o “‘movimento’ pode ser concebido como o mero deslocamento do corpo (no tempo), o que torna ‘fútil’ o uso de outras ‘entidades’” (DIAS, 2006, p. 209). Assim, sua formulação sobre o movimento consiste em defini-lo como sendo as posições consecutivas ocupadas por um corpo durante um intervalo de tempo. Em decorrência disto, o conceito de força, ou qualquer ente que seja responsável por provocar o deslocamento de um objeto, se torna dispensável, pois após o início do movimento sua persistência em manter essas características lhe é inerente (SOUZA, 2016).

Esses foram alguns dos predecessores de Galileu Galilei que prepararam o palco para que este pudesse levar o estudo do movimento mais adiante, justificando o caminho trilhado por esta pesquisa até o presente momento. Afinal, para avaliar com propriedade a estrutura dos escritos de Galileu, é preciso fazê-la mediando suas teorias em confronto com seus antecessores. O que é aceitável quando se lê o que ele descreve em sua obra “Discursos e Demonstrações Concernentes a Duas Novas Ciências”:

Não há talvez, na Natureza, nada mais velho que o movimento, a cujo respeito os livros escritos por filósofos não tem sido poucos nem pequenos; não obstante isso, eu descobri algumas propriedades dele, que valem a pena ser conhecidas, e que até aqui não foram observadas nem demonstradas (GALILEU apud COHEN, 1967, p. 96).

Começando cedo em seus estudos sobre ciências mecânicas, Galileu desenvolveu um método para contar os batimentos cardíacos de um ser humano utilizando pêndulos. Foi o responsável pela introdução dos métodos experimentais, pois para o sábio italiano era mais relevante a atividade de examinar atento um fenômeno físico, ao invés de simplesmente crer em tratados escolásticos. Com isso, reforçou e defendeu o uso da Matemática como ferramenta para descrever o mundo natural. Portanto, a atividade científica

nunca pode se limitar a fatos sensoriais isolados, mas sim estabelecer entre eles conexões lógicas mediante as quais poderá se chegar às leis matemáticas, estas sim, expressões da verdade. Portanto, sucedendo-se à observação, ou alternando-se com esta, entra em cena a razão lógico-formal que é expressada matematicamente. É através da linguagem matemática que o homem descobre os mistérios da criação divina, tornando-se um privilegiado interlocutor de Deus (ROCHA, 2015, p. 62).

Galileu apresentou, então, as etapas que constituem o método científico, onde os fatores que levam à existência ou à recorrência de um fenômeno devem ser averiguados pela observação e escritas, por meio de proposições antecipadas provisoriamente como explicação de fenômenos naturais, e que devem ser ulteriormente verificadas pela experiência. Este método possui propriedade intrínseca que procede da razão, pois como afirma Rocha (2015, p. 63), é a inteligência que descobre as conexões lógicas necessárias à formulação de leis matemáticas, além de corrigir e ampliar o alcance da observação sensível. Nesta, no entanto, está o verídico final sobre a validade daquela.

A estrutura do método galileano é composta de quatro passos. O primeiro consiste na elaboração de um problema, por meio de experiências, para o qual se deseja solução. A seguir, deve-se fazer o relato das experiências sobre o assunto em questão e, com isso, construir hipóteses compatíveis com a observação. O terceiro passo é a interpretação dos resultados e formulação, quando possível, de equações matemáticas que relacionem as variáveis do fenômeno físico e seu resultado. Quanto ao último passo, este tem como fundamento repetir inúmeras vezes a experiência e inferir soluções que possam ser provadas; em caso contrário, inicia-se o processo novamente (PEREIRA e TASSOTE, 2008).

Quanto ao estudo do movimento, é possível afirmar que a participação de Galileu foi substantiva, visto que seus trabalhos culminaram na elaboração de uma cinemática rudimentar que seria capaz de descrever matematicamente a mobilidade dos corpos físicos e, por consequência, oferecer uma consistência sistemática à dinâmica. Tais trabalhos podem ser citados, a saber: a elaboração da relação entre velocidade e tempo de queda, o que levou a perceber que o deslocamento deveriam ser iguais à série de números ímpares para um mesmo intervalo de tempo (fato já demonstrado por Oresme); a formulação do movimento uniformemente acelerado; a demonstração de que a trajetória de objetos lançados obliquamente é uma parábola; a descrição inicial do princípio da inércia (MARICONDA, 2006).

Ao descrever a lei sobre o movimento o uniforme, Galileu em seu último livro, intitulado “Discurso e Demonstrações Concernentes a Duas Novas Ciências”, apresenta que este é um movimento onde um corpo percorre distâncias iguais para intervalos de tempos iguais. Tal definição deu origem a quatro premissas consideradas necessariamente evidentes e verdadeiras (figura 7).

- I) Se $t_1 > t_2$, mesmo V , então $x_1 > x_2$.
 II) Se $x_1 > x_2$, mesmo V , então $t_1 > t_2$.
 III) Se (em um mesmo intervalo de tempo) $v_1 > v_2$, então $x_1 > x_2$.
 IV) Se $x_1 > x_2$ (em um mesmo intervalo de tempo), então $v_1 > v_2$.

Figura 7 – Axioma do movimento uniforme.
 Fonte: PIRES (2011, p. 151).

Seu estudo sobre movimento estava debruçado em demonstrações geométricas, onde por meio de axiomas dava-se origem aos teoremas e corolários. Nesse sentido, a compreensão de tais conceitos físicos se dava por meio de descrições matemáticas elaboradas pelas inferências dos postulados previamente enunciados que poderiam ser verificadas experimentalmente. Assim, no que diz respeito ao movimento uniforme Galileu enunciou alguns teoremas (PIRES, 2011), como mostra a figura 8.

- Teorema 1: Os intervalos de tempo para uma partícula em movimento uniforme percorrer duas dadas distâncias estão um para o outro na mesma razão dessas distâncias.*
- Teorema 2: Se uma partícula em movimento percorre duas distâncias em intervalos de tempo iguais, estas distâncias estarão uma para a outra na mesma razão que as velocidades.*
- Teorema 3: No caso de velocidades desiguais, os intervalos de tempo necessários para percorrer um dado espaço estão um para o outro na razão inversa das velocidades.*
- Teorema 4: Para duas partículas em movimento uniforme, mas com velocidades desiguais, percorrendo distâncias desiguais, a razão entre os intervalos de tempo será o produto das razões das distâncias pela razão inversa das velocidades.*

Figura 8 – Teoremas do movimento uniforme.
 Fonte: PIRES (2011, p. 152).

Galileu, então, concentrou seus esforços no estudo do movimento acelerado e na busca por uma interpretação que se adaptasse com perfeição ao fenômeno de queda dos corpos, procurando compreender como a variação da velocidade ocorria neste movimento. Um fato que é sempre lembrado é o evento da Torre de Pisa, sendo considerado, por alguns historiadores, verídico o relato apresentado nos

escritos de Viviani, último aluno de Galileu e o primeiro a fazer sua biografia, a saber,

Segundo Viviani, Galileu, desejando refutar Aristóteles, subiu a Torre inclinada de Pisa, “na presença de todos os outros professores e filósofos e de todos os estudantes”, e, “por experiências repetidas” provou “que na velocidade de corpos em movimento constituídos do mesmo material e de massas desiguais, movendo-se através do mesmo meio, os tempos de queda não são inversamente proporcionais as suas massas como afirmara Aristóteles, mas que eles se movem com igual velocidade (COHEN, 1967, p. 94)

Em contrapartida, há aqueles que afirmam ser a história da Torre apenas um relato fantástico, uma vez que se considerada a posição ocupada por Galileu na Universidade já seria condição necessária e suficiente para que ele não tivesse muito crédito em seus estudos. Afinal, além de ser um professor inexperiente na carreira acadêmica, acrescenta-se o fato de que estaria contrariando a dinâmica aristotélica, o que para aquela época era um feito em nada relevante.

Entretanto... um pouco de reflexão e de bom senso, um pouco de conhecimento teórico, um pouco de conhecimentos físicos, bastaria para reconhecer a inverossimilhança do relato de Viviani. E até de sua impossibilidade. Realmente, é preciso ser verdadeiramente um pouco ingênuo demais ou ter uma demasiada ignorância dos usos e costumes das Universidades e dos universitários para admitir que a assembleia dos professores, seguida do conjunto dos estudantes, pudesse dirigir-se ‘in corpore’ a uma praça pública com a finalidade única de assistir a uma experiência ridícula para a qual a tivesse convidado o último dos professores auxiliares – o mais novo, o de menor graduação e menor remuneração – da última de suas faculdades. Por outro lado, para indignar e consternar ‘todos os filósofos’, não bastaria por em dúvida o ensinamento de Aristóteles. Com efeito, havia cem anos que não se fazia outra coisa (KOYRÉ, 1982 apud PEDUZZI, 2011, p. 126).

Entretanto, é inegável os esforços que Galileu fizera para melhor compreender o movimento acelerado, levando-o a afirmar que os fenômenos naturais ocorrem de modo a empregar a menor quantidade de premissas possível. Assim, por julgar que a natureza se manifesta continuamente em sua forma mais compreensível, considerou que o aumento da velocidade deveria ser uniforme em intervalos de tempos sucessivos, ou seja, concluiu que a aceleração para este movimento seria constante. Desse modo, “um movimento é chamado de uniformemente acelerado quando, partindo do repouso, ele adquire, durante intervalos de tempos iguais, incrementos iguais de velocidade”. Essa definição levou Galileu a propor dois teoremas que foram demonstrados geometricamente, sendo

um deles o teorema da velocidade média. Com isso, o pensador mostra um resultado familiar à cinemática medieval, com a sutil diferença que a distância percorrida é agora considerada proporcional à área e não o caminho contrário (PIRES, 2011, p. 152), como sintetiza a figura 9.

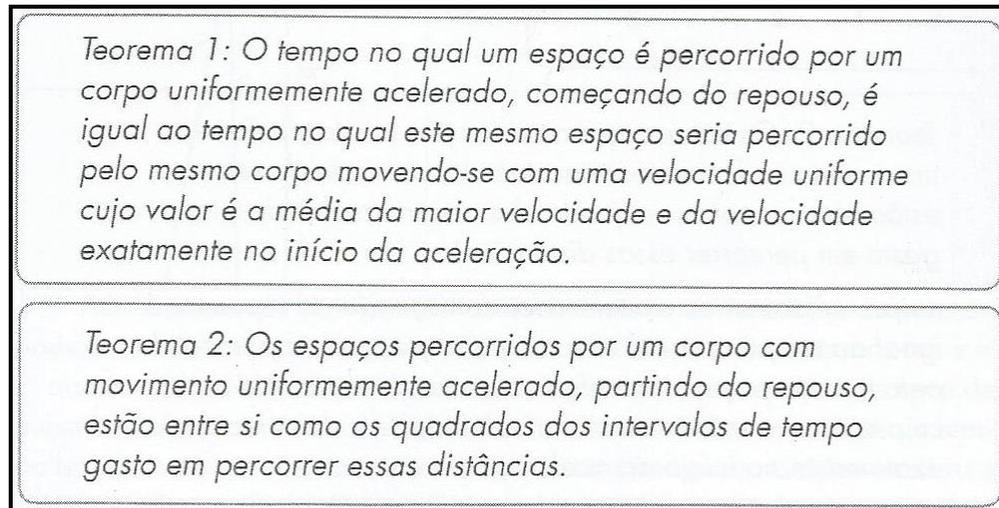


Figura 9 – Teoremas do movimento uniformemente variado.
Fonte: PIRES (2011, p. 156).

Para demonstrar que sua proposição estava correta, seria necessário verificar o valor da velocidade a cada instante, o que para época era uma atividade inviável por meio de experimentos, pois o movimento de queda livre é demasiadamente rápido para ser medido com clepsidra. A alternativa encontrada foi trabalhar com planos inclinados, partindo da proposição de que se os resultados encontrados se mantivessem válidos para pequenas inclinações, seriam válidos também para inclinação máxima que corresponderia à queda livre. Tal experimento fez Galileu perceber que um movimento uniformemente acelerado não era privilégio apenas dos corpos em queda. A queda seria uma particularidade deste tipo de movimento, que deveria ocorrer em condições especiais; isto é, em um meio sem resistência, no vácuo. Outra importante inferência deste experimento foi mostrar que tal movimento existia na Natureza e, com isso, comprovar que o deslocamento de um corpo é proporcional ao quadrado do tempo para percorrê-lo, conforme descreve o próprio Galileu:

Numa ripa, ou melhor dito, numa viga de madeira com um comprimento aproximado de 12 braças, uma largura de meia braça num lado e três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais de um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente

retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colocada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ela uma bola de bronze duríssima perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta anotando, como exporei mais adiante, o tempo que empregava para um descida completa: repetindo a mesma experiência muitas vezes, para determinar exatamente a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual a metade do outro. Variando a seguir a experiência, e comparando o tempo requerido para percorrer todo o comprimento com o tempo requerido para percorrer metade, ou os três quartos, ou, para concluir, qualquer outra fração, através de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola (GALILEU, 1935 apud PEDUZZI, 2011, p. 131).

Para finalizar as contribuições de Galileu no que concerne ao estudo dos movimentos, cabe ressaltar suas conclusões quanto ao movimento composto, que em sua originalidade é definido como aquele que é a composição de um movimento uniforme na horizontal e um movimento uniformemente acelerado na vertical, sendo estes independentes e simultâneos. O físico argumenta que o deslocamento na horizontal se dá sem a presença de forças resistivas, resultando em uma velocidade constante. Mas na vertical, graças à ação da força peso que é dirigida para baixo, levaria o móvel apresentar uma variação em velocidade.

Como tal composição resultaria em uma trajetória semi-parabólica, mais uma vez Galileu respaldou seu argumento em demonstrações geométricas que estudariam as peculiaridades de tal figura, que poderia ser obtida ao se cortar o cone com um plano paralelo ao seu lado (PIRES, 2011) (figura 10).

Teorema: Um projétil cujo movimento é composto de um horizontal uniforme, e outro vertical, uniformemente acelerado, descreve uma trajetória que é uma semi-parábola.

Figura 10 – Teorema da composição de movimento.
Fonte: PIRES (2011, p. 161).

De todos os filósofos que podemos citar para elucidar os fatos históricos acerca das leis do movimento, Galileu tem particular destaque, já que apresentou concepções que romperam, ainda que algumas vezes parcialmente, com os

conceitos aristotélicos sobre o movimento. Este físico foi o pioneiro a apresentar a relação concreta das ideias do estudo do movimento, que antes eram tratadas apenas nas abstrações, ou seja, eram estudadas apenas pelas teorias. Assim, ele se apropriou de uma ciência matemática da Natureza antagonicamente ao modo apresentado por Aristóteles (PIRES, 2011) e que vigorou durante a Idade Média.

2.2. As equações da Cinemática

Um dos conceitos mais antigos a ser estudado pela Física é o movimento. Sua análise pode ser apresentada de duas maneiras. Na primeira, o esforço despendido volta-se exclusivamente para a caracterização do movimento, sem se preocupar com as condições que o levaram a existir, ou seja, a Cinemática. Já quando o estudo do movimento é analisado pela perspectiva de suas causas, denomina-se Dinâmica. Como o objetivo desse trabalho é apresentar um caminho alternativo e produtivo para o ensino do estudo do movimento em sua forma mais simples, sem se ater às condições que levaram ou não a sua origem - ou seja, a Cinemática - cabe descrever, de forma mais detalhada e com rigor matemático, as equações que se referem a essa forma de estudo³.

2.2.1. Movimento uniforme

Velocidade e movimento são termos corriqueiros no cotidiano do aluno, de modo que ele é capaz de estabelecer, ainda que intuitivamente e sem muita dificuldade, uma relação entre os conceitos de movimento, velocidade, tempo e deslocamento. Contudo, ao se falar sobre velocidade e movimento, é fundamental e imprescindível a determinação de um referencial, sobre o qual o estudo do movimento vai ser realizado. Afinal, quando um corpo se move, sua distância em relação a este referencial varia com o passar do tempo.

Assim, o sistema de referencial adotado será uma reta orientada, como a reta do eixo x , uma vez que se pretende descrever um movimento unidimensional.

³ Estudos detalhados sobre as equações da Cinemática podem ser encontrados em vários trabalhos como em Swokowski (1994), Nussenzveig (2002), Flemming e Gonçalves (2006), Young e Freedman (2008) e Halliday et al. (2008) que foram utilizados para a elaboração desta parte do capítulo.

Nesta reta, o sentido positivo do eixo é o sentido dos números crescente e em orientação contrária estão localizados os números negativos, sendo a posição central a origem do sistema referencial, como mostra a figura 11.

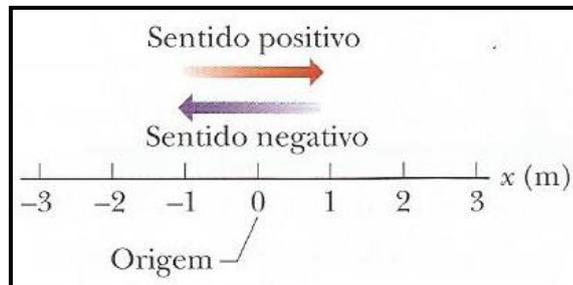


Figura 11 – Sistema de referência.
Fonte: HALLIDAY (et al., 2008, p. 15).

Considerando um corpo que se mova em linha reta sobre o referencial descrito acima, é possível escrever o espaço percorrido por este corpo até um instante t como sendo $s = s(t)$. Nessa situação, para um intervalo de tempo que vá de t até $t + \Delta t$, o deslocamento fica representado por

$$\Delta s = s(t + \Delta t) - s(t) \quad (1)$$

E sua velocidade média⁴ para este intervalo de tempo pode ser descrita como

$$v_m = \frac{s(t + \Delta t) - s(t)}{\Delta t} \quad (2)$$

Quando o deslocamento percorrido por um móvel é constante para um mesmo intervalo de tempo, o movimento passa assumir uma velocidade que não se altera com o passar do tempo e pode ser classificado como Movimento Uniforme. É o mais simples dos movimentos e sua descrição matemática pode ser por meio de uma função do 1º grau, fazendo apenas algumas mudanças de variáveis.

$$f(x) = ax + b \quad (3)$$

⁴ É possível definir velocidade média como a razão entre o espaço percorrido, que para um movimento retilíneo coincide com o deslocamento, pelo intervalo de tempo gasto para percorrê-lo.

Substituindo na equação (3) o $f(x)$ por $s(t)$, o coeficiente linear b pela posição inicial $s(t_0) = s_0$ e o coeficiente angular pela velocidade obtém-se a função horária para este movimento.

$$s(t) = s_0 + v(t - t_0) \quad (4)$$

Assim, na representação gráfica tem-se a posição s versus o tempo t para um movimento em que sua rapidez não é mais constante. A inclinação da reta que une dois pontos determinados desse gráfico é a representação geométrica da velocidade média, ou seja, a velocidade média é o coeficiente angular da reta. Em outras palavras a velocidade média é a taxa média de variação do espaço, em relação a um intervalo de tempo, como descrito na equação (2). A figura 12 demonstra as descrições feitas até aqui.

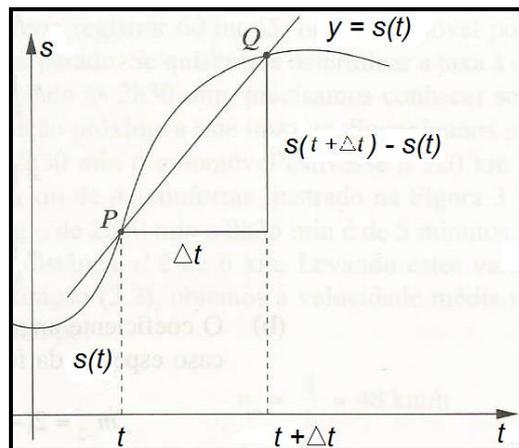


Figura 12 – Representação geométrica da velocidade.
Fonte: SWOKOWSKI (1994, p. 115 (adaptado)).

Contudo, o valor encontrado para velocidade média durante um intervalo de tempo não representa, necessariamente, o real valor da velocidade de um móvel durante cada instante deste intervalo de tempo. Para isso, é necessário definir uma velocidade em que o instante ou sua posição do móvel na trajetória seja específico, ou seja, determinar a velocidade naquele instante ou naquela posição. Tal velocidade é denominada Velocidade Instantânea, que é o limite da velocidade média quando o intervalo de tempo tende a zero; é a taxa instantânea de variação da posição em relação ao instante.

$$v = \left[\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{s(t + \Delta t) - s(t)}{\Delta t} \right] = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta s}{\Delta t} \right)_{t=t_0} = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=t_0} \quad (5)$$

Da mesma forma que a velocidade média, a velocidade instantânea tem uma interpretação geométrica para o gráfico da posição s em função do tempo t . Assim, na figura 7 a velocidade média é a inclinação da reta que passa pelos pontos P e Q, mas à medida que fazemos $\Delta t \rightarrow 0$, o ponto Q se aproxima de P e $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ tende ao coeficiente angular da reta tangente à curva no ponto P.

2.2.2. Movimento uniformemente acelerado

Quando um móvel se desloca ao longo de uma trajetória com um valor de velocidade diferente para cada intervalo de tempo Δt , sua velocidade num determinado instante pode ser escrita por $v = v(t)$. De forma análoga à definição de velocidade média, a aceleração média pode ser descrita como a razão entre a variação da velocidade durante um determinado intervalo de tempo.

$$a_m = \frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} \quad (6)$$

Como essa aceleração pode não ser constante durante todo o intervalo de tempo Δt , é necessário definir a aceleração para um instante específico, ou seja, a aceleração instantânea, que é a derivada em relação ao tempo da velocidade instantânea, representando a inclinação da curva $v(t)$ nesse ponto.

$$a = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[\frac{v(t + \Delta t) - v(t)}{\Delta t} \right] = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta v}{\Delta t} \right) = \frac{dv}{dt} \quad (7)$$

Como a velocidade instantânea já é a derivada da posição $s = s(t)$ em relação ao tempo, a aceleração instantânea de um ponto material é a derivada segunda da posição $s = s(t)$ em relação ao tempo.

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{dx}{dt} \right) = \frac{d^2x}{dt^2} \quad (8)$$

Existem alguns casos em que o valor da aceleração é constante com o passar do tempo, isto faz com que a aceleração média e a aceleração instantânea sejam iguais. Para estes casos é possível encontrar uma função horária da velocidade para este movimento.

$$\begin{aligned} a &= \frac{dv}{dt} \Rightarrow dv = a dt \\ \int dv &= \int a dt \\ \int dv &= a \int dt \\ v &= at + C \end{aligned} \quad (9)$$

Para obter o valor da constante de integração, basta substituir o t por zero na equação (9), que é válida para todo valor de t . Como por definição $v(t_0) = v_0$, obtém-se a seguinte equação para velocidade:

$$\begin{aligned} v &= at + C \\ v_0 &= a(0) + C \\ v_0 &= C \\ v &= v_0 + at \end{aligned} \quad (10)$$

Ainda considerando o caso em que a aceleração é constante, outra função que pode ser descrita é a função horária das posições, sendo sua demonstração feita a partir da equação da velocidade versus o tempo.

$$\begin{aligned}
 v &= \frac{ds}{dt} \Rightarrow ds = v dt \\
 \int ds &= \int v dt \\
 \int ds &= \int (v_0 + at) dt \\
 \int ds &= v_0 \int dt + a \int t dt \\
 s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 + C' \tag{11}
 \end{aligned}$$

Para obter o valor de C' o processo é análogo ao da equação (10), pois ao substituir o valor de t por zero encontra-se a posição inicial $s(t_0) = s_0$.

$$\begin{aligned}
 s &= v_0 t + \frac{1}{2} at^2 + C' \\
 s_0 &= v_0 (0) + \frac{1}{2} a (0)^2 + C' \\
 s_0 &= C' \\
 s &= s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} at^2 \tag{12}
 \end{aligned}$$

2.2.3. Análise gráfica para o estudo do movimento

Um recurso muito útil na resolução de problemas da Cinemática é o cálculo da área do gráfico da velocidade versus o tempo em um determinado intervalo de tempo, o que acaba por resultar no deslocamento realizado por um móvel para este mesmo intervalo de tempo. Como a velocidade é definida sendo a taxa de variação do espaço pela variação do tempo, utilizando o Teorema Fundamental do Cálculo torna-se possível escrever:

$$\int_a^b v(t) dt = \int_a^b s'(t) dt = s(t) \Big|_a^b = s(b) - s(a) \tag{13}$$

Por se tratar de uma integral definida, o resultado fornecido é um valor numérico, e não uma função. Essa integral pode ser calculada a partir da área do gráfico $v(t)$.

$$\int_a^b v dt = \left(\begin{array}{l} \text{corresponde a área do} \\ \text{gráfico entre os instantes} \\ \text{a e b.} \end{array} \right) \quad (14)$$

Considerando que a velocidade, no Sistema Internacional de Unidades, é expressa por (m/s) e o tempo é expresso por (s) , a unidade de área no gráfico é $(m/s)(s) = (m)$, o que corresponde à unidade adotada pelo mesmo sistema para a grandeza deslocamento.

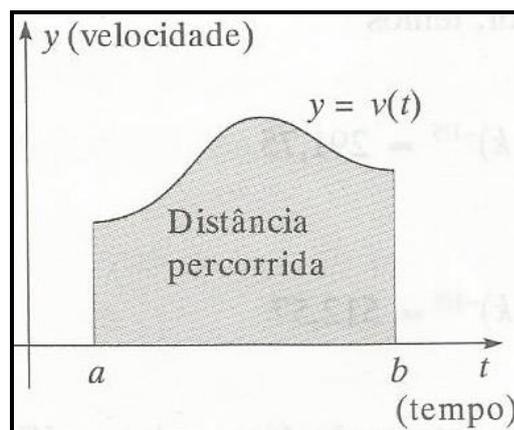


Figura 13 – Cálculo do deslocamento de um móvel por meio do gráfico da $v \times t$.
Fonte: SWOKOWSKI (1994, p. 464).

Processo semelhante pode ser feito para encontrar a velocidade através do cálculo da área do gráfico da aceleração em função do tempo para um determinado intervalo de tempo, ou seja, por meio da integral definida é possível obter o valor que representa a velocidade média.

$$v_1 - v_0 = \int_{t_0}^{t_1} a dt \quad (15)$$

Quanto a unidade de área do gráfico é aceitável que esta seja a unidade de medida da velocidade, visto que a aceleração pode ser expressa em (m/s^2) e o tempo em (s) , logo, a unidade de área do gráfico é $(m/s^2)(s) = (m/s)$.

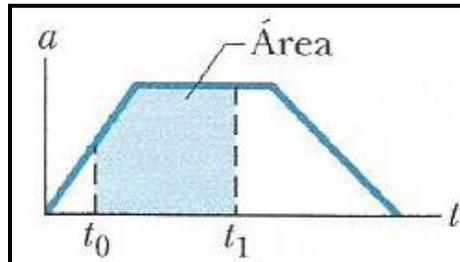


Figura 14 – Cálculo da velocidade de um móvel por meio do gráfico da $a \times t$.
Fonte: HALLIDAY (et al., 2008, p. 30).

3. REFERENCIAL METODOLÓGICO

Quando se pensa em jogo, é frequente a alusão de cenas com risos e descontração. Entretanto essa pode ser uma referência superficial da realidade em que de fato esta atividade está inserida, uma vez que, durante uma partida de xadrez ou em um campeonato de futebol por exemplo, predomina no semblante dos jogadores a expressão de seriedade, concentração e apreensão. Torna-se, assim, refutável e equivocada a associação do jogo como algo simplesmente recreativo, permeado de demonstrações espontâneas de alegria.

O jogo é intrínseco à existência e precedente à cultura, ou seja, desde os primórdios da vida é possível encontrar os mecanismos dos jogos nas práticas existenciais e na maneira de se relacionar, uma vez que a própria sobrevivência pode ser encarada como uma forma de jogar com a vida. Assim, trata-se de uma função da vida, já que a função significativa do jogo é comum a seres humanos e animais. Apesar de não ser o objeto de estudo do presente trabalho, é cabível apresentar algumas de suas características, como a liberdade, evasão da realidade e limitação do tempo e espaço. Ou seja, o jogo é

uma atividade ou ocupação voluntária, exercida dentro de certos e determinados limites de tempo e de espaço, segundo regras livremente consentidas, mas absolutamente obrigatórias, dotado de um fim em si mesmo, acompanhado de um sentimento de tensão e de alegria e de uma consciência de ser diferente da "vida cotidiana" (HUIZINGA, 2000, p. 24).

Acompanhando as transformações sociais e, em especial aquelas relacionadas a questões tecnológicas e midiáticas, o jogo passou por diversas mudanças na história, em termos de estabelecer conexões entre o homem e a informação. Como exemplo, pode-se citar a televisão, que amplificou o envolvimento entre o espectador e a informação apresentada, já que associava o som com a imagem, arrebatando-o para o contexto exposto na tela. Com o passar do tempo, a televisão se tornou um canal para prática do próprio jogo, como aconteceu nos casos dos videogames.

Os jogos eletrônicos (*videogame*) foram bem aceitos pela cultura brasileira, de modo que nem recebeu uma tradução, sendo adotada a expressão original e muitos ainda hoje são chamados de games, pois representam uma mídia própria e

distinguem-se dos demais tipos de jogos. Entretanto esses games ainda obedecem às características mencionadas anteriormente. A gamificação, estando entrelaçada com jogo, também não apresenta uma definição fechada, precisa e definitiva. Esse termo surge após a difusão das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), principalmente depois do advento dos jogos digitais e pela proliferação de softwares baseados em games (SILVA e SALES, 2017). Contudo, muitos teóricos e desenvolvedores de jogos concordam que se trata de uma

aplicação de elementos, mecanismos, dinâmicas e técnicas de jogos no contexto fora do jogo (...). Percebe-se que o objetivo principal da gamificação é criar envolvimento entre o indivíduo e determinada situação, aumentando o interesse, o engajamento e a eficiência na realização de uma tarefa específica, buscando mudar o comportamento desse indivíduo (NAVARRO, 2013, p. 18).

A gamificação vem trazer para a sociedade pós-moderna, que está imersa em uma cultura digital, um ponto de escape para atender as carências deixadas pelo mundo real. Este fenômeno traz a possibilidade de romper com algumas noções comumente admitidas sobre a definição dos jogos, tornando-o um recurso com ampla potencialidade seja no âmbito pessoal, profissional ou escolar. Como sintetiza Navarro (2013, p. 22)

1. O jogo era considerado uma atividade realizada durante períodos de ócio, como forma de distração. Hoje, com a gamificação, é entendido como uma forma oficial de conhecimento e desenvolvimento pessoal e profissional.
2. O jogo consistia na evasão da “vida real”, sendo ele pertencente a uma “realidade paralela”. Hoje, com a gamificação, essa divisão não existe.
3. O jogo dependia de espaço geográfico e temporal limitado para existir, precisando de um campo delimitado para a sua realização, sempre consoante a um tempo próprio e definido. Hoje, com a gamificação, os jogos podem acontecer em qualquer lugar e momento.
4. O jogo tinha um fim. Hoje, com a gamificação, não precisa terminar.

Quanto à cultura digital, Lévy (1999) afirma que é mais a manifestação de uma etapa evolutiva das tradições e valores intelectuais, morais, espirituais da presente sociedade. Seus primeiros sinais surgiram em 1945 com a criação dos primeiros computadores, que eram destinados exclusivamente a fins militares, mas ganharam força na década de 1970, onde foi possível pôr no fluxo do comércio o microprocessador que alavancou o setor econômico, devido à capacidade de automação do processo industrial. Contudo, foi nos anos 1980 que toda essa tecnologia deixou de ser vista como uma fermenta puramente tecnicista e industrial,

ganhando espaço e aplicação nos meio de comunicações, arte e entretenimento - como, por exemplo, na editoração, no cinema, na televisão e música, tornando-se assim condições indispensáveis de todo domínio da comunicação. No início do decênio seguinte, todas as redes de computadores se unificaram em um grande sistema global, utilizando conexões específicas com a finalidade de atender usuários de qualquer parte do mundo, dando início ao surgimento da Internet. Como afirma Lévy (1999, p. 30): “as tecnologias digitais surgiram, então, como a infraestrutura do ciberespaço, novo espaço de comunicação, de sociabilidade, de organização e de transação, mas também novo mercado da informação e do conhecimento”.

Embora não faça parte do escopo deste trabalho, é necessário observar que períodos de mudanças sociais, como o citado anteriormente, geram tensões e salientam obstáculos a serem superados. Fato semelhante já se sucedeu na história da humanidade, quando a invenção da impressora viabilizou a comunicação escrita e expôs a necessidade de uma sociedade composta por mais pessoas que dominassem a leitura e escrita. E isso ocorre na educação hoje: a evolução de uma cultura digital gera a necessidade de pessoas com domínio sobre essas novas ferramentas e suas implicações para o ensino, pois há um obstáculo a ser superado na relação entre docentes e discentes. Não se pode ignorar o conflito geracional entre professores, que em sua maioria, foram formados na época em que a cultura digital não exercia tanta influência nas práticas pedagógicas e seus alunos, nascidos e criados imersos nessa nova cultura. Assim, depara-se com a seguinte indagação: “como ensinar estudantes para uma sociedade estruturada e organizada de modo distinta na qual a maioria dos docentes foi formada?” (MARTINS e GIRAFFA, 2015, p. 12).

Mesmo reconhecendo que o método tradicional de ensino tenha sua relevância para o ensino-aprendizagem, ele já não supre as necessidades dos alunos atuais, uma vez que o avanço das tecnologias digitais de informação e comunicação estimularam mudanças até mesmo comportamentais, levando os alunos a não serem mais instigados apenas pelos conteúdos apresentados, devido ao grande número de estímulos a que estão sujeitos cotidianamente. Como observam Silva et. al. (2019, p. 1) “no modelo de ensino tradicional, os alunos costumam permanecer estáticos, concentrados fazendo atividades/tarefas por longo período de tempo, repetindo sempre o ciclo aulas-exercícios-testes, o que nem sempre é prazeroso”.

Vale salientar que este é um obstáculo enfrentado em toda a extensão da Educação Básica, não sendo uma peculiaridade só do ensino de Física. Assim, pesquisadores tem voltado seus olhares em função de buscar novas metodologias que visam à participação ativa dos discentes, sendo algumas delas: aprendizagem baseada em equipes e em problemas, além da gamificação. Esta última vem se destacando por ser capaz de “envolver, engajar e motivar a ação do estudante em ambientes de aprendizagem” (SILVA et al, 2019, p. 2) e, por isso, tem se apresentado como uma promissora alternativa para o ensino da Física.

A aprendizagem do aluno é influenciada por fatores externos, como a família, a sociedade, o momento histórico e as tecnologias. A evolução frenética dos recursos tecnológicos e a democratização do acesso a internet alteram as práticas dos alunos em todas as áreas, já que ficam expostos a uma demasiada carga de informações que lhes surgem aceleradamente. Os alunos nativos da era digital alteraram não apenas suas roupas, linguagem ou estilo, mas houve uma ruptura drástica e, diante disso, a escola encontra-se diante de uma adversidade já que o sistema educacional foi criado para essa geração. Os discentes de hoje estão habituados com o elemento “instantâneo”, ou seja, com essa cultura da rapidez que a tecnologia proporciona no século XXI, e esperam encontrar isso também na aprendizagem, o que remete a um debate antigo na educação sobre a importância e as implicações do ensino por meio de brincadeiras e jogos. (HUIZINGA 1993; PAPERT 2008; GEE 2009; MATTAR 2010; PRENSKY 2010 e 2012 apud MARTINS e GIRAFFA, 2015).

Diante este cenário, é viável buscar modelos de ensino debruçados em atividades gamificadas, que incluem mecânicas e dinâmicas de jogos digitais no intuito de incentivar práticas pedagógicas inovadoras, a fim de prestar auxílio ao processo de ensino e aprendizagem (MARTINS e GIRAFFA, 2015).

A gamificação, como alternativa para o ensino, vem ganhando espaço no ambiente escolar por utilizar um meio de comunicar ideias semelhantes aos dos alunos, levando em consideração os conhecimentos e habilidades previamente adquiridos devido à familiaridade com tal recurso. Cabe ressaltar que a gamificação tem sua origem ligada aos games e, segundo Khaled, (apud FARDO, 2013, p. 78) “dependem de jogadores interpretando e agindo não apenas em resposta aos sinais do hardware e do software, mas também através do seu conhecimento prévio, crenças, e sistemas éticos”.

Segundo Teixeira (2017, p. 7), a gamificação pode ser considerada como “a utilização de ideias e mecanismos de jogos para incentivar alguém a fazer algo, ou seja, a partir da constatação de que os seres humanos gostam e se sentem atraídos por jogos, criar métodos que os indivíduos apreciem participar destes”. Dessa forma espera-se proporcionar ambiente em que o aluno seja instigado a participar de forma voluntária, explorando sua capacidade de assimilar o conteúdo científico por meio de uma competição e cooperação, isto é, gerar um envolvimento e uma dedicação semelhante a que os games propiciam aos seus jogadores.

Quando Vygotsky conferia importância ao *outro* na aprendizagem, referia-se a um importante elemento daquele momento histórico-social pós Revolução, na Rússia. O mesmo raciocínio vale agora, nesse momento sócio-histórico, onde esse *outro* perdeu a conotação fortemente presencial, no sentido das interações face a face. Esse *outro* pode ser representado pelas inúmeras interações que os indivíduos realizam com as tecnologias, e aqui essas interações são representadas pelo fenômeno dos *games* e tudo aquilo que eles são capazes de evocar, conforme observado (FARDO, 2013, p. 79).

Silva e Sales (2017) realizaram um levantamento bibliográfico sobre a gamificação e concluíram que as primeiras publicações só surgiram em 2012 e até meados de 2017 foram encontradas 314 trabalhos sobre este tema. Quando restringe-se a gamificação ao ensino de Física este número torna-se ainda menor, foram 7 publicações encontradas que se distribuíram em 3 pesquisas teóricas e 4 pesquisas experimentais como mostra a tabela 1.

Tabela 1 – Publicações sobre gamificação no ensino de Física entre 2012 e 2017.

Ano	Título	Autor
2017	Gamificação e ensinagem híbrida na sala de aula de Física: metodologias ativas aplicadas aos espaços de aprendizagem e na prática docente	Gilvandenys Leite Sales et al.
2016	Ensinando Física através da gamificação	Érico Rodrigues Paganini Márcio de Souza Bolzan
2016	Física no futebol: objeto de aprendizagem gamificado para o ensino de Física em mídias digitais por meio do esporte a partir do edutretenimento	Fernando Chade De Grande
2016	Gamificação de materiais didáticos: uma proposta para a aprendizagem significativa da modelagem de problemas físicos	Thiago Machado da Costa Maria de Fátima da Silva Verdeaux
2015	Simulação, games e gamificação no ensino de Física	Nelson Studart
2015	O aumento do engajamento no aprendizado através da gamificação no ensino	Rafael Gomes de Almeida
2015	Tecendo novos métodos de ensino e avaliação: utilizando o Game Angry Birds Rio no ensino de Física	Lucas Henrique Viana et al.

Fonte: SILVA e SALES (2017, p. 114).

Contudo, ao fazer uma nova busca por trabalho relacionado com a gamificação no ensino de Física percebe-se que este número vem crescendo, pois de 2017 até 2019 foram encontrados 10 publicações e apenas uma datada de 2013 que não foi citada na tabela anterior (tabela 2).

Tabela 2 – Publicações sobre gamificação no ensino de Física entre 2012 e 2017 (II).

Ano	Título	Autor
2013	A gamificação como estratégia pedagógica: Estudo de elementos dos <i>games</i> aplicados em processos de ensino e aprendizagem	Marcelo Luis Fardo
2017	A utilização da gamificação no ensino de Física: contextualização e aplicação em sala de aula	Rafael Gomes de Almeida
2017	Ensino da força magnética por meio de jogos digitais que utilizam o Kinect.	Jurandir Alves Cunha
2017	Gamificação aplicada no ensino de Física: um estudo de caso no ensino de óptica geométrica	João Batista da Silva Gilvandenys Leite Sales
2017	Gamificação e <i>games</i> no ensino de mecânica newtoniana: uma proposta didática utilizando o jogo Bunny Shooter e o Aplicativo Socrative	Maurício Dantas dos Anjos
2017	Gamificação e ensinagem híbrida na sala de aula de Física: metodologias ativas aplicadas aos espaços de aprendizagem e na prática docente	Gilvandenys Leite Sales Joana Laysa Lima Cunha Alexandra Joca Gonçalves João Batista da Silva Rubens Lopes dos Santos
2017	Gamificação, uma estratégia para promover o ensino e aprendizagem de Gravitação no Ensino Médio	Thiago Fernandes Maximo Teixeira
2017	Um panorama da pesquisa nacional sobre gamificação no ensino de Física	João Batista da Silva Gilvandenys Leite Sales
2018	Gamificação e <i>games</i> no ensino de mecânica newtoniana: uma proposta didática utilizando o jogo Bunny Shooter e o Aplicativo Socrative	Maurício Dantas Silvana Perez
2018	Metodologias Inovadoras no Ensino de Física: gamificação	Lucas Biasi Gastaldon Ivair Fernandes de Amorim
2019	Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física	João Batista da Silva Gilvandenys Leite Sales Juscilde Braga de Castro

Fonte: Feito pela autora

Diante do exposto, é possível afirmar que as atividades gamificadas mostram-se como um recurso viável para o ensino, pois permitem uma maior interação do estudante com o processo de ensino tirando-o da posição de simples receptores.

4. O CINEFUT

O CineFut é um jogo desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), e tem como objetivo apresentar o estudo da Cinemática de uma forma mais lúdica. Como aponta Reis (p. 2, 2014): “pensamos em uma ferramenta que possibilite ao professor tratar dos conceitos de Cinemática utilizando um tema comum aos alunos, o futebol, e que seja diferente de uma aula tradicional, lousa e giz”.

Trata-se é um software em formato de jogo que utiliza o sensor de movimentos Kinect®, produzido pela Microsoft® para o console Xbox 360®, para a captura de comandos feitos pelo usuário e sua interação com o software. Sua estrutura é constituída por três módulos que possibilitam a transferência mútua de informações.

O CineFut é o módulo por onde os outros são chamados e possui a implementação das funções que integram as informações dos demais módulos. O Kinect SDK é o responsável pela interação do usuário com o software. Sua instalação é necessária, pois além das bibliotecas utilizadas no código, possui os drivers que fazem a comunicação entre o sensor Kinect® e o equipamento que está rodando a aplicação. O Microsoft XNA é um framework criado a partir de um conjunto de bibliotecas NET para o desenvolvimento de games. Ele foi utilizado no desenvolvimento desses software por proporcionar a abstração de tarefas necessárias. (REIS, p. 3, 2014).

O jogo aborda o conteúdo de Lançamento Oblíquo, fenômeno que ocorre quando um objeto é lançado de modo a formar um determinado ângulo com a horizontal, resultando em um movimento composto, que por sua vez é um evento que pode ser observado com frequência, dentre outros esportes, no futebol. Para sua utilização, três comandos são importantes: o braço direito escolhe o ângulo de lançamento; a perna direita chuta a bola e determina a velocidade inicial; e o braço esquerdo pausa o jogo. Ele é apresentado em quatro fases independentes e sua seleção se dá manualmente. Ainda é possível optar por uma visualização do sistema de coordenadas, a trajetória descrita pela bola, o vetor das componentes das

velocidades e o vetor resultante. A figura 15 mostra como é a tela de seleção de fases do jogo.



Figura 15 – Tela principal e seleção de fase do CineFut.
Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

A primeira fase (figura 16) trabalha a relação entre ângulo de lançamento e alcance e, para isso, o jogador deve conseguir fazer um gol. O objetivo é levar o aluno a perceber que quando a bola forma com a horizontal um ângulo de 45° , seu alcance máximo é atingido. Ao selecionar esta fase, na tela de seleção, fica disponível a variável velocidade, que caso tenha seu valor alterado faz com que o boneco do jogo fique mais próximo ou mais afastado do gol. É possível, ainda, marcar as opções para que no jogo apareçam o sistema de coordenadas, a trajetória da bola e os vetores ortogonais da velocidade. Depois de ter selecionado o que é de interesse para esta fase, basta clicar no botão aplicar para a tela do jogo aparecer.

Caso haja alguma dúvida, o jogo oferece a possibilidade de demonstrar o que deve ser feito em cada fase, bastando utilizar o botão “demonstrar”. Outro recurso auxiliar são as funções horárias do espaço pelo tempo dos movimentos uniforme e uniformemente variado, que aparecem na parte superior da tela em que o aluno está jogando.

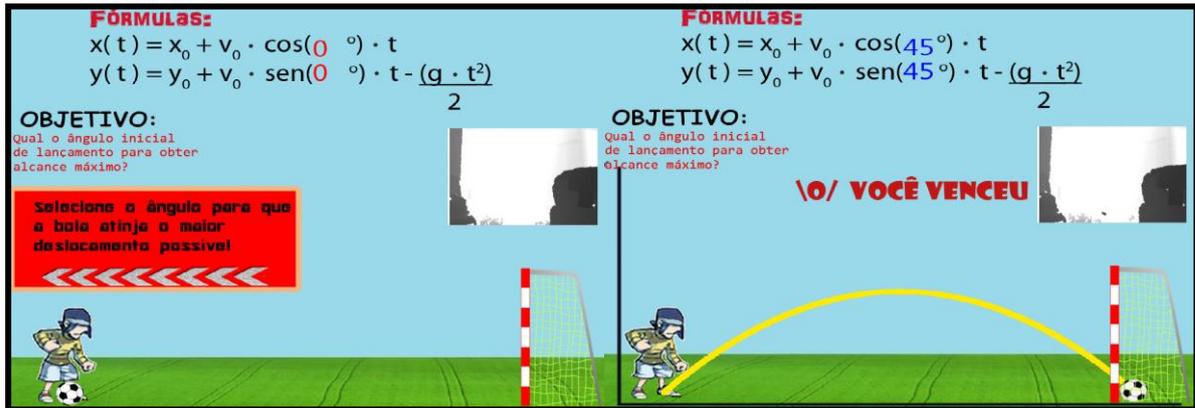


Figura 16 – Primeira fase do jogo CineFut.
 Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

Na segunda fase (figura 17), o objetivo é transpor uma barreira e fazer gol, algo parecido com a cobrança de falta em um jogo de futebol e, com isso, mostrar a relação entre velocidade inicial e ângulo de lançamento. Para isso, o aluno deve levar em consideração a altura da barreira, a distância que ela está do gol e a distância que ele está da barreira. É possível alterar a distância entre o jogador, a barreira e o gol mudando na caixa de variáveis as grandezas velocidade e distância. A velocidade inicial varia conforme a intensidade do chute do jogador. Os outros comandos são semelhantes ao da primeira fase.

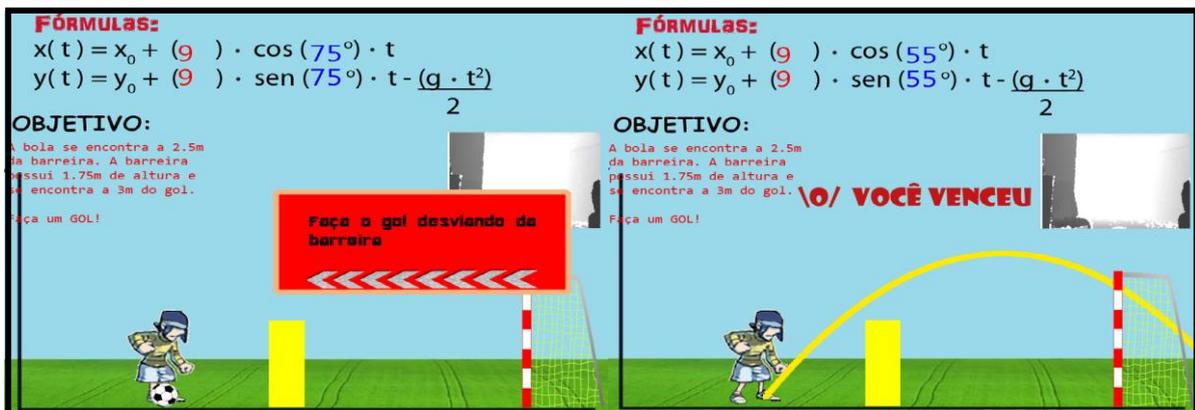


Figura 17 – Segunda fase do jogo CineFut.
 Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

A terceira fase (figura 18) aborda um conteúdo que é comum à Matemática: ângulos complementares. O objetivo dessa fase é que o aluno compreenda o que são ângulos complementares e sua relação com o lançamento oblíquo, ou seja, tais ângulos produzem alturas diferentes, mas o mesmo alcance. Nesta fase, a velocidade é fixa e não depende da intensidade com que o jogador chute a bola.

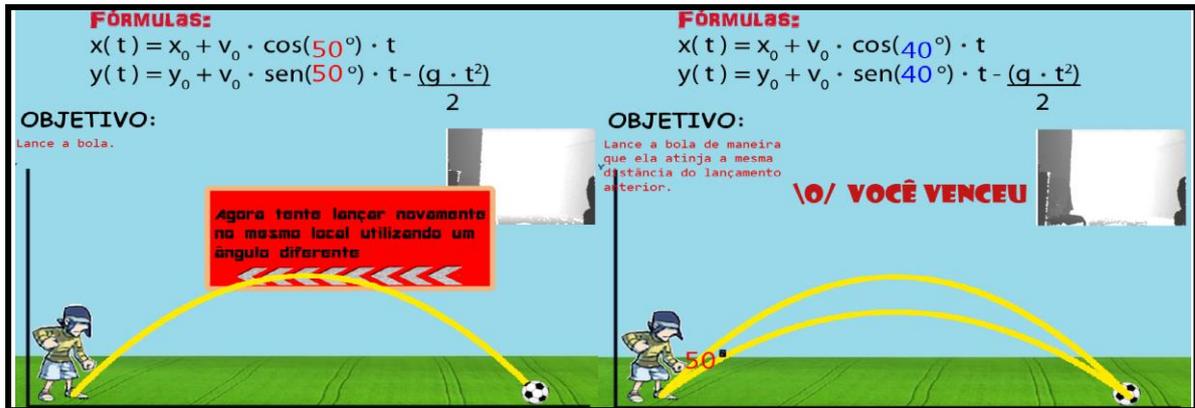


Figura 18 – Terceira fase do jogo CineFut.
 Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

A última fase do jogo (figura 19) demonstra a influência da aceleração da gravidade no movimento da bola. O aluno deve fazer o primeiro lançamento com o valor habitual da aceleração da gravidade, 10 m/s^2 , uma aproximação muito utilizada no Ensino Médio. Em seguida, ele fará outro lançamento com o valor de aceleração alterado e, com isso, verificar que a trajetória da bola se altera. Desse modo, nesta fase as grandezas que podem ser alteradas na caixa de variáveis são: o ângulo de lançamento, que para esta fase não é mais medido com o braço direito; e a aceleração 2, que seria uma outra aceleração sem ser a da Terra.



Figura 19 – Quarta fase do jogo CineFut.
 Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

Como o Lançamento Oblíquo é a composição do Movimento Uniforme e o Movimento Uniformemente Variado (MUV), é viável utilizar o software como recurso mediador para o ensino destes dois tópicos. O que não é diferente para o estudo de Queda Livre é um caso particular do MUV, pois o jogo oferece a possibilidade de

simular outros valores para a aceleração da gravidade. É também uma alternativa para o estudo de vetores, pois é possível, em cada fase do jogo, observar o comportamento das componentes ortogonais e do vetor resultante da velocidade da bola. Por fim, o tratamento de ângulos complementares pode ganhar uma abordagem mais lúdica. Assim, ao abordar o conteúdo de Lançamento Oblíquo, que por vezes é omitido no Ensino Médio, de uma forma mais próxima à realidade dos alunos, o CineFut auxilia a construir uma via para que o aluno transite de modo mais dinâmico entre os conceitos da Cinemática e sua descrição matemática, se tornando uma ferramenta aliada do professor. Nesse sentido, o jogo de futebol se torna um ponto de partida proveitoso para o aprendizado em sala de aula.

5. METODOLOGIA

Uma atividade trivial no cotidiano do estudante é a realização de exercícios, que podem apresentar-se com interpretação textual, puramente conteudistas, contextualizados, interdisciplinares, experimentais entre outros. No entanto, é intrínseco a essa prática o desenvolvimento de habilidades e competências, que devem ser cuidadosamente analisadas pelo professor ao preparar sua aula, uma vez que “os exercícios, os materiais utilizados e as abordagens conferidas requisitam para o seu entendimento e resolução a necessidade do desenvolvimento de determinadas competências, ou seja, nos seus interiores estão os objetivos” (KAZUHITO, FUKE, 2010, p. 142).

Um documento norteador, para qualquer professor, no momento de planejar suas aulas, são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e suas Orientações Educacionais Complementares (PCN+). De acordo com este último documento, as competências a serem desenvolvidas no ensino de Física podem ser divididas em três grandes blocos. Há competências que estão associadas com a investigação e compreensão dos fenômenos físicos, enquanto há outras que dizem respeito à utilização da linguagem Física e de sua comunicação, ou, finalmente, que tenham a ver com sua contextualização histórico e social (PCN+, 2002, p.6).

De uma forma resumida, os objetivos apresentados no detalhamento das competências apresentadas pelos PCN+ são:

- 1) Entendimento e uso correto dos conhecimentos matemáticos e da linguagem da Física: seus códigos e símbolos.
- 2) Compreender o funcionamento de equipamentos tecnológicos, domésticos, de uso social ou profissional.
- 3) O entendimento e uso de procedimentos científicos, como hipótese, observação, previsão, identificação de padrões, relação de grandezas, medição, avaliação e conclusão.
- 4) Como compreender e utilizar modelos, leis e teorias Físicas.
- 5) Ciência como construção humana, cujo desenvolvimento está atrelado aos contextos cultural, social, político e econômico.
- 6) Auxiliar na elaboração de juízos de valor pelos alunos em relação aos usos da ciência e da tecnologia bem como avaliar as consequências decorrentes (KAZUHITO; FUKE, p. 142, 2010).

Buscando o auxílio de um software (CineFut) para que o ensino da Cinemática se torne menos desgastante e mais efetivo, sem depreciar esse processo de aprendizagem, este trabalho utilizou uma abordagem qualitativa. Tal

escolha se deve ao fato de que seu foco está na percepção se tal recurso é viável para o ensino de Física, observando seus recursos e limitações, e não tendo por intenção afirmar que o estudo do Movimento só deva ocorrer mediante a utilização do jogo. Cabe destacar que na abordagem qualitativa “não se recolhem dados ou provas com o objetivo de confirmar ou infirmar hipóteses construídas previamente; ao invés disso, as abstrações são constituídas à medida que os dados particulares que foram recolhidos se vão agrupando” (BOGDAN e BIKLEN, 2006, p. 50).

5.1. Planejamento das Aulas

Como mencionado, o CineFut possibilita desenvolver o conteúdo de Cinemática de uma forma mais agradável, sem que com isso o ensino seja superficial e incompetente. Unindo isto a um reduzido número de aulas de Física nas escolas públicas e um extenso currículo a ser cumprido, o produto educacional aqui apresentado foi criado com a intenção de apresentar a Cinemática de forma resumida e próxima à realidade do aluno, porém eficiente, atendendo o que é proposto pelos PCN. Pretende-se, ao final da atividade, dar oportunidade para que se crie um ambiente onde o conhecimento físico é integrado a um contexto comum ao cotidiano do estudante, mostrando uma relação de reconhecimento imediato para a Cinemática, de acordo com os objetivos do documento, que são

- ✓ Articular o conhecimento físico com conhecimentos de outras áreas do saber científico.
- ✓ Utilizar e compreender tabelas, gráficos e relações matemáticas gráficas para a expressão do saber físico. Ser capaz de discriminar e traduzir as linguagens matemática e discursiva entre si.
- ✓ Estabelecer relações entre o conhecimento físico e outras formas de expressão da cultura humana. (PCN, 1998, p. 29)

O produto educacional não se ateve a uma matematização complexa e densa que geralmente é trazida com a Cinemática e que é criticado na literatura. Em contrapartida, no produto desenvolvido neste trabalho não se abandonou o formalismo matemático, pois reconhecemos sua importância para a descrição dos conceitos físicos.

A Matemática é a linguagem pela qual a Física torna seus estudos mais palpáveis (PCNs, 1998), é mais do que uma simples coadjuvante (CAMPO, 2000), ela é a estruturante no conhecimento físico (PIETROCOLA, 2002), é

muito mais do que uma simples ferramenta (LOPES, 2004), é inerente aos conceitos físicos (ANDRADE, 2005), vale-se dos conhecimentos físicos para motivar o seu estudo (KARAM, 2007), uma linguagem reflexiva dos fenômenos físicos (SOUZA, 2010), um caminho interdisciplinar para melhor apropriação dos conceitos físicos. (PEREIRA, 2013, p. 16)

Diante do exposto foi elaborado um material com seis aulas/temas que englobam todo o conteúdo de Cinemática de forma concisa, como descrito na tabela abaixo.

Tabela 3 – Planejamento das aulas

Aula 01 – Conceitos Iniciais				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender os conceitos de deslocamento e tempo e suas unidades de medida. ✓ Compreender a relatividade do movimento. ✓ Reconhecer a importância da definição de um referencial para a determinação da posição de um corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relatividade do movimento. ✓ Referencial. ✓ Deslocamento e distância percorrida. ✓ Trajetória. ✓ Posição numa trajetória. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. ✓ Lista de exercícios. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.
Aula 02 – Velocidade e Aceleração				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender o conceito de velocidade de um corpo, como rapidez. ✓ Compreender as unidades de medidas da velocidade (m/s e km/h). ✓ Compreender o conceito de aceleração e sua unidade de medida no SI. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Velocidade. ✓ Aceleração. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. ✓ Lista de exercícios. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.
Aula 03 – Introdução a Composição de Movimento				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar os movimentos compostos como resultado de movimentos parciais e simultâneos; ✓ Justificar a independência do movimento de um corpo, segundo a horizontal e a vertical; ✓ Reconhecer a composição do movimento em algumas atividades do cotidiano. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Composição de movimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Ficha com resumos de algumas modalidades de esportes. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.

Aula 04 – Um pouco de Matemática – Trigonometria e Vetores				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolver problemas que envolvam as razões trigonométricas seno e cosseno. ✓ Abordar o conceito de vetor como representação de um fenômeno que tem direção e sentido. ✓ Apresentar grandezas vetoriais por suas características e distingui-las das grandezas escalares. ✓ Decomposição de um vetor. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trigonometria triângulo retângulo. ✓ Decomposição de vetores. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. ✓ Lista de exercícios. 	Duas aulas de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.
Aula 05 – Movimento Uniforme				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saber descrever o movimento de um corpo em movimento retilíneo uniforme. ✓ Resolver problemas envolvendo velocidade, deslocamento e tempo no movimento retilíneo uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimento Uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Pequeno vídeo. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. 	Duas aulas de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.
Aula 06 – Movimento Uniformemente Variado				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterizar movimento uniformemente variado. ✓ Resolver problemas envolvendo aceleração, velocidade, deslocamento e tempo no movimento uniformemente variado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimento Uniformemente Variado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Pequeno vídeo. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. 	Duas aulas de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.

Fonte: Feito pela autora.

5.2. Panorama do campo de trabalho

Para que este produto encontrasse situações reais de ensino, por meio das quais fosse possível conhecer seus limites e possibilidades, fez-se necessário trabalhar em um ambiente escolar. Assim, as aulas foram desenvolvidas com os alunos do Ensino Médio, nas dependências do Colégio Tiradentes da Polícia Militar de Minas Gerais. Instalado na Rua República da Venezuela, nº 344, no bairro Jardim América, na cidade de Pouso Alegre – MG. Este colégio foi criado pela resolução 4342/2014 e suas atividades iniciaram no ano de 2015. Vive, até o presente

momento (Julho de 2019), um processo de coabitação com outra escola pública e opera com 12 salas, sendo uma para cada série da Educação Básica.

A escola trabalha com o Sistema de Ensino Positivo. Este material é dividido em quatro apostilas, que apresentam a seguinte distribuição para os conteúdos de Física no Ensino Médio: 1º Ano – Dinâmica e Mecânica; 2º Ano – Estática, Hidrostática, Termologia, Óptica geométrica; 3º Ano – Ondulatória, Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo e Tópicos de Física Moderna. Quanto ao planejamento proposto para o 1º Ano, observou-se que este material faz apenas uma pequena introdução sobre o estudo de movimentos, dando enfoque maior para os tópicos da Dinâmica. Contudo, é em seu último volume que a Cinemática ganha um tratamento mais detalhado, com o estudo dos Movimentos Uniforme e Uniformemente variado. A figura 20 mostra a divisão dos conteúdos, por volume, para o 1º ano do Ensino Médio.

Volume 1	Volume 2
<p>1. Introdução à Física Método científico e grandezas físicas Sistema Internacional e conversão de unidades Introdução a vetores</p> <p>2. Introdução à Mecânica Conceitos iniciais Velocidade Aceleração Força Leis de Newton</p>	<p>3. Principais forças da Mecânica e aplicações das leis de Newton Força peso Força normal Força de tração Força elástica Força de atrito</p> <p>4. Trabalho de uma força Trabalho de forças constantes Trabalho de forças variáveis Potência e rendimento</p>
Volume 3	Volume 4
<p>5. Energia e teoremas do trabalho e da energia Energia cinética Energia potencial Teoremas do trabalho e da energia Energia mecânica</p> <p>6. Princípios conservativos Sistemas conservativos Sistemas não conservativos Quantidade de movimento Impulso Teorema do impulso e da variação da quantidade de movimento Colisões</p>	<p>7. Movimento uniforme Função do movimento uniforme Encontro de corpos Gráficos do movimento uniforme Grandezas do movimento circular Relação entre grandezas lineares e angulares do movimento circular Funções do movimento circular uniforme</p> <p>8. Movimento uniformemente variado Funções do movimento uniformemente variado Equação de Torricelli Lançamentos verticais Movimentos bidimensionais</p>

Figura 20 – Planejamento anual do Sistema Positivo de Ensino

Fonte: DAL MORO (2015, p. 8).

Torna-se evidente o motivo que levou esta pesquisa a se realizar no último bimestre letivo do ano de 2018, pois a mesma teve que se submeter ao horário de aula proposto pela escola, seu planejamento anual e calendário de atividades. Do mesmo modo, justifica-se a escolha do público-alvo, que foram os alunos do 1º Ano do Ensino Médio. Assim, algumas alterações foram necessárias, devido a inflexibilidade do currículo proposto pela Positivo e o calendário escolar que a escola segue. No capítulo subsequente serão relatados os imprevistos e resultados encontrados no decorrer da aplicação deste produto.

6. RESULTADOS

O produto educacional presente neste trabalho não foi elaborado para uma escola específica, uma vez que aborda um conteúdo que é habitual ao currículo escolar dos alunos que cursam o Ensino Médio. Contudo, é possível encontrar algumas limitações para sua aplicação devido à utilização do sensor de movimentos Kinect®. Na realidade, o próprio sensor utilizado no desenvolvimento desta pesquisa foi cedido pelo Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Federal de Alfenas.

A forma como os conteúdos de Cinemática foi abordada fez o produto educacional seguir um caminho gradual, onde as aulas ministradas são interligadas e dependentes entre si. Quanto a professora-pesquisadora, esta procurou apresentar-se como um conciliador entre conteúdo, material e alunos.

6.1. Aplicação do produto

A aplicação do produto ocorreu no Colégio Tiradentes da Polícia Militar, onde a autora desta pesquisa trabalha como professora de Física nas três séries do Ensino Médio. As atividades foram ministradas dentro de um espaço amostral de 33 alunos e com uma carga horária de 4 aulas semanais, durante o período de um bimestre letivo. Mesmo que cada aula contasse com uma duração de 45 minutos, trata-se de um quantitativo bem superior, se comparado com a realidade vivida pela maioria das escolas públicas estaduais.

6.1.1. Aula 1 – Conceitos iniciais

Para dar início à primeira aula retomou-se a ideia de que a Física é uma ciência que busca descrever os fenômenos naturais, estando o movimento incluso neste conjunto. Mostrou-se, também, a subdivisão que esta disciplina recebe para que possa ser transmitida aos alunos e, com isso, deixou-se claro que a partir daquele momento o estudo seria pautado na Cinemática. Assim, a discussão inicial foi sobre a relatividade do movimento.

A primeira atividade foi pedir que, em pequenos grupos, a turma debatesse sobre uma determinada situação que estava representada em uma tirinha da Turma

da Mônica⁵ e anotassem suas conclusões, pois seriam expostas para a classe. Para que a discussão não perdesse seu foco principal, esta ocorreu mediante alguns questionamentos.

Tabela 4 – Questões para debate inicial

Questões para debate inicial
→Ao observar a tirinha liste os objetos e/ou personagens que estão em repouso e os que estão em movimento.
→Destaque um objeto que você listou estar em movimento. Ele sempre estará em movimento?
→A afirmação do Cascão é verdadeira? ("Mas eu estou parado! Quem está andando é o skate!")
→É possível estar em movimento e em repouso ao mesmo tempo?

Fonte: Feito pela autora.

A discussão foi orientada de modo que os alunos percebessem que um determinado objeto só estará em movimento quando sua posição variar em relação a um dado referencial, durante um intervalo de tempo. De modo análogo, um determinado objeto só estará em repouso quando sua distância permanecer constante em relação a um referencial, durante um intervalo de tempo. Ou seja, ao final da discussão, esperava-se que a turma compreendesse a relatividade do movimento e corrigisse as possíveis respostas erradas.

Era uma expectativa que, ao responderem a primeira pergunta, adotassem um referencial para o qual o objeto e/ou personagem estivessem em repouso ou em movimento. Seguindo o mesmo raciocínio, a resposta apresentada à segunda pergunta seria negativa, visto que é sempre possível encontrar um referencial para o qual um corpo se apresente em repouso. Quanto à afirmação feita pelo personagem da tirinha, esta deveria ser corrigida - embora não estivesse totalmente falsa, faltava definir um referencial. Por fim, a conclusão seria que é possível existir a condição de repouso e movimento para um mesmo objeto, desde que se escolha o referencial para tal condição.

Tabela 5 – Respostas apresentadas as questões de debate inicial

Respostas apresentadas as questões de debate inicial	
Grupo 1	→ Repouso: Cabelinho, avião
	→ Movimento: Cascão, skate
	→ Skate, não, depende do referencial

⁵ A tirinha da Turma da Mônica encontra-se no apêndice página 105.

	<p>→ Sim, em relação ao skate ele está em repouso</p> <p>→ Sim, depende dos referenciais.</p> <p>→ Repouso: Cebolinha, árvore</p> <p>Movimento: Cascão, skate</p> <p>→ Skate, não, depende do referencial</p> <p>→ Sim, em relação ao skate ele está em repouso</p> <p>→ Sim, depende dos referenciais.</p>
<p>Grupo 2</p>	<p>→ Depende do referencial, por exemplo: se o referencial adotado for o Cebolinha, o Cascão e o skate estão em movimento, mas se for o Cascão, o skate está em repouso e o Cebolinha está em movimento.</p> <p>→ O skate. Não, pois como já disse, depende do referencial adotado.</p> <p>→ Sim, pois sendo ele o referencial, o skate está parado</p> <p>→ Sim</p> <p>→ Depende do referencial, por exemplo: se o referencial adotado for o Cebolinha, o Cascão e o skate estão em movimento, mas se for o Cascão, o skate está em repouso e o Cebolinha está em movimento.</p> <p>→ O skate. Não, pois como já disse, depende do referencial.</p> <p>→ Sim, pois sendo ele o referencial, o skate está parado.</p> <p>→ Sim.</p>
<p>Grupo 3</p>	<p>→ O Cascão está em repouso em relação ao skate e em movimento em relação ao Cebolinha</p> <p>→ O objeto seria a árvore pois está fixa, fazendo com que a distância entre ela e Cascão aumente</p> <p>→ A afirmação do Cascão depende do referencial para ser verdadeira, porque em relação ao skate ele está parado, já em relação a árvore e ao Cebolinha está em movimento</p> <p>→ Sim é possível estar em movimento e em repouso ao mesmo tempo, mas dependerá de um referencial</p> <p>→ O Cascão está em repouso em relação ao skate e em movimento em relação ao Cebolinha.</p> <p>→ O objeto seria a árvore pois está fixa, fazendo com que a distância entre ela e Cascão aumente.</p> <p>→ A afirmação do Cascão depende do referencial para ser verdadeira, porque em relação ao skate ele está parado, já em relação a árvore e ao Cebolinha está em movimento.</p> <p>→ Sim é possível estar em movimento e em repouso ao mesmo tempo, mas dependerá de um referencial.</p>

Fonte: Feito pela autora.

Percebe-se, de acordo com as repostas apresentadas anteriormente, que a noção de relatividade do movimento ficou evidente para os alunos. Alguns ajustes

precisaram ser feitos como, por exemplo, o grupo 1 ao responder a primeira questão não fez menção ao referencial, mas lembrou-se dele nas questões seguintes. O grupo 3, embora tenha corrigido satisfatoriamente a afirmação do personagem, não obteve o mesmo êxito ao justificar a segunda questão. Quanto ao grupo 2, com respostas sucintas, mostrou-se ter compreendido o conceito estudado.

Nesta aula, ainda foram abordados os conceitos de trajetória, posição, deslocamento e distância percorrida. De modo que estes dois últimos conceitos serviram de base para uma nova discussão, pois são tidos como sinônimos e, na realidade, não o são. A confusão ocorre devido ao fato de ser igual, em módulo, o deslocamento e a distância percorrida quando um corpo não muda o sentido de seu movimento, porém esta premissa não é verdadeira caso haja inversão de movimento. Assim, diante de uma figura constituída de uma bola de golfe e uma reta numérica, os estudantes foram questionados sobre algumas situações hipotéticas.

Apesar dessa atividade estar baseada em suposições, é válida para que o aluno consiga abstrair o conceito de referencial e suas consequências como, por exemplo: um deslocamento negativo não significa que o carro está andando de ré, mas que este carro está caminhando no sentido contrário ao adotado, em relação a um determinado sistema de referência. De posse desta abstração, torna-se mais fácil “identificar diferentes movimentos que se realizam no cotidiano e as grandezas relevantes para sua observação buscando características comuns e formas de sistematizá-los”, como sugerem os PCN+ (2002, p. 21).

Tabela 6 – Questões para debate inicial

Questões sobre deslocamento e distância percorrida
<i>Observe a bola de golfe que está sobre uma reta numérica. Qual seria o deslocamento da bola quando passa da situação A para B? Agora, qual o deslocamento quando a bola vai da posição B para C? Caso a bola passasse direto da posição A para a posição C? Qual sua distância percorrida em cada um dos casos anteriores?</i>

Fonte: Feito pela autora.

Um anseio era que os alunos conseguissem perceber que a resposta para a primeira pergunta era positiva devido ao fato da bola de golfe caminhar no sentido positivo da trajetória, o que não ocorre nas situações em que a bola vai da posição B-C e A-C, resultando em deslocamentos negativos. Quanto à distância percorrida, esta deveria ser positiva em todas as situações, pois é a distância efetivamente percorrida pela bola de golfe.

Tabela 7 – Respostas apresentadas as questões sobre deslocamento e distância percorrida

Respostas apresentadas as questões sobre deslocamento e distância percorrida													
Grupo 4	<p>Bola de Golfe:</p> <p>Da situação A para B é 3, o deslocamento de B para C é -4, se ela passasse direto seria -4, e a distância da primeira seria 3, da segunda 7 e da terceira 4.</p>												
	<p>Da situação A para B é 3, o deslocamento de B para C é -4, se ela passasse direto seria -4, e a distância de primeira seria 3, da segunda 7 e da terceira 4.</p>												
Grupo 5	<p>→ Bola de Golfe</p> <table border="0"> <tr> <td>Situação A para B</td> <td>Posição B para C</td> <td>Posição A para C</td> </tr> <tr> <td>$\Delta S = S_f - S_i$</td> <td>$\Delta S = S_f - S_i$</td> <td>$\Delta S = S_f - S_i$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta S = 3 - 0$</td> <td>$\Delta S = -4 - 3$</td> <td>$\Delta S = -4 - 0$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta S = 3$</td> <td>$\Delta S = -7$</td> <td>$\Delta S = -4$</td> </tr> </table>	Situação A para B	Posição B para C	Posição A para C	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = 3 - 0$	$\Delta S = -4 - 3$	$\Delta S = -4 - 0$	$\Delta S = 3$	$\Delta S = -7$	$\Delta S = -4$
	Situação A para B	Posição B para C	Posição A para C										
$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$											
$\Delta S = 3 - 0$	$\Delta S = -4 - 3$	$\Delta S = -4 - 0$											
$\Delta S = 3$	$\Delta S = -7$	$\Delta S = -4$											
<table border="0"> <tr> <td>Situação A para B</td> <td>Posição B para C</td> <td>Posição A para C</td> </tr> <tr> <td>$\Delta S = S_f - S_i$</td> <td>$\Delta S = S_f - S_i$</td> <td>$\Delta S = S_f - S_i$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta S = 3 - 0$</td> <td>$\Delta S = -4 - 3$</td> <td>$\Delta S = -4 - 0$</td> </tr> <tr> <td>$\Delta S = 3$</td> <td>$\Delta S = -7$</td> <td>$\Delta S = -4$</td> </tr> </table>	Situação A para B	Posição B para C	Posição A para C	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = 3 - 0$	$\Delta S = -4 - 3$	$\Delta S = -4 - 0$	$\Delta S = 3$	$\Delta S = -7$	$\Delta S = -4$	
Situação A para B	Posição B para C	Posição A para C											
$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$	$\Delta S = S_f - S_i$											
$\Delta S = 3 - 0$	$\Delta S = -4 - 3$	$\Delta S = -4 - 0$											
$\Delta S = 3$	$\Delta S = -7$	$\Delta S = -4$											
Grupo 6	<p>→ Seu deslocamento seria de 3 metros</p> <p> de -7 metros</p> <p> de -4 metros</p>												
	<p>→ Seu deslocamento seria de 3 metros.</p> <p>→ de -7 metros.</p> <p>→ de -4 metros.</p>												

Fonte: Feito pela autora.

Algumas observações precisaram ser feitas como, por exemplo, reforçar a importância de colocar as unidades de medidas. Uma vez que a Física trabalha com grandezas Físicas, é preciso deixar explícito a qual grandeza está se referindo. Outro detalhe é que o grupo 5 e 6 não responderam à última pergunta, que precisou ser explicada novamente. Quanto ao grupo 4, houve um pequeno equívoco ao responderem que o deslocamento de B para C seria de -4 metros, ou invés de -7 metros. O erro se deu devido à adoção de um referencial diferente ao proposto na

atividade. As correções ocorreram durante a própria aula, que teve uma duração de 45 minutos.



Figura 21 – Alunos realizando as atividades propostas para a Aula 1.
Fonte: Feito pela autora.

6.1.2. Aula 2 – Velocidade e aceleração

Para retomar os conceitos de movimento, sua relatividade e dar um passo adiante, mostrando que este pode ser expresso quantitativamente por meio de outros conceitos como velocidade e aceleração, foi pedido aos alunos que lessem o texto “Diálogo entre o Tempo e Movimento⁶”. O texto apresenta uma discussão entre o tempo e movimento, onde cada um tenta provar, por meio de fatos e argumentos, quem é mais importante para a natureza. Ao fim, percebem que ambos são imprescindíveis e outra discussão começa, pois se acham melhores que a velocidade e a aceleração.

Dando sequência à leitura, foi solicitado os alunos que respondessem a um questionário, cujas repostas serviram de base para apresentação dos conceitos de velocidade e aceleração (Tabela 6). Esta atividade foi realizada em pequenos grupos, onde cada integrante deveria registrar em seu caderno as respostas e apenas um integrante da equipe seria responsável por entregá-las ao professor, quando terminasse a aula.

⁶ O texto “Diálogo entre o Tempo e Movimento” encontra-se na página 109 apêndice

Tabela 8 – Questões sobre o texto Diálogo entre o Tempo e o Movimento

Questões
<p>→ Cite os conceitos físicos apresentados no texto.</p> <p>→ É possível estabelecer uma relação entre tempo e movimento?</p> <p>→ Explique qual a importância apresentada para o “espaço”, que inicialmente foi julgado como largado.</p> <p>→ Existe realmente motivo para lamentar pela “velocidade” e “aceleração”?</p> <p>→ Você conseguiria estabelecer uma relação entre os conceitos físicos apresentados no texto? Qual seria essa relação?</p>

Fonte: Feito pela autora.

Por não se tratar de um assunto novo, era esperado que os alunos conseguissem reconhecer os conceitos físicos apresentados no texto juntamente com sua importância, mostrando ainda a relação existente entre eles, de modo que os conceitos de velocidade e aceleração fossem descritos em função do movimento, espaço e tempo. Apesar da necessidade de aparar algumas arestas, as respostas apresentadas estavam dentro do esperado visto que, em sua maioria, a turma foi capaz de perceber que a noção de movimento possui uma relação unívoca com o tempo e espaço. Por sua vez, a velocidade, que nada mais é que a quantização do movimento, possui em sua definição uma relação proporcional entre o espaço e tempo - o que não é diferente com a aceleração.

Tabela 9 – Respostas apresentadas às questões sobre o texto “Diálogo entre o Tempo e o Movimento”

Respostas	
Grupo 1	<p>→ Movimento, tempo, espaço, velocidade e aceleração</p> <p>→ Sim, é necessário tempo para que o movimento ocorra e de movimento para calcular o tempo.</p> <p>→ Espaço é onde ocorre o movimento ou o que fica entre um instante e outro</p> <p>→ Não, pois elas também tem sua importância ao calcular a relação do tempo com o movimento.</p> <p>→ Sim, uma relação de interdependência, na qual a distância do espaço final menos inicial do movimento dividido pelo espaço de tempo final menos inicial resulta em velocidade. E a variação da velocidade dividida pela variação do tempo resulta em aceleração.</p>
	<p>→ Movimento, tempo, espaço, velocidade e aceleração.</p> <p>→ Sim, é necessário tempo para que o movimento ocorra e de movimento para calcular o</p>

	<p>tempo.</p> <p>→ Espaço é onde ocorre o movimento ou o que fica entre um instante e outro.</p> <p>→ Não, pois elas também tem sua importância ao calcular a relação do tempo como movimento.</p> <p>→ Sim, uma relação de interdependência, na qual a distância do espaço final menos inicial do movimento dividido pelo espaço de tempo final menos inicial resulta em velocidade. E a variação da velocidade dividida pela variação do tempo resulta em aceleração.</p>
<p>Grupo 2</p>	<p>→ Tempo e movimento, repouso, deslocamento, velocidade, aceleração e espaço.</p> <p>→ Sim, com eles, por exemplo, ocorre o deslocamento.</p> <p>→ Pois sem o espaço, não tem lugar para ocorrer o movimento e nem seus limites.</p> <p>→ Não, pois eles estão presentes tanto no movimento quanto no tempo.</p> <p>→ Com a interação da velocidade, aceleração, tempo e espaço ocorre o movimento ou deslocamento e quando não tem um deles o objeto está em repouso.</p> <p>→ Tempo, movimento, repouso, deslocamento, velocidade, aceleração e espaço.</p> <p>→ Sim, com eles, por exemplo, ocorre o deslocamento.</p> <p>→ Pois sem o espaço, não tem lugar para ocorrer o movimento e nem seus limites.</p> <p>→ Não, pois eles estão presentes tanto no movimento quanto no tempo.</p> <p>→ Com a interação da velocidade, aceleração, tempo e espaço ocorre o movimento ou deslocamento e quando não tem um deles o objeto está em repouso.</p>
<p>Grupo 3</p>	<p>→ movimento dos corpos (ponteiros, astros, grãos de areia), estimativa, um corpo não pode estar em dois lugares, tempo, espaço, instante, lógica, velocidade e aceleração.</p> <p>→ Sim. Um movimento acontece em determinado tempo e para a marcação do tempo necessita do movimento.</p> <p>→ É no espaço que "abriga" o movimento e o tempo.</p> <p>→ Não.</p> <p>→ A velocidade e a aceleração dependem do movimento, que juntamente com o tempo dependem do espaço.</p> <p>→ Movimento dos corpos (ponteiros, astros, grãos de areia), estimativa, um corpo não pode estar em dois lugares, tempo, espaço, instante, lógica, velocidade e aceleração.</p> <p>→ Sim. Um movimento acontece em determinado tempo e para a marcação do tempo necessita do movimento.</p> <p>→ É no espaço que "abriga" o movimento e o tempo.</p> <p>→ Não.</p> <p>→ A velocidade e a aceleração dependem do movimento, que juntos com o tempo dependem do espaço.</p>

Assim, os conceitos de rapidez e velocidade foram trabalhados com os alunos, mostrando a diferença entre eles. O primeiro se trata apenas de uma unidade de distância dividida por uma unidade de tempo, enquanto o segundo é uma grandeza vetorial, possuindo módulo, direção e sentido. Mostrou-se, ainda, a relação existente entre a unidade de medida usual da velocidade e a adotada pelo Sistema Internacional de Unidade e como fazer as conversões entre elas.

Quanto ao estudo da aceleração, procurou-se mostrar que, mesmo quando o valor numérico de uma velocidade é mantido constante, mas o sentido de sua velocidade muda, existe uma aceleração, pois esta pode ser definida como a taxa com que varia a velocidade, englobando as mudanças tanto na rapidez como na direção. Teve-se o cuidado de mostrar uma explicação para o fato de a unidade de medida da aceleração apresentar a unidade de tempo elevado ao quadrado. Por fim, como uma atividade de conclusão foi solicitado aos alunos, ainda em grupos, que respondessem à seção “Pare e Pense”, como medida de averiguar o conhecimento assimilado.

Tabela 10 – Questões da seção Pare e Pense

Questões da seção Pare e Pense
<p>→ “Ela se move com uma rapidez constante e numa direção constante”. Diga a mesma sentença com menos palavras.</p> <p>→ O velocímetro de um carro movendo-se para leste marca 100 km/h. Ele passa por outro carro que se move para o oeste a 100 km/h. Ambos têm a mesma rapidez? Possuem a mesma velocidade?</p> <p>→ Em 2,5 segundos um carro aumenta sua rapidez de 60 km/h para 65 km/h, enquanto uma bicicleta vai do repouso para 5 km/h. Qual deles possui maior aceleração? Qual a aceleração de cada um deles?</p>

Fonte: Feito pela autora.

Era esperado que, ao responderem à primeira questão, os alunos apresentassem a seguinte afirmação: “ela possui velocidade constante”; reconhecendo, assim, o caráter vetorial da velocidade. Para questão seguinte, eles deveriam afirmar que os carros possuem a mesma rapidez, mas não a mesma velocidade. Por fim, para o cálculo da aceleração era necessário o manuseio das unidades de medidas da velocidade e percepção, que mesmo com valores diferentes os resultados encontrados são iguais. E foi o que aconteceu, ao se observar as respostas que se seguem.

Tabela 11 – Respostas apresentadas as questões sobre o texto Diálogo entre o Tempo e o Movimento

Respostas apresentadas as questões sobre o texto Diálogo entre o Tempo e o Movimento	
Grupo 1	<p>→ Ela se move com uma velocidade constante.</p> <p>→ Tem a mesma rapidez, mas não a mesma velocidade por seguirem sentidos diferentes.</p> <p>→ Ambos possuem mesma aceleração.</p>
	<p>→ Ela se move com uma velocidade constante.</p> <p>→ Tem a mesma rapidez, mas não a mesma velocidade por seguirem sentidos diferentes.</p> <p>→ Ambos possuem mesma aceleração.</p>
Grupo 2	<p>→ Se move em direção e módulo constante.</p> <p>→ Sim, só que direções contrárias.</p> <p>→ $\frac{65-60}{2,5} = \frac{5}{2,5} = 2 \text{ km/h/s}$ → ambas cores tem a mesma aceleração de módulo 2 km/h/s.</p>
	<p>→ Se move em direção e módulo constante.</p> <p>→ Sim, só que direções contrárias.</p> <p>→ $\frac{65-60}{2,5} = \frac{5}{2,5} = 2 \text{ km/h/s}$ ambos carros tem a mesma aceleração de módulo 2 km/h/s.</p>
Grupo 3	<p>→ Ela se desloca com velocidade média constante.</p> <p>→ Sim. Eles possuem a mesma rapidez, no qual é 100 km/h. Porém, não podemos dizer que eles têm a mesma velocidade, por estarem em direções opostas.</p> <p>→ Carro: $\frac{65-60 \text{ km/h}}{2,5 \text{ s}} = \frac{18-16,6 \text{ m/s}}{2,5 \text{ s}} = 0,56 \text{ m/s}^2$</p> <p>Bicicleta: $\frac{5 \text{ km/h}}{2,5 \text{ s}} = \frac{1,4 \text{ m/s}}{2,5 \text{ s}} = 0,56 \text{ m/s}^2$</p> <p>Ambos possuem a mesma aceleração, que é $0,56 \text{ m/s}^2$.</p>
	<p>→ Ela se desloca com velocidade média constante.</p> <p>→ Sim. Eles possuem a mesma rapidez, no qual é 100 km/h. Porém, não podemos dizer que eles têm a mesma velocidade, por estarem em direções opostas.</p> <p>→ carro: $\frac{65-60 \text{ km/h}}{2,5 \text{ s}} = \frac{18-16,6 \text{ m/s}}{2,5 \text{ s}} = 0,56 \text{ m/s}^2$</p> <p>bicicleta: $\frac{5 \text{ km/h}}{2,5 \text{ s}} = \frac{1,4 \text{ m/s}}{2,5 \text{ s}} = 0,56 \text{ m/s}^2$</p> <p>Ambos possuem a mesma aceleração, que é $0,56 \text{ m/s}^2$.</p>

Fonte: Feito pela autora.

Esta aula também ocorreu durante 45 minutos e foi desenvolvida de forma aceitável, pois dentre outras, a seguinte habilidade colocada pelos PCN: “expressar-se corretamente utilizando a linguagem Física adequada e elementos de sua representação simbólica. Apresentar de forma clara e objetiva o conhecimento apreendido, através de tal linguagem” (PCN, 1998, p. 29).

6.1.3. Aula 3 – Introdução à composição de movimento

A aula começou com a leitura do texto “Defenestração⁷”, de Luís Fernando Veríssimo. Em seguida, a sala foi dividida em grupos, e cada grupo recebeu uma ficha contendo um resumo sobre uma modalidade de esporte, entre elas: Atletismo – Lançamentos, Atletismo – Salto em Distância, Badminton, Voleibol, Basquetebol, Futebol, Tênis de Mesa e Tênis. De posse das fichas, cada grupo deveria, além de citar algumas grandezas Físicas relacionadas com o esporte em questão, responder algumas perguntas como, por exemplo: se existe alguma relação entre os esportes apresentados; qual a relação dos esportes com a Física; e se os esportes apresentados nas fichas possuíam algo em comum com o termo “defenestração”.

Coube ao professor direcionar e corrigir as respostas apresentadas por cada grupo, de modo que a discussão fosse levada para a percepção de que o texto de Veríssimo sobre atirar ou lançar objetos e os esportes, apresentados nas fichas, possuem muito em comum com a Física, a saber: a Composição de Movimento.

Neste momento foi apresentada para a classe a definição da Composição de Movimento, buscando mostrar nos exemplos citados anteriormente que um objeto pode simultaneamente se deslocar na horizontal com uma velocidade constante e na vertical com um movimento variado, e que estes dois movimentos são independentes. Para que a apreensão deste conteúdo fosse mais prática e eficiente, foi apresentado o CineFut, explicando que se tratava de um jogo constituído de quatro fases que abordavam o assunto estudado. Também foram apresentados seus recursos e suas funcionalidades.

Os alunos se mostraram muito empolgados com a ideia de poder jogar com o Kinect[®] nas aulas de Física. E aproveitando esse entusiasmo, foi proposta a realização de uma atividade em grupo, observando a primeira fase do CineFut. Mesmo deixando claro que o objetivo não era vencer a etapa, mas realizar as atividades propostas, ficou evidente a disputa entre os grupos (figura 22).

⁷ O “Defenestração”, de Luís Fernando Veríssimo encontra-se na página xxx apêndice.



Figura 22 – Alunos realizando as atividades propostas para o CineFut.
Fonte: Feito pela autora.

Como a primeira fase do jogo trabalha a relação entre ângulo de lançamento e alcance, de modo a levar o aluno a perceber que quando a bola forma com a horizontal um ângulo de 45° seu alcance máximo é atingido, alguns alunos, embora tenham conseguido levar a bola para dentro do gol, o jogo não os declarou como campeões, sendo o professor questionado sobre o fato. Apesar de se tratar de um assunto a ser desenvolvido na aula 5, a professora tentou explicar que existe uma relação entre o ângulo e o alcance máximo. Aconteceu também que um dos ângulos escolhido pelos alunos foi justamente o de 45° , fazendo com que eles conheçam intuitivamente o valor para o alcance máximo.

Tabela 12 – Atividades propostas para aula 3 com a utilização do CineFut

Atividades propostas para aula 3 com a utilização do CineFut

→Escolha três ângulos distintos para o lançamento da bola.

Todos atingiram o mesmo alcance?

E a altura para os três casos foi a mesma?

Faça em um único desenho as três trajetórias encontradas.

Para você existe uma relação entre altura e o ângulo de lançamento? E para o alcance e o ângulo? Explique seu pensamento.

→Agora escolha uma velocidade menor do que 9 m/s e repita a operação os ângulos escolhidos no exercício anterior.

Houve alguma mudança na trajetória da bola?

Para você existe alguma relação entre a velocidade de lançamento e a trajetória da bola?

→Observe que a bola possui duas “setas”, essas setas na Física são chamados de vetores veremos isso mais a frente. O acontece com a “seta” que fica na horizontal? E a que fica na vertical?

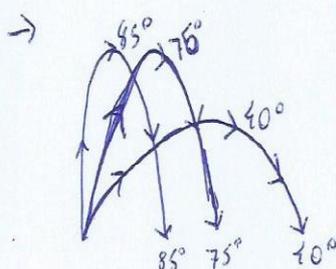
→O que acontece com o vetor da vertical quando a bola chega na altura máxima? Você teria uma explicação para esse fenômeno?

Fonte: Feito pela autora.

Como era uma aula de introdução a um conhecimento novo, não se esperava por respostas perfeitas e com o emprego correto dos conceitos físicos, porém que reconhecessem a presença da Composição de Movimento na atividade proposta, bem como a relação entre o ângulo, velocidade e alcance. Desejava-se, também, que o aluno percebesse que na horizontal o valor de sua velocidade era constante, enquanto na vertical apresentava-se variável.

Observa-se na tabela 13 que, mesmo que as respostas apresentadas por um grupo representassem muito bem o pensamento da sala a respeito do exercício, houve uma dificuldade em relacionar a intensidade da velocidade da bola com a “seta”. Mesmo que destacasse que o sentido era mantido, não houve quem percebesse que o tamanho da seta não sofria alteração. O mesmo aconteceu com a velocidade na vertical: perceberam que na subida o vetor era orientado para cima e na descida orientado para baixo, mas também não conseguiram associar sua variação de tamanho com a intensidade da velocidade. Outro ponto a ser destacado é que os alunos não conseguiram associar a altura máxima com o momento em que a velocidade vertical é nula.

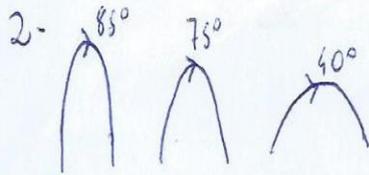
Tabela 13 – Respostas apresentadas as atividades propostas para o CineFut

Respostas apresentadas as atividades propostas para o CineFut	
Grupo 1	<p>1. → não</p> <p>→ Não. 75° foi muito alto 40° chegou perto do gol mas não chega a entrar e 85° é muito alta para chegar no gol</p>  <p>→ Sim, pois a altura para que a bola chegue ao gol é quando a para a bola for a um ângulo de 45°, logo o ângulo tem influência direta na altura e no gol. Mesmo ocorre com o alcance, que tem influência direta do ângulo, que determina até onde a bola vai</p>

1) → Não.

→ Não. 75° foi muito alto. 40° chegou perto do gol, mas não chega a entrar e 85° é muito alto para chegar no gol.

→ Sim, pois a altura para que a bola chegue ao gol é quando a parábola forma um ângulo de 45° , logo o ângulo tem influência direta na altura e no gol. O mesmo ocorre com o alcance, que tem influência direta do ângulo, que determina até onde a bola vai.



→ Sim, as trajetórias ficaram iguais, mas o deslocamento diminuiu de valor. Ele ficou menor.

→ Sim, a velocidade influencia na distância e na trajetória que a bola vai fazer.

→ Sim, as trajetórias ficaram iguais, mas o deslocamento diminuiu de valor. Ele ficou menor.

→ Sim, a velocidade influencia na distância e na trajetória que a bola vai fazer.

3- A horizontal sempre aponta para direita, já a vertical aponta para cima até que ela atinja a altura máxima, a partir de então ela passa a apontar para baixo.

4- Ele passa a ser voltado para baixo, pois a gravidade passa a exercer sua força puxando a bola para baixo.

3- A horizontal sempre aponta para a direita, já a vertical aponta para cima até que ela atinja a altura máxima, a partir de então ela passa a apontar para baixo.

4- Ele passa a ser voltado para baixo, pois a gravidade passa a exercer sua força puxando a bola para baixo.

Fonte: Feito pela autora.

Como existiam pontos a serem trabalhados para a compreensão deste tópico, esta aula se estendeu por dois períodos de 45 minutos. No primeiro momento, realizando a proposta preparada para a Aula 3 e no seguinte debatendo, corrigindo e explicando as repostas apresentadas pelos grupos para a atividade desta aula. Quanto a participação dos alunos durante a aula foi realmente satisfatória e voluntária, os grupos se empenharam em resolver as atividades

propostas para o CineFut mais do que os exercícios habituais. Este recurso possibilitou aos alunos enxergarem com mais facilidade a composição de movimento sem a necessidade de ficar imaginando situações hipotéticas, pois quando a bola era lançada ficava nítido o movimento na vertical e na horizontal.

6.1.4. Aula 4 – Um pouco de Matemática – Trigonometria e Vetores

É comum que, ao se desenvolver o assunto sobre Composição de Movimento, em especial Lançamento Obliquo, o estudante possua uma apropriação de alguns conceitos matemáticos - como, por exemplo, a trigonometria do triângulo retângulo, ângulos complementares e suplementares. Assim, preparou-se uma aula para que tais conceitos fossem revistos. Aproveitou-se, ainda, a oportunidade para abordar o conceito de vetor como representação de um fenômeno que tem módulo, direção, sentido e que pode ser decomposto em outros dois vetores escritos sobre os eixos x e y do plano cartesiano.

O início da aula se deu com a distinção entre grandezas escalares e vetoriais, mostrando que esta última precisa de um ente matemático para sua representação - o vetor. Foi utilizado como exemplo o conceito de velocidade, assunto que foi abordado inicialmente na aula dois, sendo apresentada para os alunos como rapidez (velocidade escalar) e velocidade (vetorial). Por seguinte, tratou-se da decomposição de um vetor, mostrando como encontrar suas componentes graficamente.

É nesse momento da aula que a revisão de alguns tópicos da Trigonometria foi introduzida. Começando pelos ângulos complementares e suplementares, passou-se para a definição de triângulo retângulo, ressaltando que os ângulos agudos deste triângulo são sempre complementares. Foram destacadas as razões trigonométricas neste tipo de triângulo e mostrou-se que o cosseno de um ângulo é igual ao seno de seu complemento. Trabalharam-se, ainda, os valores dessas razões para os ângulos notáveis. Ao final desta revisão, voltou-se para o estudo de vetores, trabalhando a forma de encontrar algebricamente a medida das componentes de um vetor.

Até o momento, a aula caminhou pelo método expositivo, com resoluções de alguns exemplos numéricos. Para que o aluno fosse instigado a participar de forma voluntária, explorando sua capacidade de assimilar o conteúdo científico por meio de

uma competição e cooperação, foi realizada uma atividade que estava baseada na terceira fase do CineFut. O objetivo era levar o aluno a compreender que os ângulos complementares possuem uma relação com o lançamento oblíquo, ou seja, tais ângulos produzem alturas diferentes, mas o mesmo alcance.

Tabela 14 – Atividades propostas para aula 4 com a utilização do CineFut

Atividades propostas para aula 4 com a utilização do CineFut
<p>#1 Na terceira fase do jogo você deve lançar a bola duas vezes com ângulos diferentes, mas que atinjam o mesmo alcance. Assim, você e sua equipe realizará esta atividade três vezes escolhendo ângulos de medidas aleatórias.</p> <p>→ Anote todos os resultados encontrados, mesmo aqueles que não são as respostas corretas para vencer a fase.</p> <p>→ Quais foram os ângulos escolhidos? Quais os resultados obtidos para vencer a fase?</p> <p>→ Existe relação entre os resultados obtidos para vencer a fase e os valores que você e sua equipe escolheram?</p> <p>#2 Para cada valor de ângulo utilizado no exercício anterior calcule a componente vertical e horizontal da velocidade, ou seja, v_x e v_y.</p> <p>→ Você encontrou alguma relação entre os resultados obtidos?</p>

Fonte: Feito pela autora.

Era esperado que, ao realizarem as atividades, os alunos conseguissem estabelecer a relação entre o ângulo inicialmente escolhido por eles e o ângulo para vencer a fase, sendo um o complemento do outro e, com isso, perceberem que seus alcances horizontais eram iguais. Por isso aguardava-se, ainda, que a turma percebesse que o valor da componente horizontal da velocidade de um determinado ângulo era igual ao valor da componente vertical do complemento deste mesmo ângulo.

Uma oportunidade valiosa apresentada por um sistema gamificado, como o CineFut, por exemplo, é a chance refazer a atividade. Assim, quando uma equipe não conseguia acertar o gol, tinha a chance de refazer a atividade. Essa segunda chance não aparecia sozinha, mas vinha acompanhada da ajuda de um dos colegas da equipe, ou até mesmo de outra equipe, tornando o erro uma chance de aprendizado.

Tabela 15 – Respostas apresentadas as atividades propostas da aula 4

Respostas apresentadas as atividades propostas para aula 4	
Grupo 1	<p>The diagram shows a parabolic path of a ball. At the start, an arrow points upwards at an angle of 10°. At the end, the ball is shown landing at an angle of 80°. The horizontal distance between the start and end points is indicated by a line with a 10-degree angle at the base, suggesting a relationship between the launch and landing angles.</p>

→ Para vencer tem que escolher os ângulos complementares.
 → Sim, são ângulos complementares.

$$2) 10^\circ \quad v_y = v \cdot \text{sen } \alpha \quad v_x = v \cdot \text{cos } \alpha$$

$$v_y = 9 \cdot \text{sen } 10^\circ \quad v_x = 9 \cdot \text{cos } 10^\circ$$

$$v_y = 9 \cdot 0,17 \quad v_x = 9 \cdot 0,98$$

$$v_y = 1,53 \text{ m/s} \quad v_x = 8,82 \text{ m/s}$$

$$80^\circ \quad v_x = v \cdot \text{cos } \alpha \quad v_y = v \cdot \text{sen } \alpha$$

$$v_x = 9 \cdot 0,98 \quad v_y = 9 \cdot 0,17$$

$$v_x = 8,82 \text{ m/s} \quad v_y = 1,53 \text{ m/s}$$

1. 10° e 80° .

→ Para vencer tem que escolher os ângulos complementares.

→ Sim, são ângulos complementares.

$$10^\circ \rightarrow v_y = v \cdot \text{sen } \alpha \quad v_x = v \cdot \text{cos } \alpha$$

$$v_y = 9 \text{sen} 10^\circ \quad v_x = 9 \cdot \text{cos } 10^\circ$$

$$v_y = 9 \cdot 0,17 \quad v_x = 9 \cdot 0,98$$

$$v_y = 1,53 \text{ m/s} \quad v_x = 8,82 \text{ m/s}$$

2.

$$80^\circ \rightarrow v_x = v \cdot \text{cos } \alpha \quad v_y = v \cdot \text{sen } \alpha$$

$$v_x = 9 \cdot 0,98 \quad v_y = 9 \cdot 0,17$$

$$v_x = 8,82 \text{ m/s} \quad v_y = 1,53 \text{ m/s}$$

→ $15^\circ; 35^\circ; 55^\circ$

→ ângulos complementares, 35° e 55°

→ Sim, pois são ângulos complementares, ou seja, formam um ângulo de 90° .

$$\#2 \quad 55^\circ = \quad v_x: 9 \cdot 0,573 \quad v_y: 9 \cdot 0,819$$

$$v_x: 5,157 \quad v_y: 7,371$$

$$35^\circ = \quad v_x: 9 \cdot 0,819 \quad v_y: 9 \cdot 0,573$$

$$v_x: 7,371 \quad v_y: 5,157$$

→ $15^\circ, 35^\circ, 55^\circ$

→ Ângulos complementares, 35° e 55°

→ Sim, pois são ângulos complementares, ou seja, formam um ângulo de 90° .

Grupo
2

	$55^\circ \quad v_x = 9,0,573 \quad v_y = 9,0,819$ $v_x = 5,157 \quad v_y = 7,371$ #2 $35^\circ \rightarrow v_x = 9,0,819 \quad v_y = 9,0,573$ $v_x = 7,371 \quad v_y = 5,157$
Grupo 3	<p>→ 55° e 35° atingem o mesmo ponto 65° e 25° atingem o mesmo ponto 30° e 60° atingem o mesmo ponto</p> <p>→ 55° e 35°; 65° e 25°; 30° e 60°. Todos eles venceram a fase.</p> <p>→ Sim, os ângulos que são complementares entre si atingem um mesmo ponto após o chute.</p> <p>$65^\circ: v_x = 9,0,42 \quad v_y = 9,0,906$ $v_x = 3,78 \quad v_y = 8,154$</p> <p>$25^\circ \quad v_x = 9,0,906 \quad v_y = 9,0,42$ $v_x = 8,154 \quad v_y = 3,78$</p> <p>→ 55° e 35° atingem o mesmo ponto 65° e 25° atingem o mesmo ponto 30° e 60° atingem o mesmo ponto → 55° e 35°; 65° e 25°; 30° e 60°. Todos eles venceram a fase. → Sim, os ângulos são complementares entre si. Atingem um mesmo ponto após o chute.</p> <p>$65^\circ \quad v_x = 9,0,42 \quad v_y = 9,0,906$ $v_x = 3,78 \quad v_y = 8,154$</p> <p>$35^\circ \quad v_x = 9,0,906 \quad v_y = 9,0,42$ $v_x = 8,154 \quad v_y = 3,78$</p>

Fonte: Feito pela autora.

Embora essa turma tenha certa dificuldade em colocar as unidades de medidas, realizaram com êxito a atividade. Conforme observado nas respostas, eles conseguiram compreender que quando um objeto é lançado obliquamente, o alcance tem uma relação direta com o ângulo de modo que ângulos

complementares possuem o mesmo alcance. Uma justificativa para este fato é que tais ângulos apresentam razões trigonométricas que se associam, o que pode ser percebido na decomposição do vetor velocidade. Este recurso foi útil para ensinar os tópicos de matemática, pois foi possível mostrar aos alunos de forma mais palpável uma consequência dos ângulos complementares e do estudo de vetores.

Assim, esta aula procurou proporcionar uma atividade em que os alunos pudessem rever os conceitos de matemática e aplicá-los como ferramenta para compreender um fenômeno físico. Afinal, como reforçam os PCN, “a formalização matemática continua sendo essencial” (PCN, 1998, p.39).



Figura 23 – Aplicação da fase 3 do CineFut.
Fonte: Feito pela autora.

6.1.5. Aula 5 – Movimento Uniforme

Para dar início a esta aula, os alunos assistiram a uma pequena reportagem⁸ falando sobre um quase gol muito famoso do jogador Pelé que ocorreu na Copa de 1970, em uma partida da Seleção Brasileira de Futebol contra a Seleção da Tchecoslováquia. O famoso “gol que o jogador Pelé não fez” é analisado com base em princípios físicos e apresenta alguns conceitos já estudados pelos alunos e que foram revistos nesta aula como: transformar a unidade de medida da velocidade de quilômetros por hora em metros por segundo; descobrir a componente horizontal da

⁸ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Xul9YKLLyT4>>.

velocidade e o ângulo de lançamento. Desta maneira, foi solicitado à turma que, em grupo, respondessem as questões da seção “Debate”.

Tabela 16 – Debate: o gol que o Pelé não fez

Debate: o gol que o Pelé não fez
<p>→Anote todas as informações que você puder que estão relacionadas com a Física. → Dessas informações quais estão relacionadas com o que você já estudou ou tem estudado em Física. → Como foi a trajetória feita pela bola após o chute do Pelé? Você saberia nomeá-la? → Considerando a distância alcançada e a velocidade inicial, você saberia encontrar o ângulo com que a bola foi lançada?</p>

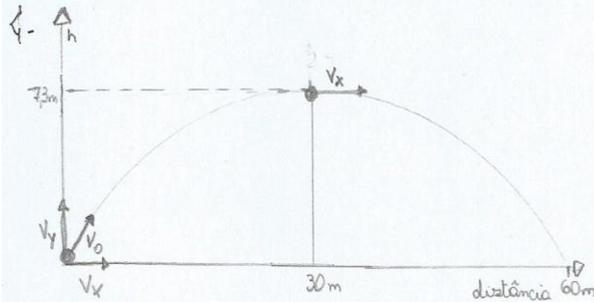
Fonte: Feito pela autora.

Mesmo que com certa dificuldade, era esperado que os alunos conseguissem responder às atividades propostas, pois na aula anterior o conteúdo de decomposição de vetores foi desenvolvido com minúcia. Contudo, como a última pergunta pretendia como resposta o ângulo de lançamento e não apenas a componente da velocidade, estava dentro do previsto que a turma necessitaria de um auxílio para encontrar a solução, pois não se tratava de um ângulo notável.

Tabela 17 – Respostas apresentadas as questões do debate

Respostas apresentadas as questões do debate	
Grupo 1	<p>1- Posição, Força, velocidade, potência, trajetória, rotação, gravidade, resistência do ar, deslocamento influenciaram nesse gol que Pelé não fez:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pelé estava 5m atrás do meio de campo e a 3m da direita do centro do gramado • A bola teve uma trajetória na forma de parábola, deslocou-se 60m e para isso precisou de força, que foi realizada pelo chute de Pelé. • A velocidade atingida pela bola foi de 105 km/h, além disso a bola se deslocou realizando rotações e por isso o ar a sustentou por mais tempo, até que por fim, a gravidade a puxou de volta para o gramado • Vale também considerar que a distância entre a bola e a trave do gol foi entre 20 e 50 cm <p>2- As informações anteriores estão relacionadas ao que estudei em física no meu primeiro ano do ensino médio, excetuando apenas rotação</p>

3- A trajetória forma um arco, saindo do ponto mais baixo: o chão e indo até o mais alto: a 7,3 m do chão, e voltou novamente ao ponto mais baixo, mas a 60m de distância de onde havia sido chutada, formando um arco como trajetória. O nome desta trajetória é parábola.



$$v_0 = 105 \text{ km/h} \quad 105 \div 3,6 \cong 29,2 \text{ m/s}$$

$$d = 60 \text{ m} \quad v_0 \cong 29,2$$

$$h = 7,3 \text{ m} \quad v_x = \frac{d}{\Delta t}$$

$$t = 3,2 \quad v_x = \frac{60}{3,2}$$

$$v_x = 18,75$$

$$v_x = v \cdot \cos x$$

$$18,75 = 29,2 \cdot \cos x$$

$$\frac{18,75}{29,2} = \cos x$$

$$\cos x = 0,6421$$

$$x = 50^\circ$$

1 → Posição, força, velocidade, potência, trajetória, rotação, resistência do ar, deslocamento influenciaram nesse gol que Pelé não fez:

- Pelé estava 5m atrás do meio de campo e a 3m a direita do centro do gramado.

- A bola teve uma trajetória na forma de parábola, deslocou-se 60m e para isso precisou de força, que foi regulada pelo chute de Pelé.

- A velocidade atingida pela bola foi de 105km/h, além disso a bola se deslocou realizando rotação e por isso o ar a sustentou por mais tempo, até que por fim, a gravidade a puxou de volta para o gramado.

- Vale também considerar que a distância entre a bola e a trave do gol foi entre 20 e 50 cm.

3 → A trajetória forma um arco, saindo, do ponto mais baixo: o chão e indo até o mais alto: a 7,3m do chão, e voltou novamente ao ponto mais baixo, mas a 60m de distância de onde havia sido chutada, formando um arco como trajetória. O nome desta trajetória é parábola.

4 →

$$105 \div 3,6 \cong 29,2 \text{ m/s}$$

$$v_x = \frac{d}{\Delta t}$$

$$v_x = v \cdot \cos x$$

$$v_0 = 29,2$$

$$v_x = \frac{60}{3,2}$$

$$18,75 = 29,2 \cdot \cos x$$

$$v_x = 18,75$$

$$\frac{18,75}{29,2} = \cos x \rightarrow \cos x = 0,6421 \rightarrow x = 50^\circ$$

• Pelé estava 5 m atrás da linha do meio de campo e 3 m a direita do centro do gramado. A distância percorrida da bola do ponto inicial até o gol foi de 60 m. Ele precisou de força para fazer com que a bola chegasse até o gol. A bola saiu dos pés com a velocidade de 105 km/h. Ela fez um efeito de rotação, que criou um efeito de sustentação da bola no ar. Na trajetória da bola até o gol, ela subiu mais de 7,3 m do chão e ficou suspensa por cerca de 3,2 s. A bola passou entre 20-50 cm da trave esquerda.

• Já foi estudado

- distância

- força

- velocidade

- potência

- trajetória

• a trajetória feita pela bola após o chute de pelé foi parabólica.

$$V = 105 \text{ km/h} \div 3,6 = 29,1$$

$$V_0 = 29,1 \quad V_x = 1s = 60 = 18,75$$

$$dt = 3,2$$

$$V_x = V_0 \cdot \cos \theta$$

$$18,75 = 0,6$$

$$29,1$$

Grup
o
2

→ Pelé estava 5 m atrás da linha do meio de campo e 3 m a direita do centro do gramado. A distância percorrida da bola do ponto inicial até o gol foi de 60 m. Ele precisou de força para fazer com que a bola chegasse até o gol. A bola saiu dos pés com a velocidade de 105 km/h. Ela fez um efeito de rotação, que criou um efeito de sustentação da bola no ar. Na trajetória da bola até o gol, ela subiu mais de 7,3 m do chão e ficou suspensa por cerca de 3,2 s. A bola passou entre 20-50 cm da trave esquerda.

→ Já foi estudado:

- distância

- força

- velocidade

- potência

- trajetória

<p>→ A trajetória feita pela bola após o chute de Pelé foi parabólica.</p> $V = 105 \text{ km/h} \div 3,6 = 29,1$ $V_0 = 29,1 \quad V_x = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{60}{3,2} = 18,75$ <p>→ $V_x = V_0 \cdot \cos \theta$</p> $\frac{18,75}{29,1} = 0,6$
--

Fonte: Feito pela autora.

O objetivo desta aula foi apresentar aos alunos o lançamento oblíquo, em especial sua análise na horizontal, que nada mais é que um Movimento Retilíneo Uniforme. Assim, foi apresentada a definição deste movimento juntamente com sua função horária das posições, mostrando ainda que para o lançamento oblíquo esta sofre uma pequena alteração, pelo fato de se trabalhar com a componente horizontal da velocidade.

Para que os alunos pudessem consolidar o conteúdo apresentado e deixassem de se portar apenas como ouvintes, foi proposta uma atividade que trabalhava com a primeira fase do CineFut.

Tabela 18 – Atividades propostas para aula 5 com a utilização do CineFut

Atividades propostas para aula 5 com a utilização do CineFut
<p>→ Anote os valores dos ângulos que vocês escolheram.</p> <p>→ Observe o vetor da componente horizontal da velocidade para cada lançamento, o que se pode dizer a seu respeito?</p> <p>→ Considerando que a velocidade inicial de lançamento foi de 9 m/s, calcule v_{0x} para cada um dos ângulos que vocês escolheram.</p> <p>→ Conte quantos segundos, aproximadamente, a bola permanece em movimento e estime a distância percorrida para cada ângulo de lançamento.</p> <p>→ Sua equipe conseguiu vencer a fase? Qual foi o valor do ângulo de lançamento?</p>

Fonte: Feito pela autora.

Aproveitou-se este momento para esclarecer aos alunos que a “seta” que surgia na bola quando chutada não se tratava da força aplicada sobre a bola, mas sim de seu vetor velocidade. E como na horizontal, o movimento oblíquo é uniforme, o vetor deveria ser constante, ou seja, permanecer sempre com o mesmo tamanho. Com relação à penúltima questão, adotou-se como marco zero o lugar onde o boneco do Chaves se encontrava no jogo, e mais uma vez noção de referencial foi trabalhada. Alguns alunos questionaram a possibilidade de calcular a distância percorrida pela bola utilizando a tradicional equação da velocidade (descolamento

dividido pelo tempo). Deixou-se claro que para esta atividade não haveria problemas, pois se conhece o tempo total em que a bola permaneceu em movimento.

Por fim, a resposta à última pergunta todos já sabiam, pois esta mesma fase do CineFut foi solicitada na aula 3. Contudo, esse fato não desmotivou os alunos, já que todos queriam acertar o gol. Mesmo assim, foi solicitado que cada grupo escolhesse três ângulos distintos para realizar as atividades.

Tabela 19 – Respostas apresentadas as atividades propostas para aula 5

Respostas apresentadas as atividades para aula 5	
Grupo 1	<p>→ Ele permaneceu do mesmo tamanho, porém para cada ângulo tinha um tamanho diferente.</p> <p>→ 40° $v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ 70° $v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ 45° $v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ $v_x = 9,0,76$ $v_x = 9,0,34$ $v_x = 9,0,70$ $v_x = 6,89 \text{ m/s}$ $v_x = 3,07 \text{ m/s}$ $v_x = 6,36 \text{ m/s}$</p> <p>→ 40° → $t = 5 \text{ s}$ 70° → $6,5 \text{ s}$ 45° → 6 s</p> <p>$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$</p> <p>$6,89 = \frac{\Delta s}{5}$ $3,07 = \frac{\Delta s}{6,5}$ $6,36 = \frac{\Delta s}{6}$</p> <p>$\Delta s = 34,45 \text{ m}$ $\Delta s = 19,955 \text{ m}$ $\Delta s = 38,16 \text{ m}$</p>
	<p>→ Ele permaneceu do mesmo tamanho, porém para cada ângulo tinha um tamanho diferente.</p> <p>40° $v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ 70° $v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ 45° $v_x = v_0 \cdot \cos \theta$ → $v_x = 9,0,76$ $v_x = 9,0,34$ $v_x = 9,0,70$ $v_x = 6,89 \text{ m/s}$ $v_x = 3,07 \text{ m/s}$ $v_x = 6,36 \text{ m/s}$</p> <p>40° $t = 5 \text{ s}$ 70° $t = 6,5 \text{ s}$ 45° $t = 6 \text{ s}$</p> <p>$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$ $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$</p> <p>→ $6,89 = \frac{\Delta s}{5}$ $3,07 = \frac{\Delta s}{6,5}$ $6,36 = \frac{\Delta s}{6}$</p> <p>$\Delta s = 34,45 \text{ m}$ $\Delta s = 19,955 \text{ m}$ $\Delta s = 38,16 \text{ m}$</p>

Fonte: Feito pela autora.

Algumas correções foram necessárias, pois alguns alunos tiveram dificuldades de reconhecer as duas fórmulas para se calcular a distância como verdadeira. Assim, alguns ângulos foram escolhidos para serem feitos no quadro

com a turma. Também nesta aula, depois da atividade com o CineFut, foi trabalhada a relação entre alcance máximo e ângulo de lançamento, mostrando que o maior alcance sempre ocorrerá com o ângulo de 45° . Isso derrubou a concepção que alguns tinham de que, para se conseguir o máximo alcance, deveria-se escolher sempre o maior ângulo possível.

Nesta aula, além das atividades com o CineFut, foi solicitado aos alunos fizessem uma lista de exercícios para fixar o conteúdo aprendido. Isso fez com que esta aula durasse um pouco mais do que o programado, estendendo-se por 3 períodos de 45 minutos. Trabalhar o movimento uniforme por meio do CineFut foi uma experiência produtiva, pois como dito anteriormente a participação dos alunos foi maior e as aulas tornaram-se menos desgastantes sem ter apenas os exercícios teóricos e matemáticos.



Figura 24 – Alunos realizando as atividades da aula 5 com o CineFut.
Fonte: Feito pela autora.

6.1.6. Aula 6 – Movimento Uniformemente Variado

Esta foi a última aula da sequência didática, onde foi desenvolvido o conteúdo do Movimento Uniformemente Variado. Para isso, a turma assistiu a um vídeo⁹ curto onde os jogadores da seleção brasileira aparecem treinando cobrança de falta na Granja Comary. Em seguida, alguns questionamentos foram feitos para que a aula fosse direcionada ao seu foco principal.

Voltando ao lançamento oblíquo, lembrou-se aos alunos que se tratava de uma composição de movimentos, um na horizontal e outro na vertical. Para finalizar o estudo do Lançamento Oblíquo e com isso apresentar o Movimento Uniformemente Variado, faltava apresentar o movimento que ocorre na vertical. Tal movimento se assemelha ao de um corpo lançado verticalmente para cima, sob a ação da gravidade. Dessa maneira, mostrou-se aos alunos a definição,

⁹ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=gHY3QS1ONRg>>.

características e equações para este movimento. Uma dúvida comum aos alunos foi a de reconhecer quando usar cada uma das equações. Procurando esclarecer tal dúvida, foram feitos em sala exercícios-exemplos, para que pudessem compreender melhor o assunto.

Nesta aula, também foram apresentadas as características do lançamento oblíquo. Depois, foi solicitado que os alunos, em grupo, realizassem uma atividade que envolvia a segunda fase do CineFut (figura 25), em que deveriam fazer um gol por meio de uma cobrança de falta, utilizando a relação entre a velocidade inicial e o ângulo de lançamento. Além disso, foram questionados sobre o comportamento do vetor velocidade, pois nesta fase do jogo a velocidade inicial varia conforme a intensidade do chute do jogador.



Figura 25 – Alunos realizando a segunda fase do jogo CineFut.
Fonte: Feito pela autora.

Mais uma vez, foi destacado que a “seta” não representa a ação da força peso, mas a componente vertical do vetor velocidade e, graças à ação da aceleração da gravidade, quando a bola chega à altura máxima esse vetor se anula. Contudo, quanto à atividade proposta aos alunos, foi constatado que conseguiram calcular as componentes da velocidade, mas não obtiveram êxito em fazer gol, embora tenham se empenhado. A atividade não foi perdida, pois foram trabalhadas as soluções que as equipes apresentaram, corrigindo-as quando possível e aproveitando para reforçar as equações do MUV.

Esta aula também demorou um período a mais do que esperado, pois houve a necessidade de realizar exercícios complementares com a turma. De um modo geral aplicação deste produto de modo satisfatório tanto para a professora, que conseguiu concluir o conteúdo proposto para a aula, como para os alunos, que puderam participar mais ativamente durante as atividades propostas.

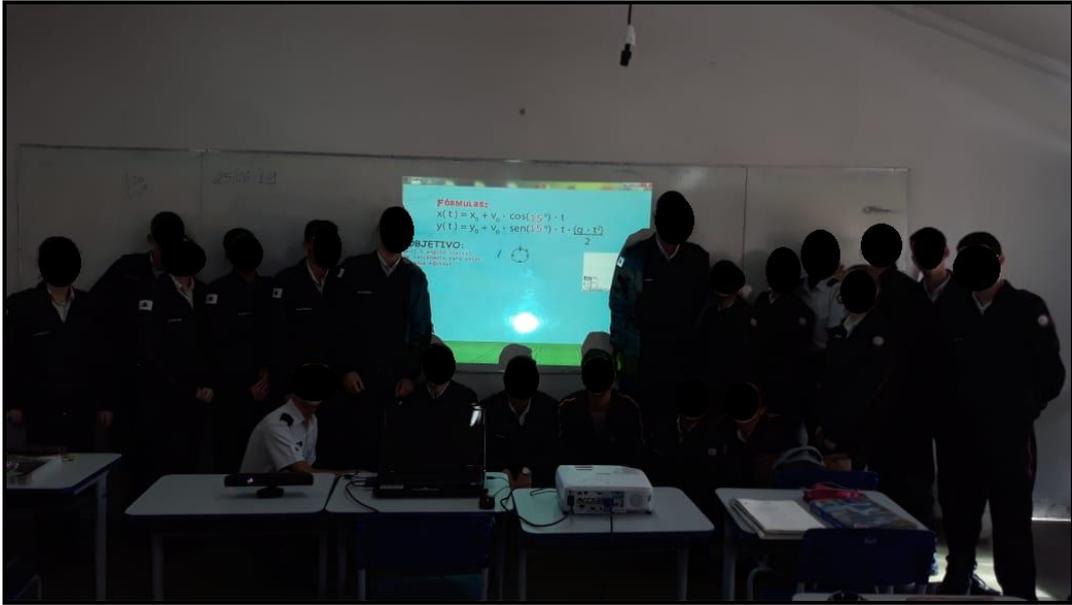


Figura 26 – Turma na qual o produto educacional foi aplicado.
Fonte: Feito pela autora.

Ao final da aplicação desse produto percebeu-se que os objetivos propostos por esse trabalho foram atendidos, pois como houve um tratamento da Cinemática em um intervalo de tempo mais reduzido e sem muita matematização. Como durante as aulas foram realizadas algumas atividades que envolviam um jogo educacional proporcionou aos estudantes um caminho alternativo e mais prazeroso para se realizar os exercícios propostos. Entretanto, não é possível garantir que o resultado será sempre o mesmo para todo e qualquer grupo de alunos, pois cada grupo escolar possui suas peculiaridade, contudo, é inquestionável que atividades gamificadas trazem benefícios para o processo de ensino, e inaceitável a visão de que a Cinemática é um conteúdo desnecessário podendo ser retirado do currículo de ensino.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho procurou detalhar a criação e aplicação de um produto educacional construído no intuito de apresentar-se como uma alternativa para o ensino de Cinemática. Este conteúdo tem se mostrado extenso, desgastante e pautado demasiadamente em formalismo matemático, consumindo assim uma parte considerável do tempo destinado ao planejamento de Física para o 1º Ano do Ensino Médio.

A posição ocupada pela Cinemática no ensino de Física possui fundamentos históricos, que foram ponderados ao longo deste trabalho. Procurou-se reconhecer que o estudo dos movimentos foi um dos precursores para o desenvolvimento desta Ciência. Acredita-se, portanto, que é importante repensar a aplicação deste tema no currículo de Física, considerando os eixos colocados pelos PCNs. Partindo desta linha argumentativa, foi desenvolvido uma sequência de aulas que buscaram desenvolver diferentes habilidades e competências no aluno, utilizando para isto o CineFut como um recurso que possibilita desenvolver o conteúdo de Cinemática de uma forma mais agradável sem que com isso a qualidade do ensino seja comprometida.

Este conjunto de aulas que foi aplicado durante as aulas de Física do último bimestre do ano de 2018, nas dependências do Colégio Tiradentes da Polícia Militar. Os resultados apresentados foram satisfatórios, pois dinamizaram as aulas e, como consequência, a participação dos alunos se tornou mais frequente. Ressalta-se também que o conteúdo de Cinemática foi lecionado, ainda que de uma forma mais concisa, em um tempo menor do que o de costume, visto que é comum o professor passar um semestre inteiro para desenvolver este conteúdo.

Durante o desenvolvimento do produto ocorreram alguns imprevistos como, por exemplo, falta de alguns alunos e com isso atraso nas entregas das atividades, o CineFut travou algumas vezes durante a aplicação e algumas aulas precisaram ser adiadas devido as avaliações externas, mas foram aplicadas dando sequência ao planejamento. Mesmo diante deste contratempo as atividades gamificadas apresentaram-se como um recurso didático bastante promissor, uma vez que tira o aluno de seu papel de ouvinte passivo fazendo com que suas conclusões devido a

participação sejam base para formar os conhecimentos aprendidos, além de levar a aula para um ambiente que ele já está familiarizado, que são os jogos digitais. É inegável que para uma melhor avaliação desse produto, o mesmo deveria ser aplicado em outras salas de aulas com alunos e professores diferentes, mas isso não nega sua viabilidade como estratégia de ensino, pois foi elaborado com de modo que seu uso não se restringisse a nenhuma realidade de ensino.

Quanto ao objetivo de desenvolver um produto educacional para o ensino de Cinemática utilizando jogos e em um tempo menor que o de costume, o resultado deixou a autora muito satisfeita, pois mostrou-se que é possível ensinar este conteúdo sem ser de uma forma puramente matemática e mais agradável para aluno e professor pois a participação e a disposição dos alunos foi melhor do que a esperada como descrita no capítulo anterior.

Contudo, cabe ressaltar que o uso das TCIs no ensino de Física deve ser ponderado, pois

essa arma poderosa pode servir, paradoxalmente, também, para comunicar imagens distorcidas da realidade com eficiência igualmente maior do que a das figuras estáticas. Uma animação não é, jamais, uma cópia fiel do real. Toda animação, toda simulação está baseada em uma modelagem do real. Seria primordial notar-se que um sistema real é frequentemente muito complexo e as simulações que o descrevem são sempre baseadas em modelos que contém, necessariamente, simplificações e aproximações da realidade (MEDEIROS e MEDEIROS, 2002, p. 80).

No caso do CineFut não foram considerados alguns fenômenos como, por exemplo, a força de arrasto do ar, o movimento de rotação da bola, a velocidade angular e o efeito Magnus. Não se trata de uma crítica ao software utilizado ou a qualquer outra ferramenta neste estilo, pelo contrário, essas considerações devem ser feitas para que o emprego dessas tecnologias resultem em um aprendizado eficiente. Ficando aqui a oportunidade de se desenvolver um novo trabalho onde tais fenômenos sejam abordados e com isso criadas novas fases para o jogo.

Não se tem a pretensão de apresentar este produto como a panaceia ao ensino de Cinemática. Pelo contrário, reconhece-se que este possui limitações e que deve ser constantemente revisto e adaptado ao contexto que for inserido. Mesmo assim, apresenta-se como uma alternativa promissora. Espera-se que, após as evidências empíricas aqui apresentadas, que o software sirva de suporte a outros trabalhos, visando à melhoria do ensino da Física no Ensino Médio.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Rafael Gomes. A utilização da gamificação no ensino de Física: contextualização e aplicação em sala de aula. In: **XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 22, 2017, São Carlos. Disponível em <<http://www1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T0041-1.pdf>>. Acesso em jul., 2019.

ANJOS, Maurício Dantas dos. **Gamificação e games no ensino de mecânica newtoniana: uma proposta didática utilizando o jogo Bunny Shooter e o Aplicativo Socrative**. 2017. 206f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Pará, 2017.

BEN-DOV, Yoav. **Convite à Física**. Tradução de Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 1996.

BORBA, Marcelo de Carvalho; PENTEADO, Miriam Godoy. **Informática e Educação Matemática**. 4. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2010.

BRAGA, Marco et al. **Breve história da ciência moderna**, volume 1: convergência de saberes. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Editor, 2003.

BRASIL, Ministério da Educação e Desporto (MEC), Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros curriculares nacionais para terceiro e quarto ciclos do ensino fundamental (PCN)**. Brasília: MEC/SEF, 1998.

_____. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília, MEC, 2002.

BUSE, Andrei. **Um olhar diferenciado sobre a Cinemática no Ensino Médio: uma abordagem praxeológica das tarefas**, 2014. 141f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2014.

COHEN, I. Bernard. **O nascimento de uma nova Física: de Copérnico a Newton**. São Paulo: EDART, 1967.

CUNHA, Jurandir Alves. **Ensino da força magnética por meio de jogos digitais que utilizam o Kinect**. 2017. 61f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal de Alfenas, 2017.

CUSTÓDIO, Márcio Augusto Damin. **Matemática e Filosofia da Natureza no Século XIV: Thomas Bradwardine**. 2004. 214f. Tese (Doutorado em Filosofia) – Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

DAL MORO, Guilherme Andre. **Física: ensino médio**. Curitiba: Positivo, 2015.

DANTAS, Maurício; PEREZ, Silvana. Gamificação e *games* no ensino de mecânica newtoniana: uma proposta didática utilizando o jogo Bunny Shooter e o Aplicativo Socrative. **Revista do Professor de Física. Brasília**, v. 2, n. 2, p. 84-103, jul. 2018.

DIAS, Penha Maria Cardoso. $F=ma$?!! O nascimento da lei dinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 205-234, abr.-jun. 2006. Disponível em <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v28n2/a13v28n2.pdf>>. Acesso em jan. 2019.

FARDO, Luis Marcelo. **A Gamificação Como Estratégia Pedagógica**: estudo de elementos dos games aplicados em processos de ensino e aprendizagem. 2013. 106f. Dissertação (Mestre em Educação) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2013.

FIOLHAIS, Carlos; TRINDADE, Jorge. Física no Computador: o Computador como uma Ferramenta no Ensino e na Aprendizagem das Ciências Físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 259-272, set. 2003. Disponível em < http://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_259.pdf>. Acesso em jan. 2019.

FLEMMING, Diva Marília; GONÇALVES, Mirian Buss. **Cálculo A**: funções, limite, derivação, integração. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

FUKE, Luiz Felipe; YAMAMOTO, Kazuhito. **Física para o Ensino Médio, volume 1**: mecânica. 1. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

GASPAR, Alberto. O “R” de retilíneo. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.11, n. 1, p.7-10, abr. 1994. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7260>>. Acesso em jan. 2019.

GASTALDON, Lucas Biasi; AMORIM, Ivair Fernandes de. Metodologias Inovadoras no Ensino de Física: gamificação. In: 5º CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO DO NOROESTE PAULISTA, 2018, Votuporanga. **Anais**. São Paulo, 2018. Disponível em <<http://periodicos.unifev.edu.br/index.php/CongressoInterEducacaoNoroesteP/article/download/1201/1287+&cd=1&hl=pt-BR&ct=clnk&gl=br&client=firefox-b-d>>. Acesso em jul. 2019.

HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física**, volume 1: mecânica. Tradução de Ronaldo Sérgio de Biasi. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

HUIZINGA, Johan. **Homo Ludens**. 4. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2000.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. 1. ed. São Paulo: Editora 34, 1999.

MARICONDA, Pablo Rubén. Galileu e a ciência moderna. **Revista Especiarias – Cadernos de Ciências Humanas**, Ilhéus, v. 9, n. 16, p. 267-292, jul.-dez. 2006. Disponível em < http://www.uesc.br/revistas/especiarias/ed16/16_2_galileu_e_a_ciencia_moderna.pdf>. Acesso em jan. 2019.

MARTINS, Cristina; GIRAFFA, Lucia Maria Martins. Gamificação nas práticas pedagógicas em tempos de cibercultura: proposta de elementos de jogos digitais em atividades gamificadas. In: XI **Seminário Jogos Eletrônicos, Educação e Comunicação**, 11, 2015. Bahia. Disponível em < <https://www.revistas.uneb.br/index.php/sjec/article/view/1236/835>>. Acesso em jun. 2019.

MEDEIROS, Alexandre; MEDEIROS, Cleide Faria de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino Física**, São Paulo, v. 24, n. 2, p. 77-86, jun. 2002. Disponível em < <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v24n2/a02v24n2.pdf>>. Acesso em jan. 2019.

MOREIRA, Elessandro Aparecido Pimenta. **Concepções Espontâneas Não-Convencionais sobre Movimento – Suas Implicações e Propostas para o Ensino das Leis do Movimento**. 2003. 92f. Monografia (Licenciatura Plena em Física) – Faculdade de Física, Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003.

NAPOLITANO, Hamilton Barbosa; LARIUCCI, Carlito. Alternativa para o ensino da Cinemática. **Inter-Ação Revista da Faculdade de Educação da UFG**, v. 26, n. 2, p. 119-129, jul.-dez. 2001. Disponível em < <https://www.revistas.ufg.br/interacao/article/viewFile/1604/1569>>. Acesso em janeiro, 2019.

NAVARRO, Gabrielle. **Gamificação: a transformação do conceito do termo jogo no contexto da pós-modernidade**. 2013. 26f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Centro de Estudos Latino-Americanos sobre Cultura e Comunicação, Núcleo de Pesquisa da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física básica**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

PEDUZZI, Luiz Orlando de Quadro. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica**. 1998, 713f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências Naturais) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 1998.

PEREIRA, Aline Fernandes. **Análise dos registros de representação na relação entre a matemática e a cinemática nos livros de Física do PNLD 2011-2013**. 2013. 71f. Monografia (Licenciatura Plena em Física) – Instituto de Física e Química, Universidade Federal de Itajubá, Cambuí, 2008.

PEREIRA, Aline Fernandes; TASSOTE, Cesar Augusto. **Obstáculos Matemáticos no Ensino e Aprendizagem da Física no Ensino Médio**. 2008. 60f. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura Plena em Matemática) – Universidade do Vale do Sapucaí, Pouso Alegre, 2008.

PIRES, Antônio S. T. **Evolução das ideias da Física**. 2. ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

REIS, T. H. **Ensinando Conceitos de Física com Sensores de Movimentos**, 2014. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física) – Departamento de Física, Universidade Federal de Alfenas, 2014.

ROCHA, José Fernando M. (Org.). **Origens e evolução das ideias da Física**. 2. ed. Salvador: EDUFBA, 2015.

SABKA, Diego Ricardo et al. Jogos na educação científica para a cidadania: uma análise da produção acadêmica recente. In: **XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 15, 2014, Maresia. Disponível em < http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epef/xv/programa/lista_trabalho.asp?sesId=20>. Acesso em jan., 2019.

SALES, Gilvandenys Leite et al. Gamificação e ensinagem híbrida na sala de aula de Física: metodologias ativas aplicadas aos espaços de aprendizagem e na prática docente. **Conexões Ciência e Tecnologia**. Fortaleza, v. 11, n. 2, p. 45-52, jul. 2017.

SILVA, João Batista da et al. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n 4, abr. 2019. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0309>>. Acesso em jun., 2019.

SILVA, João Batista da; SALES, Gilvandenys Leite. Gamificação aplicada no ensino de Física: um estudo de caso no ensino de óptica geométrica. **Acta Scientiae – Revista de ensino de Ciências e Matemática**. Canoas, v. 19, n. 5, p. 782-798, set-out. 2017. Disponível em < <http://www.periodicos.ulbra.br/index.php/acta/article/view/3174/2674>>. Acesso em jul. 2019.

SILVA, João Batista da; SALES, Gilvandenys Leite. Um panorama da pesquisa nacional sobre gamificação no ensino de Física. **Tecnia – Revista de Educação Ciência e Tecnologia do IFG**, Goiânia, v. 2, n 1, p. 105-121, jan.-jul. 2017. Disponível em < <http://revistas.ifg.edu.br/tecnica/issue/view/5>>. Acesso em jun., 2019.

SILVA, Tatiana da. Um jeito de fazer hipermídia para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 2, p. 864-890, set. 2012. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-941.2012v29nesp2p864>>. Acesso em jan., 2019.

SOUSA, José Francisco Martins de. **Uma proposta didática para implementação do plano inclinado como objeto da Cinemática galileana e facilitador da aprendizagem em Física**: uma reaproximação entre história da ciência e o ensino de ciência. 2016, 197f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Centro de Ciências da Natureza, Universidade Federal do Piauí, Teresinha, 2016.

SOUZA, Paulo Victor. **Uma abordagem para os conceitos de velocidade e aceleração no Ensino Médio**. 2011. 55f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

SOUZA, Pedro Alexandre Lopes et al. Estudos sobre a ação mediada no ensino de Física em ambiente virtual. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. Especial 1, p. 420-447, set. 2012. Disponível em < <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-941.2012v29nesp1p420>>. Acesso em jan., 2019.

STUDART, Nelson. Simulações, games e gamificação no ensino de Física. In: **XXI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 21, 2015, Uberlândia. Disponível em < <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxi/programa/trabalhos.asp?sesId=32>> Acesso em jan., 2019.

SWOKOWSKI, Earl William. **Cálculo com geometria analítica**. Tradução de Alfredo Alves de Faria; Vera Regina L. F. Flores e Marcio Quintão Moreno. 2. ed. São Paulo: Makron Books, 1994.

TAKIMOTO, Erika. **Histórias da Física na sala de aula**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2009.

TEIXEIRA, Thiago Fernandes Maximo. **Gamificação, uma estratégia para promover o ensino e aprendizagem de Gravitação no Ensino Médio**. 2017. 152f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do ABC, Santo André, 2017.

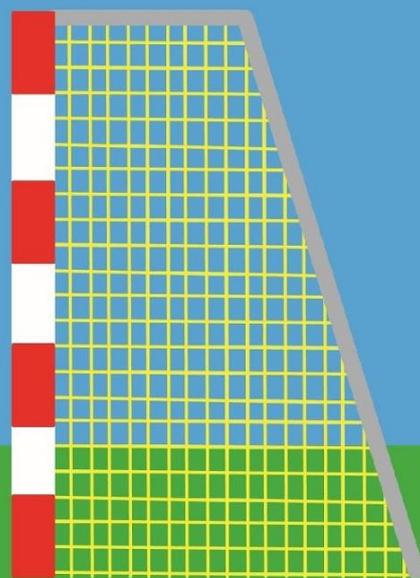
YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Roger A. **Física I**. Tradução de Sonia Midori Yamamoto. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2008.

APÊNDICE A – CINEFUT: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE CINEMÁTICA

A L I N E F E R N A N D E S P E R E I R A
O R I E N T A D O R : P R O F . D R . A R T U R J U S T I N I A N O

CINEFUT

**Uma proposta para o ensino da
cinemática**





1. APRESENTAÇÃO

Este material instrucional consiste em uma sequência didática para ensinar Cinemática de uma forma lúdica durante o ensino de Física no Ensino Médio, utilizando como principal recurso o software CineFut. Está dividido em seis aulas/temas que se inicia com os conceitos básicos da Cinemática como a relatividade do movimento e terminam como estudo do movimento uniformemente variado.

Este trabalho foi desenvolvido para a conclusão do Curso de Mestrado pelo Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), no polo da Universidade Federal de Alfenas, sob a orientação do Prof. Dr. Artur Justiniano.

O resultado da aplicação deste produto educacional foram descritos na dissertação de Aline Fernandes Pereira com o mesmo título aqui apresentado. Já nas seções seguintes serão apresentados os objetivos deste produto, a estrutura e a organização das aulas propostas.



2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo Geral

Desenvolver uma sequência de seis aulas para o ensino de Cinemática, utilizando como recurso didático o sensor de movimento Kinect® e o jogo CineFut.

2.2. Objetivos específicos

- a) Utilizar um jogo educacional como recurso didático no ensino de Física.
- b) Desenvolver um produto educacional para o ensino de Cinemática através de jogos.
- c) Proporcionar ao estudante uma forma mais lúdica de compreender conceitos de Cinemática.



3. O CINEFUT

O CineFut é um jogo desenvolvido no Laboratório de Tecnologias Educacionais da Universidade Federal de Alfenas (UNIFAL), e tem como objetivo apresentar o estudo da Cinemática de uma forma mais lúdica. Como aponta Reis (p. 2, 2014): “pensamos em uma ferramenta que possibilite ao professor tratar dos conceitos de Cinemática utilizando um tema comum aos alunos, o futebol, e que seja diferente de uma aula tradicional, lousa e giz”.

Trata-se é um software em formato de jogo que utiliza o sensor de movimentos Kinect[®], produzido pela Microsoft[®] para o console Xbox 360[®], para a captura de comandos feitos pelo usuário e sua interação com o software. Sua estrutura é constituída por três módulos que possibilitam a transferência mútua de informações.

O CineFut é o módulo por onde os outros são chamados e possui a implementação das funções que integram as informações dos demais módulos. O Kinect SDK é o responsável pela interação do usuário com o software. Sua instalação é necessária, pois além das bibliotecas utilizadas no código, possui os drivers que fazem a comunicação entre o sensor Kinect[®] e o equipamento que está rodando a aplicação. O Microsoft XNA é um framework criado a partir de um conjunto de bibliotecas NET para o desenvolvimento de games. Ele foi utilizado no desenvolvimento desses software por proporcionar a abstração de tarefas necessárias. (REIS, p. 3, 2014).

O jogo aborda o conteúdo de Lançamento Oblíquo, fenômeno que ocorre quando um objeto é lançado de modo a formar um determinado ângulo com a horizontal, resultando em um movimento composto, que por sua vez é um evento que pode ser observado com frequência, dentre outros esportes, no futebol. Para sua utilização, três comandos são importantes: o braço direito escolhe o ângulo de lançamento; a perna direita chuta a bola e determina a velocidade inicial; e o braço esquerdo pausa o jogo. Ele é apresentado em quatro fases independentes e sua seleção se dá manualmente. Ainda é possível optar por uma visualização do sistema de coordenadas, a trajetória descrita pela bola, o vetor das componentes das velocidades e o vetor resultante. A figura 1 mostra como é a tela de seleção de fases do jogo.

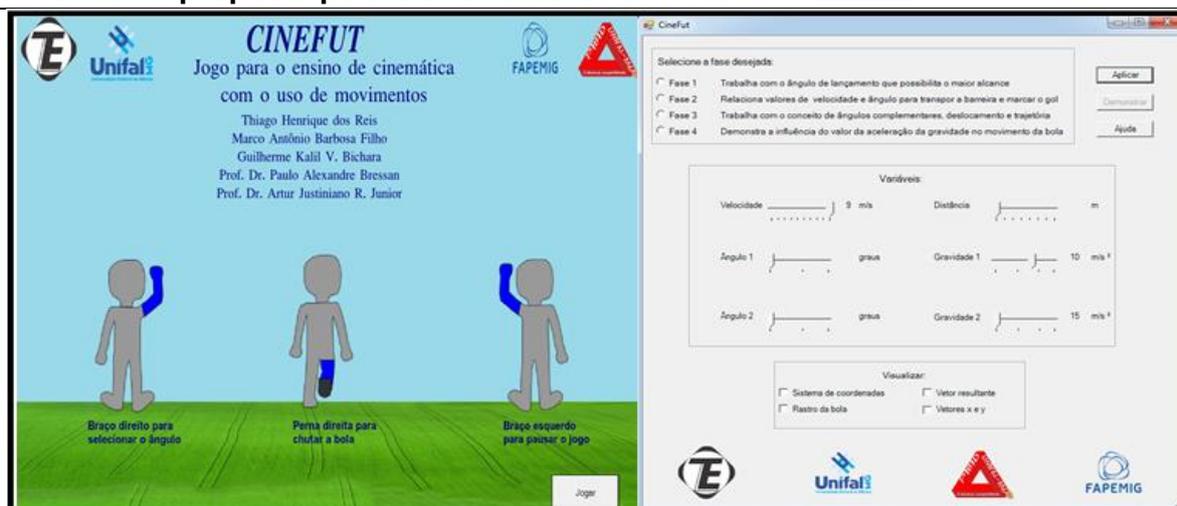


Figura 1 – Tela principal e seleção de fase do CineFut.

Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

A primeira fase (figura 2) trabalha a relação entre ângulo de lançamento e alcance e, para isso, o jogador deve conseguir fazer um gol. O objetivo é levar o aluno a perceber que quando a bola forma com a horizontal um ângulo de 45° , seu alcance máximo é atingido. Ao selecionar esta fase, na tela de seleção, fica disponível a variável velocidade, que caso tenha seu valor alterado faz com que o boneco do jogo fique mais próximo ou mais afastado do gol. É possível, ainda, marcar as opções para que no jogo apareçam o sistema de coordenadas, a trajetória da bola e os vetores ortogonais da velocidade. Depois de ter selecionado o que é de interesse para esta fase, basta clicar no botão aplicar para a tela do jogo aparecer.

Caso haja alguma dúvida, o jogo oferece a possibilidade de demonstrar o que deve ser feito em cada fase, bastando utilizar o botão “demonstrar”. Outro recurso auxiliar são as funções horárias do espaço pelo tempo dos movimentos uniforme e uniformemente variado, que aparecem na parte superior da tela em que o aluno está jogando.

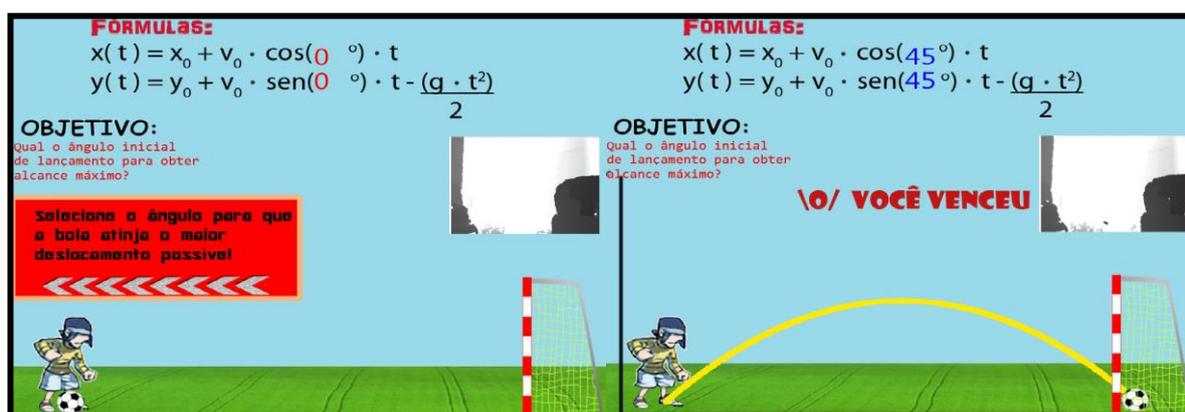


Figura 2 – Primeira fase do jogo CineFut.

Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.



Na segunda fase (figura 3), o objetivo é transpor uma barreira e fazer gol, algo parecido com a cobrança de falta em um jogo de futebol e, com isso, mostrar a relação entre velocidade inicial e ângulo de lançamento. Para isso, o aluno deve levar em consideração a altura da barreira, a distância que ela está do gol e a distância que ele está da barreira. É possível alterar a distância entre o jogador, a barreira e o gol mudando na caixa de variáveis as grandezas velocidade e distância. A velocidade inicial varia conforme a intensidade do chute do jogador. Os outros comandos são semelhantes ao da primeira fase.

FÓRMULAS:

$$x(t) = x_0 + (v_0) \cdot \cos(75^\circ) \cdot t$$

$$y(t) = y_0 + (v_0) \cdot \sin(75^\circ) \cdot t - \frac{(g \cdot t^2)}{2}$$

OBJETIVO:

A bola se encontra a 2.5m da barreira. A barreira possui 1.75m de altura e se encontra a 3m do gol.

Faça um GOL!

FÓRMULAS:

$$x(t) = x_0 + (v_0) \cdot \cos(55^\circ) \cdot t$$

$$y(t) = y_0 + (v_0) \cdot \sin(55^\circ) \cdot t - \frac{(g \cdot t^2)}{2}$$

OBJETIVO:

A bola se encontra a 2.5m da barreira. A barreira possui 1.75m de altura e se encontra a 3m do gol.

Faça um GOL!

Figura 3 – Segunda fase do jogo CineFut.

Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

A terceira fase (figura 4) aborda um conteúdo que é comum à Matemática: ângulos complementares. O objetivo dessa fase é que o aluno compreenda o que são ângulos complementares e sua relação com o lançamento oblíquo, ou seja, tais ângulos produzem alturas diferentes, mas o mesmo alcance. Nesta fase, a velocidade é fixa e não depende da intensidade com que o jogador chute a bola.

FÓRMULAS:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot \cos(50^\circ) \cdot t$$

$$y(t) = y_0 + v_0 \cdot \sin(50^\circ) \cdot t - \frac{(g \cdot t^2)}{2}$$

OBJETIVO:

Lance a bola.

FÓRMULAS:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot \cos(40^\circ) \cdot t$$

$$y(t) = y_0 + v_0 \cdot \sin(40^\circ) \cdot t - \frac{(g \cdot t^2)}{2}$$

OBJETIVO:

Lance a bola de maneira que ela atinja a mesma distância do lançamento anterior.

Figura 4 – Terceira fase do jogo CineFut.

Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.



A última fase do jogo (figura 5) demonstra a influência da aceleração da gravidade no movimento da bola. O aluno deve fazer o primeiro lançamento com o valor habitual da aceleração da gravidade, 10 m/s^2 , uma aproximação muito utilizada no Ensino Médio. Em seguida, ele fará outro lançamento com o valor de aceleração alterado e, com isso, verificar que a trajetória da bola se altera. Desse modo, nesta fase as grandezas que podem ser alteradas na caixa de variáveis são: o ângulo de lançamento, que para esta fase não é mais medido com o braço direito; e a aceleração 2, que é uma aceleração diferente da Terra.

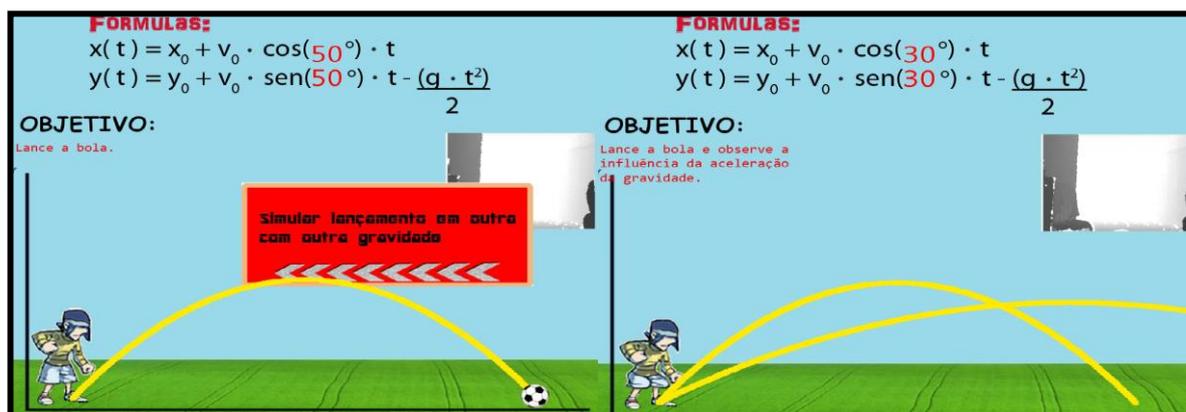


Figura 5 – Quarta fase do jogo CineFut.

Fonte: Feito pela autora com base no software CineFut.

Como o Lançamento Oblíquo é a composição do Movimento Uniforme e o Movimento Uniformemente Variado (MUV), é viável utilizar o software como recurso mediador para o ensino destes dois tópicos, pois o jogo oferece a possibilidade de simular outros valores para a aceleração da gravidade. É também uma alternativa para o estudo de vetores, pois é possível, em cada fase do jogo, observar o comportamento das componentes ortogonais e do vetor resultante da velocidade da bola. Por fim, o tratamento de ângulos complementares pode ganhar uma abordagem mais lúdica. Assim, ao abordar o conteúdo de Lançamento Oblíquo, que por vezes é omitido no Ensino Médio, de uma forma mais próxima à realidade dos alunos, o CineFut auxilia a construir uma via para que o aluno transite de modo mais dinâmico entre os conceitos da Cinemática e sua descrição matemática, tornando uma ferramenta aliada do professor. Nesse sentido, o jogo de futebol se torna um ponto de partida proveitoso para o aprendizado em sala de aula.



3.1. Como instalar o CineFut

Para ter o CineFut é necessário estar utilizando uma distribuição Windows e depois inicialmente baixar o Kinect sdk 1.8 que encontra-se disponível para download em <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278> ou <https://www.unifal-mg.edu.br/mnpef/node/20>. Após o download, vá até a pasta onde o download foi realizado e execute o programa (um duplo click sobre o arquivo) para instalá-lo.

Em seguida baixe o Microsoft XNA 4.0 pelo link <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=20914> ou <https://www.unifal-mg.edu.br/mnpef/node/20>, vá até a pasta onde foi realizado o download e dê um duplo click para iniciar a instalação.

Por último instale o CineFut que encontra-se disponível para download em <http://www.bcc.unifal-mg.edu.br/lte/?q=CineFut> ou <https://www.unifal-mg.edu.br/mnpef/node/20>.

Para executar o CineFut clique em setup.exe e execute o programa, aceite o termo de uso e ele já estará instalado. Para utilizar o Cinefut, certifique-se de que o Kinect esteja instalado e ligado ao computador, caso isto não ocorra uma mensagem de alerta aparecerá requisitando que o mesmo seja conectado ao computador.

Ao realizar esses passos o jogo estará pronto para ser utilizado.



4. PLANEJAMENTO DAS AULAS

O material foi elaborado com seis aulas/temas que englobam todo o conteúdo de Cinemática de forma concisa, como descrito na tabela abaixo.

Tabela 1 – Planejamento das aulas

Aula 01 – Conceitos Iniciais				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender os conceitos de deslocamento e tempo e suas unidades de medida. ✓ Compreender a relatividade do movimento. ✓ Reconhecer a importância da definição de um referencial para a determinação da posição de um corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relatividade do movimento. ✓ Referencial. ✓ Deslocamento e distância percorrida. ✓ Trajetória. ✓ Posição numa trajetória. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. ✓ Lista de exercícios. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.
Aula 02 – Velocidade e Aceleração				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender o conceito de velocidade de um corpo, como rapidez. ✓ Compreender as unidades de medidas da velocidade (m/s e km/h). ✓ Compreender o conceito de aceleração e sua unidade de medida no SI. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Velocidade. ✓ Aceleração. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. ✓ Lista de exercícios. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.
Aula 03 – Introdução a Composição de Movimento				
Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar os movimentos compostos como resultado de movimentos parciais e simultâneos; ✓ Justificar a independência do movimento de um corpo, segundo a horizontal e a vertical; ✓ Reconhecer a composição do movimento em algumas atividades do cotidiano. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Composição de movimento. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Ficha com resumos de algumas modalidades de esportes. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.



Aula 04 – Um pouco de Matemática – Trigonometria e Vetores

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolver problemas que envolvam as razões trigonométricas seno e cosseno. ✓ Abordar o conceito de vetor como representação de um fenômeno que tem direção e sentido. ✓ Apresentar grandezas vetoriais por suas características e distingui-las das grandezas escalares. ✓ Decomposição de um vetor. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trigonometria triângulo retângulo. ✓ Decomposição de vetores. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. ✓ Lista de exercícios. 	<p>Duas aulas de 45 a 50 minutos.</p>	<p>Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.</p>

Aula 05 – Movimento Uniforme

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Saber descrever o movimento de um corpo em movimento retilíneo uniforme. ✓ Resolver problemas envolvendo velocidade, deslocamento e tempo no movimento retilíneo uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimento Uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Pequeno vídeo. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. 	<p>Duas aulas de 45 a 50 minutos.</p>	<p>Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.</p>

Aula 06 – Movimento Uniformemente Variado

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Recursos metodológicos	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Caracterizar movimento uniformemente variado. ✓ Resolver problemas envolvendo aceleração, velocidade, deslocamento e tempo no movimento uniformemente variado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Movimento Uniformemente Variado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ CineFut. ✓ Pequeno vídeo. ✓ Quadro branco. ✓ Datashow. 	<p>Duas aulas de 45 a 50 minutos.</p>	<p>Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.</p>

Fonte: Feito pela autora.



Aula 1 – Conceitos iniciais

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Compreender os conceitos de deslocamento e tempo e suas unidades de medida. ✓ Compreender a relatividade do movimento. ✓ Reconhecer a importância da definição de um referencial para a determinação da posição de um corpo. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Relatividade do movimento. ✓ Referencial. ✓ Deslocamento e distância percorrida. ✓ Trajetória. ✓ Posição numa trajetória. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.

Introdução

Você pode observar muitas coisas à sua volta. As folhas estão balançando, o Sol está brilhando, as lâmpadas estão acesas, os carros estão se movendo, as impressoras estão imprimindo, as pessoas estão caminhando e/ou andando de bicicleta, os rios estão fluindo, etc. Quando paramos para examinar essas ações, nossa curiosidade natural dá margem a inúmeras perguntas.

A Física tem existido tanto quanto as pessoas têm tentado compreender seu mundo. A palavra “física” é derivada da palavra grega “physika”, que significa “coisas naturais”.



Algumas das perguntas mais fundamentais que você pode ter sobre o mundo lidam com os objetos em movimento. Uma pedra rolando em sua direção diminuirá de velocidade? Com que rapidez você terá que se mover para sair do seu caminho? O movimento foi uma das primeiras explorações da Física, e ela foi notável ao sugerir respostas.

Descrever o movimento e como ele funciona é o primeiro passo para realmente compreender a Física, que é sobre observações e medidas, sobre criar modelos mentais e matemáticos com base nessas observações e medidas.

Cinemática é a parte da Mecânica que tem por objetivo o estudo dos corpos (e suas trajetórias) em função das grandezas físicas de posicionamento, velocidade, aceleração e tempo de deslocamento, desconsiderando-se os agentes que o produzem, o mantêm ou o modificam, ou seja, sem relevar suas causas.



Observe a tirinha e discuta com seus colegas

→ Ao observar a tirinha liste os objetos e/ou personagens que estão em repouso e os que estão em movimento.

→ Destaque um objeto que você listou estar em movimento. Ele sempre estará em movimento?

→ A afirmação do Cascão é verdadeira?

→ É possível estar em movimento e em repouso ao mesmo tempo?



Referencial

Para determinar a posição de um corpo ou objeto, é necessário antes que um referencial ou ponto de referência seja adotado. No estudo da Cinemática, as referências são muito importantes para que as posições e os movimentos dos móveis possam ser bem caracterizados e detalhadamente descritos.

Referencial é o corpo ou sistema físico (conjunto observável de corpos) em relação ao qual se realizam as observações, as descrições e as formulações das leis físicas.

Movimento e Repouso

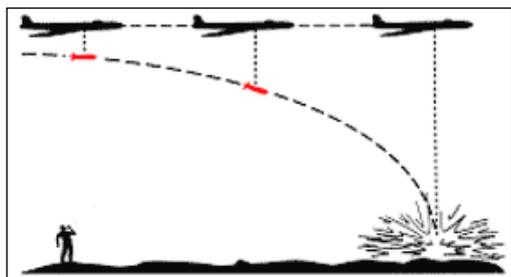
Um objeto estará em movimento ou repouso dependendo do referencial escolhido. Portanto, pode acontecer de um mesmo móvel estar em repouso em relação a um referencial e em movimento em relação a outro. O movimento é relativo, pois depende do referencial adotado.

Movimento é o fenômeno físico no qual um móvel muda de posição, com o passar do tempo, em relação a um referencial adotado.

Repouso é o fenômeno físico no qual um móvel mantém a mesma posição, no decorrer do tempo, em relação a determinado referencial.

Trajectoria

É o conjunto formado por todas as posições ocupadas por um móvel durante seu movimento, tendo em vista determinado referencial.



Por exemplo, a trajetória descrita pela bomba pode ser uma reta ou um arco de parábola. Uma reta se nosso referencia for o piloto do avião e um arco de parábola se adotarmos o observador na Terra como referência.

Posição ou Espaço

Para determinar a posição de um corpo em uma trajetória num determinado instante, precisamos calcular a distância percorrida sobre a trajetória, que é do ponto onde ele está até o ponto considerado como origem. Essa medida algébrica indica a posição do corpo e é representado pela letra s (do inglês space).

Deslocamento e Distância percorrida

A variação do espaço de um ponto material em relação a um referencial é chamada deslocamento (ΔS) e é expressa pela diferença entre seu espaço final (S_f) e seu espaço inicial (S_i). Matematicamente temos a equação $\Delta S = S_f - S_i$.

Na Física a letra grega Δ (delta) é usada para indicar a variação entre dois valores de uma mesma grandeza.

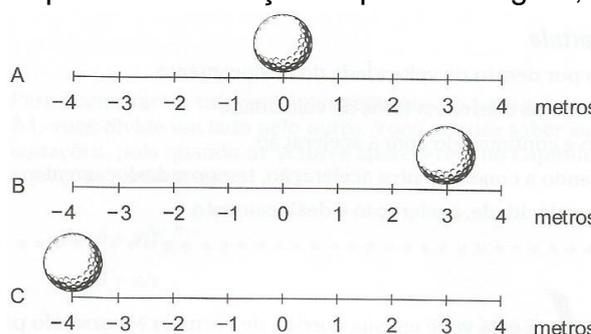


A distância percorrida (d) por um objeto, em determinado intervalo de tempo, é o espaço efetivamente percorrido por ela entre duas posições. Quando o objeto não muda o sentido de seu movimento, a distância percorrida é igual ao módulo de seu deslocamento. Quando o objeto inverte o sentido de seu movimento, a distância percorrida é igual à soma dos valores numéricos de seus deslocamentos parciais.



Observe a bola de golfe que está sobre uma reta numérica. Qual seria o deslocamento da bola quando passa da situação A para B? Agora, qual o deslocamento quando a bola vai da posição B para

C? Caso a bola passasse direto da posição A para a posição C? Qual sua distância percorrida em cada um dos casos anteriores?





#AgoraéComVocês!



#1 O livro de Física que está à sua frente se encontra em repouso, em relação a você, para que a leitura desta questão possa ser realizada. Mas esse mesmo livro, agora, está em movimento em relação a algum outro referencial. Então, cite alguns desses referenciais.

#2 Lei este trecho da canção *Morena de Angola*, do cantor e compositor Chico Buarque:

*Morena de Angola que leva o chocalho
amarrado na canela/ Será que ela mexe o
chocalho ou chocalho é que mexe com ela?*

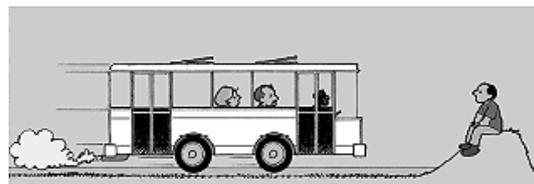
Do ponto de vista da Física, pode-se dizer que o chocalho mexe com a morena? Use o estudo de referencial para justificar sua resposta.

#3 Considere uma pessoa sentada em um barco que navega em um rio e responda às perguntas.

- (a) Essa pessoa está em repouso em relação a um ponto fixo na margem do rio?
- (b) Ela está em repouso em relação a um ponto fixo no barco?

#4 (UFRJ) Heloísa, sentada na poltrona de um ônibus, afirma que o passageiro sentado à sua frente não se move, ou seja, está em repouso. Ao mesmo tempo, Abelardo, sentado à margem da rodovia, vê o ônibus passar e afirma que o referido passageiro está em movimento. De acordo

com os conceitos de movimento e repouso usados em Mecânica, explique de que maneira devemos interpretar as afirmações de Heloísa e Abelardo para dizer que ambas estão corretas.



#5 Para a Cinemática escalar, a linha que representa o caminho percorrido ou a ser percorrido por um móvel é sua trajetória. Se um móvel pode estar em movimento em relação a dois ou mais referenciais ao mesmo tempo, será que as trajetórias de cada um desses movimentos podem ser diferentes? Ou precisam ser todos iguais, obrigatoriamente? Exemplificando: um parafuso pode cair em linha reta do forro superior de um trem e, simultaneamente, também cair em linha parabólica?

#6 A trajetória descrita pela válvula do pneu de uma bicicleta vista por um observador na calçada é uma curva chamada cicloide.

- (a) Qual é a forma da trajetória dessa válvula, vista pelo ciclista ao desviar a cabeça lateralmente e observar a roda?
- (b) Qual é a forma da trajetória de um ponto no eixo da roda, vista pelo observador na calçada?



#7 Qual será o deslocamento total de um automóvel que parte de um hotel, no km 78 de uma rodovia, leva os hóspedes até uma fazenda de gado, no km 127 dela, e depois retorna ao local de saída?

#8 Qual(is) é (são) a(s) condição(ões) em um movimento para que o deslocamento e a distância percorrida por um móvel tenham as mesmas medidas?

(a) Como a distância é a medida sempre em módulo, o sentido do movimento deve ser único e positivo.

(b) O espaço final no deslocamento deve ter valor maior que o espaço inicial.

(c) Entre os instantes inicial e final, o móvel não deve mudar de sentido em seu percurso, mas pode estacionar em alguns locais do trajeto.

(d) As três afirmativas anteriores estão corretas.

(e) Somente duas das afirmativas anteriores estão corretas.

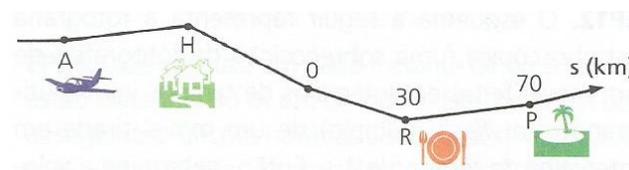
#9 O esquema apresentado a seguir mostra a trajetória de um automóvel de passeio realizada em várias etapas:

1ª etapa: do restaurante R até o parque temático P;

2ª etapa: de P até o aeroporto A;

3ª etapa: de A até o hotel resort H;

4ª etapa: de H até o marco zero (km 0).



De acordo com o exposto, calcule:

(a) o deslocamento total, de R até o marco zero;

(b) a distância percorrida na soma das 4 etapas.

Bibliografia

BONJORNO, J. R. et al. **Física: mecânica**, 1º ano. 2 ed. São Paulo: FTD, 2013.

FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, 2010. v.1.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; OLIVEIRA, V. S. **Ser protagonista: Física**, 1º ano: ensino médio. 2 ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

HOLZNER, S. **Física para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. **Conteúdo Básico Comum – Física** (2007). Educação Básica – Ensino Médio.



Aula 2 – Velocidade e Aceleração

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Tempo estimado	Avaliação
✓ Compreender o conceito de velocidade de um corpo, como rapidez. ✓ Compreender as unidades de medidas da velocidade (m/s e km/h). ✓ Compreender o conceito de aceleração e sua unidade de medida no SI.	✓ Velocidade. ✓ Aceleração.	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.

Pegando um “impulso”



Como vimos na aula anterior tudo se move. Mesmo as coisas que parecem estar em repouso. Elas movem-se relativamente ao Sol e às estrelas.

Enquanto você está lendo isto, está se movendo aproximadamente a 107000 km/h em relação ao Sol. E está se movendo ainda mais rapidamente em relação ao centro de nossa galáxia (871000 km/h). Quando discutimos o movimento de algo, descrevemos o movimento relativamente a alguma coisa. Se você caminha no corredor de um ônibus em movimento, sua rapidez em relação ao piso do ônibus provavelmente é completamente diferente de sua rapidez relativa à estrada. Quando dizemos que um carro de corrida alcança uma rapidez de 300 km/h, queremos dizer que tal rapidez é relativa à estrada. Lembre-se o movimento é relativo. E veremos que ele envolve conceitos de velocidade e aceleração.



Diálogo entre o Tempo e o Movimento

– Oh amigo Movimento! Chegará o momento em que finalmente terei de te parar. Já pensaste que, se não passo, tu não existes?

– Como?! Eu determino o fim de nós dois! Sem o movimento dos ponteiros, dos astros ou até da suave queda dos grãos de areia nas ampulhetas, não teriam como te encontrar...

– Nada disso, nobre amigo! Eu passo, a despeito de tudo... Apenas não teriam como me estimar.

– Mas, sem corpos em movimento, tudo estaria como antes...

– É verdade. Entretanto, quando nada muda, ficamos a esperar. E esperar nada mais é do que experimentar o tempo passar. Porém, existe apenas pelo que dizem de corpos em movimento: Estava aqui, depois ali e daqui a pouco não estará lá. Se não passo, deves comigo concordar, um corpo não estará em dois lugares.

– E se o rodopio da Terra cessar, o céu parar, os ventos não soprarem mais? Se não fosse o movimento, o que Aristarco, Kepler, Galileu, Newton e muitos outros iriam estudar?



- Bem, parece chegada hora de termos de concordar: somos igualmente importantes. Sinto pelo Espaço, que, pouco importante, fica sempre largado.
- Está enganado. Se há Movimento, Espaço e Tempo são importantes.
- Mas o que é o tal Espaço, senão o nada entre um instante e outro, quando, é lógico, um movimento se dá?
- Os pensadores dizem que o Movimento é o senhor do Espaço e do Tempo...
- Estou convencido! Só mesmo pela Velocidade e pela Aceleração é que devemos lamentar... Mas, se me permites, nobre amigo, sobre elas nem quero comentar.
- Cite os conceitos físicos apresentados no texto.
- É possível estabelecer uma relação entre tempo e movimento?
- Explique qual a importância apresentada para o “espaço”, que inicialmente foi julgado como largado.
- Existe realmente motivo para lamentar pela “velocidade” e “aceleração”?
- Você conseguiria estabelecer uma relação entre os conceitos físicos apresentados no texto? Qual seria essa relação?



Rapidez

A rapidez é uma medida de quão rapidamente alguma coisa se move, medida por uma unidade de distância dividida por uma unidade de tempo.

Qualquer combinação de unidades de distância e tempo é válida para medir rapidez: para veículos motorizados (ou distâncias grandes), as unidades de quilômetro por hora (km/h) ou milhas por hora (mi/h ou mph) são frequentemente usadas. Para distâncias mais curtas, metros por segundo (m/s) são unidades geralmente mais adequadas.

Velocidade

Na linguagem cotidiana, podemos usar as palavras rapidez e velocidade como sinônimos. Em Física, distinguimos as duas. Simplificadamente, a diferença é que velocidade é a rapidez numa determinada direção e sentido.

Velocidade é uma grandeza vetorial. Grandezas vetoriais são aquelas que para serem expressas corretamente necessitam mais do que apenas um valor numérico, ou seja, são caracterizadas por terem módulo, direção e sentido.





A velocidade mede a rapidez com que um objeto varia a sua posição no decorrer do tempo em relação ao referencial adotado.

Velocidade média – Mede a rapidez média do objeto ao longo do percurso. No cálculo da velocidade média só importam as posições inicial e final e os instantes inicial e final, não importando se houve paradas ou não. Ela é a razão entre o deslocamento escalar realizado por um móvel e o intervalo de tempo em que esse deslocamento ocorre.

A equação matemática que descreve a velocidade é:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Rightarrow v_m = \frac{s_f - s_i}{t_f - t_i}$$

Velocidade instantânea – A velocidade instantânea de um objeto no instante t é o módulo de sua velocidade média em um intervalo de tempo muitíssimo pequeno, portanto, Δt muito próximo de zero. Um bom exemplo de aplicação da velocidade instantânea é o valor indicado pelo velocímetro de um carro, pois registra a velocidade naquele momento, podendo no instante seguinte ser um valor maior, menor ou nulo.

Considerando que em 1 hora há 3600 segundos, podemos escrever: $\frac{3600 \text{ m}}{3600 \text{ s}} = \frac{3,6 \text{ km}}{1 \text{ h}}$. Assim, uma regra prática para a

conversão das unidades de medida da velocidade escalar é

dada por: $\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right) \leftarrow \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \rightarrow (\times 3,6)$ $\left(\frac{\text{km}}{\text{h}}\right) \rightarrow \left(\frac{\text{m}}{\text{s}}\right) \rightarrow (\div 3,6)$



Aceleração

Podemos alterar a velocidade de alguma coisa mudando a rapidez de seu movimento, ou mudando sua orientação ou mudando ambos, rapidez e orientação. O quão rapidamente muda a velocidade chama-se aceleração. Este termo aplica-se tanto para diminuição como para aumento na velocidade.

Estamos acelerados sempre que nos movimentamos numa trajetória curva, ainda que nos movamos com uma rapidez constante, porque nossa direção está mudando, assim nossa velocidade está mudando também. Definimos a aceleração como sendo a variação da velocidade, englobando as mudanças tanto na rapidez como na direção.

Aceleração média – É a grandeza que indica a variação da velocidade escalar em determinado intervalo de tempo. Matematicamente é definida como: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$..

Aceleração instantânea – É a grandeza que indica a aceleração de um corpo em cada instante do seu movimento.



No SI, a unidade da aceleração é $\frac{m}{s^2}$. Veja por que:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Rightarrow a = \frac{m/s}{s} \Rightarrow a = \frac{m}{s} \cdot \frac{1}{s} \Rightarrow a = \frac{m}{s^2}$$



→ “Ela se move com uma rapidez constante e numa direção constante”.

Diga a mesma sentença com menos palavras.

→ O velocímetro de um carro movendo-se para leste marca 100 km/h.

Ele passa por outro carro que se move para o oeste a 100 km/h.

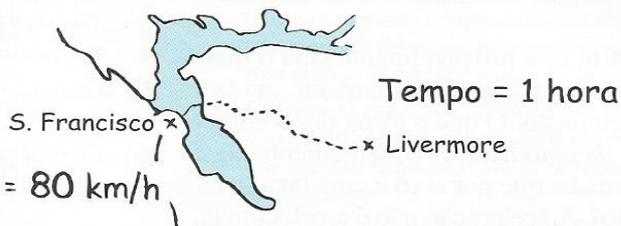
Ambos têm a mesma rapidez? Possuem a mesma velocidade?

→ Em 2,5 segundos um carro aumenta sua rapidez de 60 km/h para 65 km/h, em quanto tempo uma bicicleta vai do repouso para 5 km/h. Qual deles possui maior aceleração? Qual a aceleração de cada um deles?

Recordando!!!

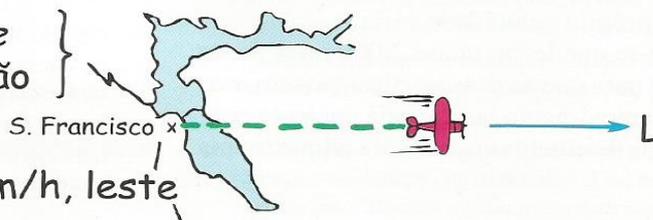
$$\text{Rapidez} = \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

$$\text{Rapidez} = \frac{80 \text{ km}}{1 \text{ h}} = 80 \text{ km/h}$$

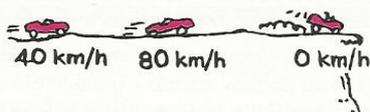


$$\text{Velocidade} = \left\{ \begin{array}{l} \text{rapidez e} \\ \text{orientação} \end{array} \right\}$$

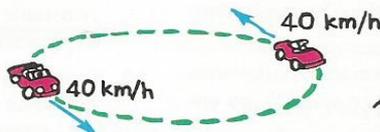
$$\text{Velocidade} = 300 \text{ km/h, leste}$$



$$\text{Aceleração} = \left\{ \begin{array}{l} \text{Taxa de} \\ \text{variação da} \\ \text{velocidade} \end{array} \right\} \text{ devido à } \left\{ \begin{array}{l} \text{variação em rapidez} \\ \text{e/ou orientação} \end{array} \right\}$$



Variação em rapidez mas *não* em orientação



Variação em orientação mas *não* em rapidez



Variação em rapidez e orientação



#AgoraéComVocês!



#1 Em uma estrada, o limite de velocidade é de 100 km/h. Pode ser multado um carro que esteja viajando a 30 m/s?

#2 Um ônibus partiu de São Paulo às 8 h e chegou a Santos às 9h20min. Sabendo-se que o espaço percorrido pelo ônibus de um terminal rodoviário a outro foi de 70 km. Determine a velocidade média desenvolvida pelo ônibus nessa viagem, em km/h, m/min e em m/s.

#3 O que significa dizer que a velocidade escalar média:

- (a) de um carro é de 50 km/h?
- (b) de um inseto é de 4 mm/min?
- (c) da luz no vácuo é de 300000 km/s?
- (d) do som no ar é de aproximadamente 330 m/s?

#4 O ruído de um trovão é ouvido num local 3 s depois de ver o raio. Considere que a velocidade do som no ar é de aproximadamente 330 m/s.

- (a) Qual é a distância, em metros, do local em que foi ouvido o trovão até o ponto em que o raio caiu?
- (b) Depois de quanto tempo uma pessoa ouvirá o trovão se ela estiver distante 1980 m do local atingido pelo raio?

#5 (Fatec SP/2003) Um carro faz uma viagem de São Paulo ao Rio. Os primeiros 250 km são percorridos com uma velocidade média de 100 km/h. Após uma parada de 30 minutos para um lanche, a viagem é retomada, e os 150 km restantes

são percorridos com velocidade média de 75 km/h. A velocidade média da viagem completa foi, em km/h:

- (a) 60 (b) 70 (c) 80 (d) 90 (e) 100

#6 Dragster é um veículo de corrida dotado de um motor projetado para provas de arrancadas em retas. A corrida de dragster é conhecida pelas grandes acelerações alcançadas: a aceleração de 0 a 100 km/h ocorre em menos de 1 segundo; ao cruzar a linha de chegada, a velocidade passa dos 530 km/h. Considere um dragster que, partindo do repouso atinge a velocidade de 540 km/h em 5 segundos, faça o que se pede:

- (a) Calcule a aceleração do dragster em unidades do SI.
- (b) Admita que, durante um corrida, um dragster desenvolva uma aceleração constante de módulo igual da aceleração obtida no item anterior e calcule, em km/h, a velocidade atingida 3 s após a largada.

#7 (Uespi-adaptado) Uma propaganda de um automóvel informa que, numa reta, ele vai de zero a 100 km/h em 10 segundos. Qual deve ser a sua aceleração, supondo que ela seja constante?

#8 O que você pode afirmar sobre as acelerações dos carros a partir das frases seguintes?

- (a) Os carros sofreram a mesma variação de velocidade.



(b) Os carros sofreram variações em suas velocidades no mesmo intervalo de tempo.

#9 Em qual destes casos ocorre maior aceleração: um carro que vai de 20 km/h a 100 km/h em 10 s ou um skatista que ao descer uma megarrampa vai de zero a 80 km/h em 8 s?

#10 (Pucmg) Dizer que um automóvel tem aceleração igual a $1,0 \text{ m/s}^2$ equivale a se afirmar que:

(a) a cada segundo sua velocidade aumenta de 3,6 km/h.

(b) a cada hora sua velocidade aumenta de 1,0 m/s.

(c) a cada hora sua velocidade aumenta de 60 km/h.

(d) a cada segundo sua velocidade diminui de $\frac{1}{3,6} \text{ km/h}$.

(e) a cada segundo sua velocidade diminui de 60 km/h.

Bibliografia

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; OLIVEIRA, V. S. **Ser protagonista: Física**, 1º ano: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contexto: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção física em contexto: pessoal, social, histórico; v. 1.)

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. **Conteúdo Básico Comum – Física** (2007). Educação Básica – Ensino Médio.



Aula 3 – Introdução a Composição de Movimento

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Apresentar os movimentos compostos como resultado de movimentos parciais e simultâneos; ✓ Justificar a independência do movimento de um corpo, segundo a horizontal e a vertical; ✓ Reconhecer a composição do movimento em algumas atividades do cotidiano. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Composição de movimento. 	Uma aula de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.

Defenestração – Luís Fernando Veríssimo

[...] Mas nenhuma palavra me fascinava tanto quanto defenestração. A princípio foi o fascínio da ignorância. Eu não sabia o seu significado, nunca me lembrava de procurar no dicionário e imaginava coisas. Tinha até um certo tom lúbrico. Galanteadores de calçada deviam sussurrar no ouvido das mulheres:

— Defenestras?

A resposta seria um tapa na cara. Mas algumas... Ah, algumas defenestravam.

Também podia ser algo contra pragas e insetos. As pessoas talvez mandassem defenestrar a casa. Haveria, assim, defenestradores profissionais.

Ou quem sabe seria uma daquelas misteriosas palavras que encerravam os documentos formais? "Nestes termos, pede defenestração..." Era uma palavra cheia de implicações. Devo até tê-la usado uma ou outra vez, como em:

— Aquele é um defenestrado.

Dando a entender que era uma pessoa, assim, como dizer? Defenestrada. Mesmo errada, era a palavra exata.

Um dia, finalmente procurei no dicionário. E aí está o Aurelião que não me deixa mentir. "Defenestração" vem do francês "defenestration". Substantivo feminino. Ato de atirar alguém ou algo pela janela.

Ato de atirar alguém ou algo pela janela!

Acabou a minha ignorância mas não a minha fascinação. Um ato como este só tem nome próprio e lugar nos dicionários por alguma razão muito forte. Afinal, não existe, que eu saiba, nenhuma palavra para o ato de atirar alguém ou algo pela porta, ou escada abaixo. Por que, então, defenestração?

Talvez fosse um hábito francês que caiu em desuso. Como o rapé. Um vício como o tabagismo ou as drogas, suprimindo o tempo.

— Les defenestrations. Devem ser proibidas.



— *Sim, monsieur le Ministre.*

— *São um escândalo nacional. Ainda mais agora, com os novos prédios.*

— *Sim, monsieur le Ministre.*

— *Com os prédios de três, quatro andares, ainda era admissível. Até divertido. Mas daí para cima vira crime. Todas as janelas do quarto andar para cima devem ter um cartaz: "Interdit de defenestrer". Os transgressores serão multados. Os reincidentes serão presos.*

Na bastilha, o Marquês de Sade deve ter convivido com notórios defenestres. E a compulsão, mesmo suprimida, talvez ainda persista no homem, como persiste na sua linguagem. O mundo pode estar cheio de defenestradores latentes.

— *É esta estranha vontade de atirar alguém ou algo pela janela, doutor...*

— *Hmm. O impulsus defenestrex de que nos fala Freud. Algo a ver com a mãe. Nada com o que se preocupar – diz o analista, afastando-se da janela.*

Quem entre nós nunca sentiu a compulsão de atirar alguém ou algo pela janela? A basculante foi inventada para desencorajar a defenestração. Toda a arquitetura

moderna, com suas paredes externas de vidro reforçado e sem aberturas, pode ser uma reação inconsciente esta volúpia humana, nunca totalmente dominada.

Na lua-de-mel, numa suíte matrimonial do 17º andar.

— *Querida...*

— *Mmmm?*

— *Há uma coisa que eu preciso lhe dizer...*

— *Fala, amor.*

— *Sou um defenestrador.*

E a noiva, na sua inocência, caminha para a cama:

— *Estou pronta para experimentar tudo com você. Tudo!*

Uma multidão cerca o homem que acaba de cair na calçada. Entre gemidos, ele aponta para cima e balbucia:

— *Fui defenestrado...*

Alguém comenta:

— *Coitado. E depois ainda atiraram ele pela janela!*

Agora mesmo me deu uma estranha compulsão de arrancar o papel da máquina e defenestrar esta crônica. Se ela sair é porque resisti.

É comum imaginar que Física e Literatura não partilham de nada em comum, contudo o autor da crônica foi muito feliz em utilizar um termo pouco conhecido defenestração. Não temos a intenção de atirar ninguém pela janela, contudo o fato de atirar ou lançar objetos é muito comum na Física e seu estudo tem aplicações tanto para indústria bélica quanto para corridas espaciais e até mesmo nos esportes. O que acaba tornando esse estudo uma das questões mais importantes da Cinemática.



Existe Física nos esportes?

Reúna-se com seus colegas e observe as fichas entregue por seu professor. Cada uma delas contém um resumo sobre uma modalidade de esporte.

→ Cite algumas das grandezas física que seu grupo acredita que estão relacionadas com a modalidade de esporte apresentada.

→ Existe algo em comum entre as modalidades de esportes que foram apresentadas?

→ Existe realmente alguma relação entre a Física e o esporte?

→ O que os esportes apresentados nas fichas possuem em comum com o termo defenestração?

→ E quanto a trajetória do objeto utilizado nas modalidades de esporte apresentada, existe alguma relação?

Nos esportes, encontramos uma série de situações envolvendo uma série de situações envolvendo movimentos que permitem a análise por meio das direções perpendiculares a eles associadas. O movimento de uma bola lançada por um atleta, por exemplo, pode ser estudado em relação aos deslocamentos nos eixos horizontal e vertical. Da mesma maneira, o movimento de um esportista de saltos ornamentais pode ser subdividido, para efeitos de estudos, nas direções desses eixos: enquanto o atleta desce verticalmente, se distancia horizontalmente do trampolim do qual saltou.

Movimentos desse tipo podem ser estudados como se fossem realizados de maneira independente nas duas direções. Fazendo isso, estaremos decompondo o movimento.



É comum em desenhos animados como, por exemplo, Tom e Jerry, Papa-Léguas e Coiote, Pica-Pau, Pernalonga e Patolino, Frajola e Piu-Piu entre outros, um personagem correndo atrás de outro sobre uma mesa ou perto de um precipício. Sem que percebam, a mesa ou o solo

“acaba” e ambos continuam um trecho em linha reta, na horizontal, e depois caem, na



vertical.

→ Em sua opinião, como deveria ser o movimento dos personagens?



Quando um objeto realiza um deslocamento que é resultante de vários movimentos componentes, cada um deles ocorre como se os demais não existissem.

Uma observação muito interessante pode ser feita a partir de um experimento. Se abandonarmos um corpo a determinada altura do solo e, simultaneamente, lançarmos na horizontal um segundo corpo, a partir da mesma altura, ambos chegam ao solo no mesmo instante. Esse fato foi observado por Galileu e descrito em seu livro *Diálogo sobre dois maiores sistemas do mundo*, em 1632, ao analisar a queda de uma bala de canhão do alto do mastro de um navio em movimento.

O fato de os corpos chegarem ao solo ao mesmo tempo demonstra que a componente horizontal da velocidade inicial não interfere no movimento vertical. Esse fato é conhecido como princípio da independência dos movimentos.

Galileu Galilei foi o primeiro a estudar com mais detalhes o lançamento de projéteis afirmando que a trajetória descrita por um objeto em tal movimento possui um formato parabólico.



CineFut

No intuito de aplicar o conhecimento adquirido, as atividades que se seguem serão desenvolvidas com base em um jogo que aborda o conteúdo de lançamento de projéteis.

Trata-se de um software em formato de jogo que utiliza o sensor de movimentos Kinect para a captura de comandos feitos pelo usuário. Para sua utilização três comandos são importantes, a saber, o braço direito escolhe o ângulo de lançamento, a perna direita chuta a bola e determina a velocidade inicial e o último, o braço esquerdo pausa o jogo. Ele é apresentado em quatro fases independentes e sua seleção se dá manualmente. Ainda é possível optar por uma visualização do sistema de coordenadas, a trajetória descrita pela bola, o vetor das componentes das velocidades e o vetor resultante.

FÓRMULAS:

$$x(t) = x_0 + v_0 \cdot \cos(40^\circ) \cdot t$$
$$y(t) = y_0 + v_0 \cdot \sin(40^\circ) \cdot t - \frac{(g \cdot t^2)}{2}$$

OBJETIVO:
Qual o ângulo inicial de lançamento para obter alcance máximo?



#AgoraéComVocês!



As atividades devem ser realizadas em grupo e observando a primeira fase do CineFut. Não se preocupem em vencer a etapa, mas em realizar as atividades propostas.

#1 Escolha três ângulos distintos para o lançamento da bola.

→ Todos atingiram o mesmo alcance?

→ E a altura para os três casos foi a mesma?

→ Faça em um único desenho as três trajetórias encontradas.

→ Para você existe uma relação entre altura e o ângulo de lançamento? E para o alcance e o ângulo? Explique seu pensamento.

#2 Agora escolha uma velocidade menor do que 9 m/s e repita a operação com os ângulos escolhidos no exercício anterior.

→ Houve alguma mudança na trajetória da bola?

→ Para você existe alguma relação entre a velocidade de lançamento e a trajetória da bola?

#3 Observe que a bola possui duas “setas”, essas setas na Física são chamados de vetores veremos isso mais a frente. O acontece com o comprimento e sentido da “seta” que fica na horizontal? E a que fica na vertical?

#4 O que acontece com o vetor da vertical quando a bola chega na altura máxima? Você teria uma explicação para esse fenômeno?

Bibliografia

BONJORNO, J. R. et al. **Física: mecânica**, 1º ano. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

DICIONÁRIO OLÍMPICO. **Modalidades**. Disponível em < <http://www.dicionarioolimpico.com.br/>>. Acesso em 25 jan. 2018.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; OLIVEIRA, V. S. **Ser protagonista: Física**, 1º ano: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contexto: pessoal, social e histórico: movimento, força, astronomia**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção física em contexto: pessoal, social, histórico; v. 1.)

SILVA, C. X.; BARRETO, B. F. **Física aula por aula: mecânica**. 1. ed. São Paulo: FTD, 2010. (Coleção física aula por aula; v. 1.)

VERÍSSIMO, L. F. **Comédias para se ler na escola**. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010.



ANEXOS

Atletismo – Lançamentos

No lançamento de dardo, o atleta corre para tomar impulso e usa uma pista de corrida e lançamento com 34,9m de comprimento e 4m de largura, fazendo um giro rápido com o corpo para lançar. O dardo sai das mãos do atleta com uma velocidade de 100km/h. A marca obtida pelo atleta é medida pelos juízes, desde o limite da zona de lançamento até ao primeiro ponto onde o dardo tocou no chão. No lançamento, o dardo precisa ser pego pela empunhadura e lançado por cima do braço levantado ou dos ombros. Além disso, é proibido ao atleta se virar completamente, de modo que seu rosto fique em direção contrária ao lançamento.

Disponível em <<http://www.dicionarioolimpico.com.br/atletismo/cenario/lancamento-de-dardo>>



Atletismo – Salto em Distância

O salto em distância é uma prova na qual os atletas devem percorrer uma raia da pista correndo e saltar, caindo com os dois pés em uma caixa de areia. O vencedor da prova é o atleta que conseguir saltar a maior distância. Para validar o seu salto, o atleta, que tem direito a três tentativas, deve dar o último passo e o salto antes de atingir uma linha branca marcada na raia.

Disponível em <<http://www.dicionarioolimpico.com.br/atletismo/cenario/salto-em-distancia>>

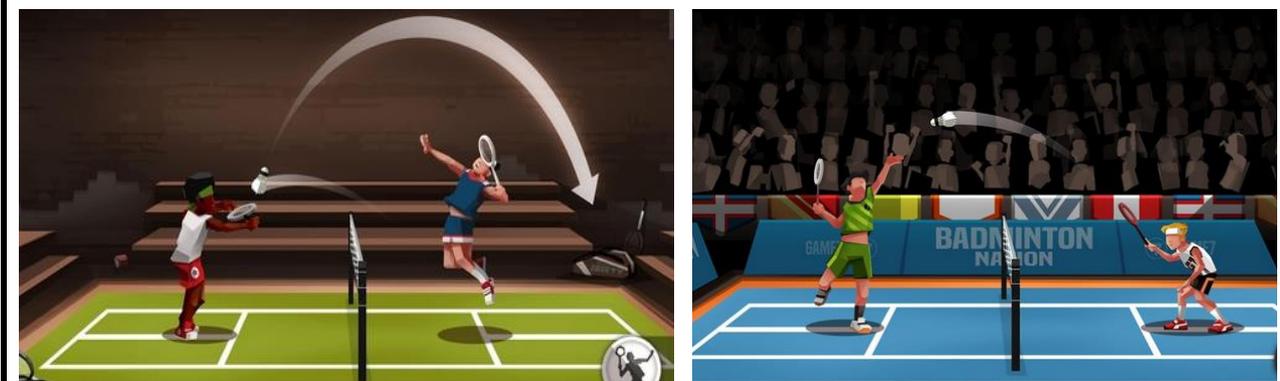




Badminton

O badminton é um esporte disputado nas modalidades simples e em duplas. O objetivo dos jogadores é o de golpear a peteca com a ajuda de uma raquete de modo a dificultar a recepção do adversário. Um jogador ou dupla marca um ponto quando a peteca atinge o chão da quadra adversária ou quando o oponente lança a peteca para fora dos limites da quadra. A peteca, ao ser golpeada pelos jogadores, pode atingir mais de 300 km/h. O jogo é dividido em *sets*. Os jogadores disputam pelo melhor resultado de 3 *sets*. Para vencer um *set* é necessário marcar 21 pontos com dois pontos de diferença do adversário. No entanto, caso haja empate em 29 pontos, o jogador ou dupla que marcar o ponto de número 30, vence o *set*. O jogo individual é disputado nas modalidades masculina e feminina. O jogo de duplas apresenta confrontos nas modalidades masculina, feminina e mista. Ainda que as marcações da quadra sejam as mesmas para os jogos de simples e de duplas, a área válida para o jogo de simples é de 13,4 X 5,18 m e, para o jogo de duplas, de 13,4 X 6,1m. A quadra é dividida por uma rede e possui linhas laterais de simples e de duplas, linhas de saque longo para simples e duplas, linhas de saque curto e uma linha central paralela às linhas laterais.

Disponível em < <http://www.dicionarioolimpico.com.br/badminton>>.





Voleibol

O voleibol é um esporte disputado por dois times que têm como objetivo lançar uma bola por cima de uma rede e fazer com que ela atinja o chão da quadra adversária, marcando, assim, um ponto. A quadra onde o jogo ocorre mede 18 X 9m e é dividida por uma rede, de modo que cada lado meça 9 X 9m. Cada time é formado por seis jogadores e ocupa um dos lados da quadra. Cada vez que recebem a bola, os times podem tocá-la apenas três vezes. O jogo é dividido por *sets* e intervalos entre os *sets*. Vence o jogo o time que, alcançando o número de pontos necessários, conquistar três *sets*. Disponível em < <http://www.dicionarioolimpico.com.br/voleibol>>.





Basquetebol

O basquetebol é um esporte de bola no qual dois times, com cinco jogadores cada, buscam marcar pontos ao converter cestas na quadra do time adversário. As cestas podem valer 1, 2 ou 3 pontos, dependendo da situação ou do local de onde partiu o arremesso. Os jogadores devem se movimentar pela quadra utilizando apenas as mãos para conduzir a bola, sendo que, ao se deslocar com a posse de bola, o jogador deve driblá-la. Durante a partida, as equipes fazem uso de uma série de fundamentos técnicos – como dribles, passes e arremessos – e ações táticas – diferentes sistemas de ataque e de defesa. No basquetebol, as partidas são divididas em quatro períodos de 10 minutos e não podem terminar empatadas. No caso de empate, o jogo tem tantos períodos suplementares de 5 minutos quanto forem necessários para que ele seja desfeito. Ganha a equipe que obtiver o maior número de pontos ao final do jogo. Nos Jogos Olímpicos desde Berlim 1936 com a disputa masculina e desde Montreal 1976 com a feminina, doze equipes disputam a medalha em cada categoria atualmente.

Disponível em < <http://www.dicionarioolimpico.com.br/basquetebol>>.





Futebol

O futebol é um esporte em que duas equipes com 11 jogadores se enfrentam com o objetivo de marcar o maior número de gols na meta da equipe adversária. À exceção do goleiro, não é permitido aos jogadores tocar a bola com as mãos. A partida se divide em dois tempos de 45 minutos e ganha o time que fizer mais gols. Em fases eliminatórias das Olimpíadas, caso os jogos terminem empatados, os times jogam 30 minutos de prorrogação. Se o empate persistir, o resultado do jogo é determinado pela cobrança de pênaltis. O futebol se tornou esporte olímpico em 1900, somente na modalidade masculina. A categoria feminina foi incluída em 1996, nos jogos de Atlanta. O campeonato masculino permite a participação de jogadores com, no máximo, 23 anos, sendo que apenas três integrantes do time podem ultrapassar essa idade. Na modalidade feminina, não há restrições de faixa etária.

Disponível em < <http://www.dicionariolimpico.com.br/futebol>>

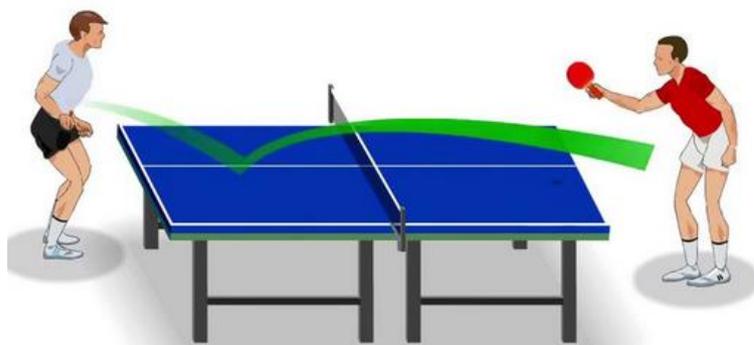




Tênis de Mesa

O tênis de mesa é um esporte disputado nas modalidades individual e por equipes. O objetivo dos jogadores é o de golpear a bola com a ajuda de uma raquete de modo a dificultar a recepção do adversário. Um jogador marca um ponto quando o adversário não consegue fazer a devolução da bola antes do segundo quique. A bola, ao ser golpeada pelos jogadores, pode atingir mais de 150km/h, fazendo com que o tênis de mesa seja um jogo de muita velocidade. O jogo é dividido em *sets*. Os jogos de simples são disputados pelo melhor resultado de 7 *sets*, enquanto os jogos de equipes são compostos por 5 jogos, sendo 4 de simples e 1 de duplas, e disputados pelo melhor resultado de 5 *sets*. Nas duas modalidades, para vencer um *set*, os jogadores precisam alcançar 11 pontos, com dois pontos de vantagem em relação ao adversário. O jogo ocorre em um ginásio, mas os golpes são executados sobre uma mesa, que deve medir 2,74m de comprimento X 1,72m de largura X 0,76m de altura. A mesa deve ser de cor escura e fosca e demarcada por linhas laterais, uma linha central paralela às linhas laterais, linhas de fundo e dividida por uma rede paralela às linhas de fundo.

Disponível em < <http://www.dicionariolimpico.com.br/tenis-de-mesa>>.

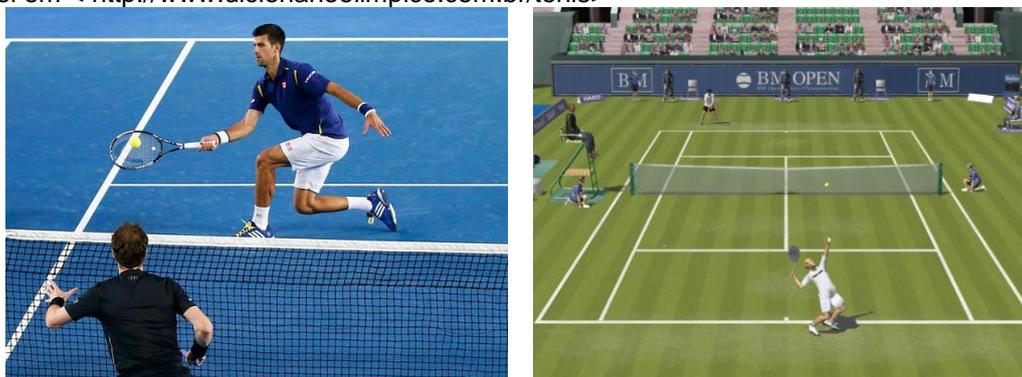




Tênis

O tênis é um esporte em que dois jogadores ou duas duplas se enfrentam com o objetivo de marcar pontos na quadra adversária ao golpear a bola com a ajuda de uma raquete. O jogo de simples, como é chamada a disputa individual, possui as modalidades masculina e feminina. O jogo de duplas apresenta confrontos nas modalidades masculina, feminina e mista. Após a bola passar para a quadra de um jogador ou de uma dupla, ela pode tocar o chão da quadra apenas uma vez antes de ser golpeada por um jogador. Assim, um jogador ou uma dupla marca um ponto quando o adversário não consegue golpear a bola antes do segundo quique na quadra, quando o adversário lança a bola para fora dos limites da quadra ou quando a bola toca a rede. Ainda que as marcações da quadra sejam as mesmas para os jogos de simples e de duplas, a área válida para o jogo de simples é de 23,77 X 8,23 m e, para o jogo de duplas, de 23,77 X 10,97 m. O jogo é dividido em *sets*. Durante os *sets*, os jogadores disputam *games* que são compostos por *rallys*. Para vencer o jogo, é necessário obter o melhor resultado de três *sets*, com exceção da final de simples masculina, que é disputada pelo melhor resultado de 5 *sets*.

Disponível em < <http://www.dicionariolimpico.com.br/tenis>>





Aula 4 – Um pouco de Matemática – Trigonometria e Vetores

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Tempo estimado	Avaliação
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resolver problemas que envolvam as razões trigonométricas seno e cosseno. ✓ Abordar o conceito de vetor como representação de um fenômeno que tem direção e sentido. ✓ Apresentar grandezas vetoriais por suas características e distingui-las das grandezas escalares. ✓ Decomposição de um vetor. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Trigonometria triângulo retângulo. ✓ Decomposição de vetores. 	<p>Duas aulas de 45 a 50 minutos.</p>	<p>Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.</p>

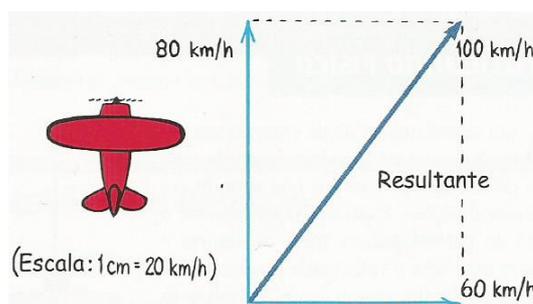
Vetores

Qualquer quantidade que requer tanto valor como direção e sentido para ser descrita de maneira completa é uma quantidade vetorial (ou grandeza vetorial). Exemplos de quantidades vetoriais incluem velocidade, aceleração e deslocamento. Diferentemente, uma quantidade que pode ser descrita apenas pelo seu valor ou magnitude, sem envolver direção e sentido é chamada de quantidade escalar (ou grandeza escalar). Massa, volume e rapidez são quantidades escalares.

Uma quantidade vetorial é representada de maneira facilitada através de uma flecha. Quando o comprimento da flecha for traçado em escala, a fim de representar o valor da quantidade, e a direção e o sentido da flecha indica a direção e o sentido da quantidade, nos referimos à flecha como um vetor.

Velocidade como vetores

Lembre-se que a diferença entre rapidez e velocidade é que rapidez é uma medida de “quão ligeiro” e velocidade é uma medida de quão ligeiro juntamente com “em que direção e sentido”. Se o velocímetro de um carro marca 100 km/h, você sabe a rapidez. Se existir uma bússola no painel de instrumentos, indicando que o carro está se movendo na direção norte, por exemplo, você sabe sua velocidade, 100 km/h para o norte. Saber sua velocidade é conhecer sua rapidez e sua direção e sentido.





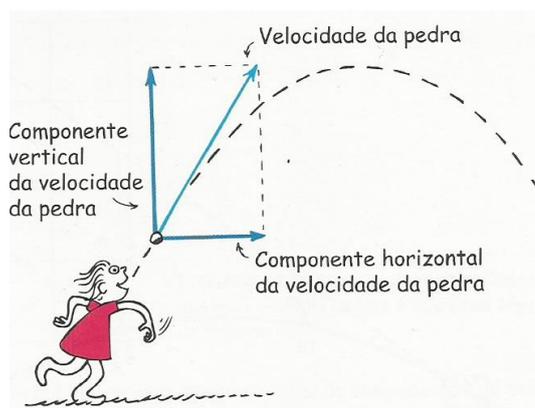
Considere um aeroplano voando na direção norte a 80 km/h em relação ao ar nas vizinhanças. Suponha que o avião seja apanhado por um vento que sopra formando um ângulo de 90° com sua direção. Se este exemplo for representado vetores numa escala de 1 cm para 20 km/h, temos que os 80 km/h são representados por um vetor de 4 cm, e o vento de través de 60 km/h pelo de 3 cm. A diagonal representada o resultado desse encontro, ou seja, essas duas velocidades atuando sobre o avião fazem ele se mover para um lugar diferente de sua rota. E mede 5 cm, o que representa 100 km/h em relação ao solo, numa direção entre norte e nordeste.



→ Considere um barco a motor que normalmente viaja 10 km/h na água parada. Se o barco for orientado, formando um ângulo reto com a correnteza, que também flui a 10 km/h, qual será sua velocidade em relação à margem?

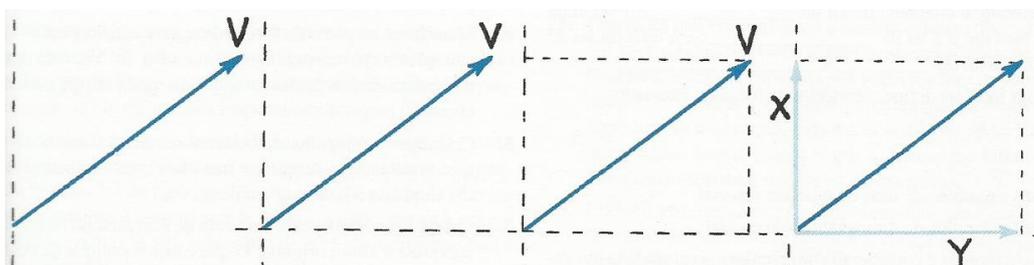
Componentes de vetor

Exatamente como dois vetores perpendicularmente podem ser combinados em um vetor resultante, qualquer vetor pode ao contrário ser “decomposto” em dois vetores componentes mutuamente perpendiculares. Estes dois vetores são conhecidos como as componentes daquele vetor que são capazes de substituir. O processo de determinação das



componentes de um vetor é conhecido como decomposição. Qualquer vetor desenhado numa folha de papel pode ser decomposto numa componente vertical e noutra horizontal.

Um vetor \vec{V} é desenhado na direção apropriada para representar uma quantidade vetorial. Então, linhas vertical e horizontal (eixos) são traçadas na cauda do vetor. Em seguida desenha-se um retângulo em que \vec{V} é a sua diagonal. Os lados desse retângulo são as componentes desejadas, os vetores \vec{X} e \vec{Y} . Por outro lado, note que a soma vetorial de \vec{X} com \vec{Y} é \vec{V} .





Recordando a Matemática

A Ciência e as condições de vida humana avançaram significativamente depois que a Ciência e a Matemática integraram-se. Quando as ideias da Ciência são expressas em termos matemáticos, elas não são ambíguas. As equações científicas proveem expressões compactas das relações entre os conceitos. Quando as descobertas sobre a natureza são expressas matematicamente, é mais fácil comprová-las ou negá-las através de experimentos. A estrutura matemática da Física está evidente em muitas equações.

Ângulos complementares – Quando a soma das medidas de dois ângulos é igual a 90° , os ângulos são denominados complementares.

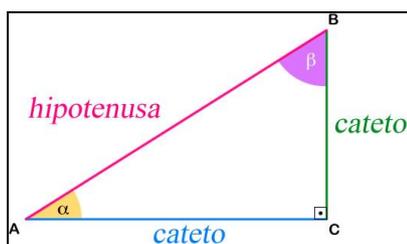
Ângulos suplementares – Quando a soma das medidas de dois ângulos é igual a 180° , os ângulos são denominados suplementares.



→ Quanto vale o triplo da medida do complemento do ângulo de medida igual a 72° ?

Triângulo retângulo – É a figura geométrica que ocupa o espaço interno limitado por três segmentos de reta que concorrem, dois a dois, em três pontos diferentes formando três lados e três ângulos internos que somam 180° . Os triângulos podem ser classificados conforme a relação entre seus lados ou entre seus ângulos. Quanto aos ângulos, o triângulo que possui um de seus ângulos medindo 90° é classificado como triângulo retângulo.

No triângulo retângulo, o lado oposto ao ângulo reto é chamado de hipotenusa e os outros, de catetos.



Os ângulos agudos de um triângulo retângulo são complementares.

$$\alpha + \beta = 90^\circ$$



#FicaDica



Relações trigonométricas no triângulo retângulo – As razões entre os lados de um triângulo retângulo são chamadas de razões trigonométricas.

	30°	45°	60°
SENO	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
COSENO	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{1}{2}$
TANGENTE	$\frac{\sqrt{3}}{3}$	1	$\sqrt{3}$

$$\text{sen } \alpha = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}$$

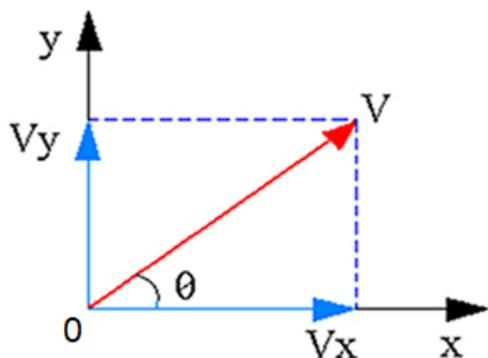
$$\text{cos } \alpha = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}$$

$$\text{tga} = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

Voltando para os vetores

Geralmente, um problema de Física fornece um ângulo e uma grandeza para definir um vetor; você mesmo tem que encontrar as componentes. A componente X é um escalar (um número, não vetor) e é escrito assim: v_x . A componente Y do vetor é v_y . Portanto, você pode dizer que $v = (v_x, v_y)$.

Mas como calcular o valor de cada componente? Para isso é necessário relacionar cada lado do triângulo retângulo. Observe na figura que a região formada por OVV_x é um triângulo retângulo e que a medida na vertical de V_x até V é igual ao V_y , assim



$$\text{sen } \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} \Rightarrow \text{sen } \theta = \frac{V_y}{V} \Rightarrow V \times \text{sen } \theta = V_y$$

$$\text{cos } \theta = \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} \Rightarrow \text{cos } \theta = \frac{V_x}{V} \Rightarrow V \times \text{cos } \theta = V_x$$

$$\begin{aligned} V_x = V \times \text{cos } \theta &\Rightarrow V_x = \frac{V_y}{\tan \theta} \\ V_y = V \times \text{sen } \theta &\Rightarrow V_y = V_x \times \tan \theta \\ V = \frac{V_y}{\text{sen } \theta} &\Rightarrow V = \frac{V_x}{\text{cos } \theta} \end{aligned}$$



#AgoraéComVocês!



As atividades devem ser realizadas em grupo e observando a terceira fase do CineFut.

#1 Na terceira fase do jogo você deve lançar a bola duas vezes com ângulos diferentes, mas que atinjam o mesmo alcance. Assim, você e sua equipe realizará esta atividade três vezes escolhendo ângulos de medidas aleatórias.

→ Anote todos os resultados encontrados, mesmo aqueles que não são as respostas corretas para vencer a fase.

→ Quais foram os ângulos escolhidos? Quais os resultados obtidos para vencer a fase?

→ Existe relação entre os resultados obtidos para vencer a fase e os valores que você e sua equipe escolheram?

#2 Para cada valor de ângulo utilizado no exercício anterior calcule a componente vertical e horizontal da velocidade, ou seja, v_x e v_y .

#3 Considere que a bola gaste aproximadamente 7 segundos para atingir o solo desde o momento em que foi lançada.

→ Calcule, para cada componente horizontal da velocidade, a distância percorrida pela bola.

→ Você encontrou alguma relação entre os resultados obtidos?



#ParaCasa!



#1 Cite três exemplos de uma grandeza vetorial e três exemplos de uma grandeza escalar.

#2 Por que a rapidez é considerada um escalar e a velocidade um vetor?

#3 O que é a regra do paralelogramo? De acordo com essa regra, a diagonal do paralelogramo representa que quantidade?

#4 Quando um par de vetores são perpendiculares entre si, a resultante é sempre maior que qualquer dos vetores separadamente?

#5 Um projétil é lançado em um ângulo de 75° com a horizontal e atinge o chão a uma certa distância horizontal. Com a mesma rapidez no momento do lançamento, para que valor de ângulo de lançamento esse projétil teria o mesmo alcance?

#6 Uma mesma bola é golpeada por cada um dos dois jogadores, e parte com a mesma velocidade, 3,5 m/s, mas uma delas formando 60° com a horizontal e a outra 30° também com a horizontal. Qual delas vai mais longe? Qual delas atinge primeiro o gramado? (Ignore a resistência do ar)



Bibliografia

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

HOLZNER, S. **Física para Leigos**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. **Conteúdo Básico Comum** – Matemática (2007). Educação Básica – Ensino Médio.

TRIÂNGULO. In: **Wikipédia**: a enciclopédia livre. Disponível em: <<https://pt.wikipedia.org/wiki/Tri%C3%A2ngulo>>. Acesso em: 28 jan 2018.



Aula 5 – Movimento Uniforme

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Tempo estimado	Avaliação
✓ Saber descrever o movimento de um corpo em movimento retilíneo uniforme. ✓ Resolver problemas envolvendo velocidade, deslocamento e tempo no movimento retilíneo uniforme.	✓ Movimento Uniforme.	Duas aulas de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.



O gol que o Pelé não fez!

Para começar nossa aula, assista a reportagem sobre um gol muito famoso do Pelé. O gol que ele não fez! Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=Xul9YKLLyT4>.

- Anote todas as informações que você puder que estão relacionadas com a Física.
- Dessas informações quais estão relacionadas com o que você já estudou ou tem estudado em Física.
- Como foi a trajetória feita Pela bola após o chute do Pelé? Você saberia nomeá-la?
- Considerando a distância alcançada e a velocidade inicial, você saberia encontrar o ângulo com que a bola foi lançada?

Pegando um “impulso”



Um dos fundamentos do futebol é o cruzamento. Nele, um jogador dá um chute de longa distância de tal modo que a bola, lançada no ar, caia na área do time adversário, de preferência nos pés ou na cabeça de um dos jogadores da sua equipe, que tentará marcar o gol.

O jogador de futebol não estuda Cinemática para cruzar a bola com eficiência. Isso se aprende na prática, com repetição e treino. Nas guerras é necessário realizar cálculos exatos a fim de tornar um ataque o mais eficaz possível. Um tiro de canhão ou um lançamento de míssil são algumas das situações em que diversas variáveis devem ser calculadas para que os alvos sejam atingidos.

Ambas as situações – a bola cruzada no campo e o projétil lançado de canhão – são exemplos do que em Física chamamos de **lançamento oblíquo**. Um arremesso de bola de basquete, um salto à distância, um lançamento de dardo também são exemplos de lançamentos oblíquos.

Os lançamentos oblíquos são situações que podem ser estudadas pelo princípio da independência dos movimentos, de Galileu. Para verificar como isso é possível, vamos



descobrir como uma bola cruzada deve ser chutada para que atinja a **distância máxima** ao tocar o solo.

Nesse caso, de acordo com o princípio da composição dos movimentos, de Galileu, o lançamento oblíquo pode ser considerado resultante da composição de dois movimentos que se realizam simultaneamente: um na horizontal (x) e outro na direção vertical (y).

A componente horizontal do movimento da bola mantém-se constante, pois nessa direção não existe aceleração. Logo, na direção horizontal o corpo realiza um movimento retilíneo e uniforme com velocidade \vec{V}_{0x} .

Desprezando a resistência do ar sobre a bola, sua trajetória será parabólica em relação a um observador na Terra, por causa da gravidade.



Movimento Retilíneo Uniforme (MRU)

Agora vamos estudar um tipo particular de movimento, em que o módulo da velocidade se mantém constante. A esse tipo de movimento dá-se o nome de movimento uniforme (MU). Se o movimento também for em linha reta e sempre no mesmo sentido, então será chamado de movimento retilíneo uniforme (MRU).

No movimento uniforme, as distâncias percorridas são iguais para intervalos de tempos iguais e a velocidade escalar instantânea é igual à velocidade escalar média em todos os instantes.

Assim, o estudo do movimento retilíneo uniforme de um ponto material se resume ao estudo da variação da posição desse ponto material com o tempo.

Função de posição de um móvel

A descrição dos movimentos retilíneos uniformes (MRU) é feita por meio de uma expressão matemática que descreve a posição de um objeto em função do tempo. A essa expressão dá-se o nome de função de posição ou equação horária da posição no MRU.

Essa é a função da posição de um móvel em movimento uniforme. Se a escolha do instante inicial for zero, isso significa que a contagem de tempo começa com o cronômetro zerado.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \Rightarrow v = \frac{S - S_0}{t - t_0} \quad (\text{fazendo } t_0 = 0) \Rightarrow v = \frac{S - S_0}{t - 0} \Rightarrow v = \frac{S - S_0}{t} \Rightarrow v \cdot t = S - S_0$$

$$S = S_0 + v \cdot t$$



Componente horizontal do movimento no lançamento oblíquo (MRU)

Como estamos estudando o lançamento oblíquo a função horária das posições que o MRU sofre uma pequena alteração, pois estamos trabalhando apenas com a componente horizontal da velocidade.

$$S = S_0 + v_{0x} \cdot t \Rightarrow (\text{como } v_{0x} = v_0 \times \cos \theta) \Rightarrow S = S_0 + (v_0 \times \cos \theta) \cdot t$$



Antes de continuarmos vamos praticar um pouco do que estamos estudando. Reunidos em grupo realizem a primeira fase do CineFut.

O objetivo dessa fase é lançar a bola de modo que ela atinja a maior distância possível. Para isso cada grupo terá três tentativas para realizar a tarefa.

→ Anote os valores dos ângulos que vocês escolheram.

→ Observe o vetor da componente horizontal da velocidade para cada lançamento, o que se pode dizer a seu respeito?

→ Considerando que a velocidade inicial de lançamento foi de 9 m/s, calcule v_{0x} para cada um dos ângulos que vocês escolheram.

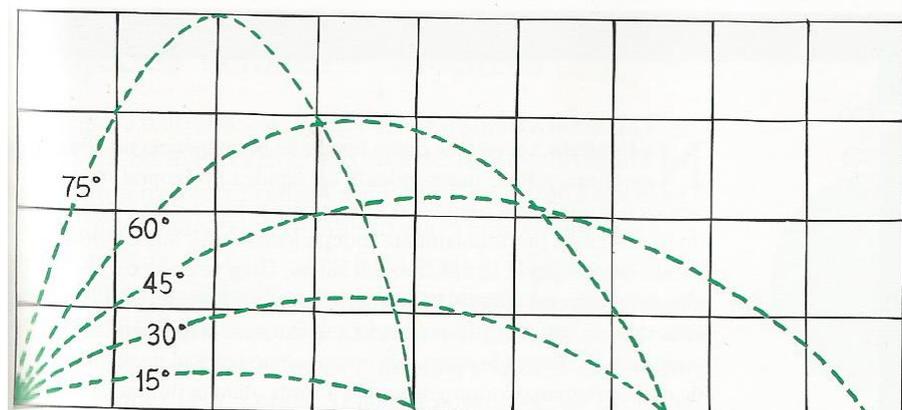
→ Conte quantos segundos, aproximadamente, a bola permanece em movimento e estime a distância percorrida para cada ângulo de lançamento.

→ Sua equipe conseguiu vencer a fase? Qual foi o valor do ângulo de lançamento?

Alcance máximo

A distância horizontal entre o ponto de lançamento e o ponto de queda do corpo é denominada alcance e é máxima quando o ângulo de lançamento é igual a 45° . Alcances menores são obtidos para quaisquer outros ângulos de lançamento. Vale lembrar, que para isso o ponto de partida e de chegada o objeto deve estar sobre o mesmo nível.

Um mesmo alcance pode ser obtido, com a mesma velocidade inicial, quando se utilizam dois ângulos de lançamento diferentes que são complementares, ou seja, dois ângulos cuja soma é 90° .



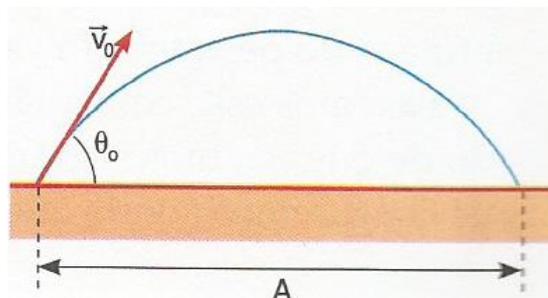


#AgoraéComVocês!



#1 Uma pedra é arremessada com um certo ângulo. O que acontece com a componente horizontal de sua velocidade enquanto ela está subindo? E enquanto está descendo?

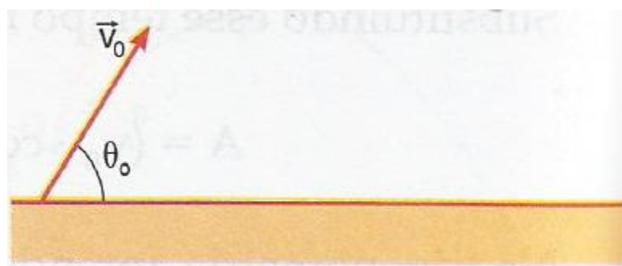
#2 Num local em que $g = 10 \text{ m/s}^2$, uma partícula é lançada a partir do solo com velocidade \vec{v}_0 , formando um ângulo θ_0 com a horizontal, como ilustra a figura ao lado. Sabendo que $v_0 = 20 \text{ m/s}$, $\text{sen}\theta_0 = 0,60$ e $\text{cos}\theta_0 = 0,80$, calcule o alcance da partícula.



#3 Numa região em que $g = 10 \text{ m/s}^2$, uma partícula é lançada a partir do solo com velocidade \vec{v}_0 formando um ângulo θ_0 com a horizontal, como ilustra a figura. Sabendo que $|\vec{v}_0| = 40 \text{ m/s}$, pede-se:

→ Para que valor de θ_0 o alcance será máximo?

→ Qual é o valor do alcance máximo?



#4 (Unicamp-SP) Ao bater o tiro de meta, um goleiro chuta a bola parada de forma que ela alcance a maior distância possível. No chute, a bola atinge o campo a uma distância de 40 m. Despreze a resistência do ar e considere $g = 10 \text{ m/s}^2$.

→ Qual o ângulo de tiro do chute do goleiro?

→ Qual a intensidade do vetor velocidade inicial da bola?

#5 Voltando a falar sobre o gol que o Pelé não fez. Agora você saberia calcular qual foi o ângulo com que a bola foi lançada?

#6 A função horária das posições de um ciclista em MRU é $S = 200 - 5t$, no SI.

→ Determine o instante em que o ciclista passa pela origem das posições.

→ Esboce essa trajetória e represente a posição do ciclista nos instantes 0 e 30s.



Bibliografia

BONJORNO, J. R. et al. **Física:** mecânica, 1º ano. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; OLIVEIRA, V. S. **Ser protagonista:** Física, 1º ano: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

HEWITT, P. G. **Física conceitual.** Tradução Trieste Freire Ricci e Maria Helena Gravina. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

MIRANDA, W. O gol que Pelé não fez. **YouTube.** 20 jul 2014. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=Xul9YKLLyT4>>. Acesso em 28 jan 2018.

SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S. **Universo da Física:** mecânica. 2. ed. São Paulo: Atual, 2005. (Coleção ensino médio Atual; v. 1).

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. **Conteúdo Básico Comum** – Física (2007). Educação Básica – Ensino Médio.



Aula 6 – Movimento Uniformemente Variado

Objetivos	Conteúdos trabalhados	Tempo estimado	Avaliação
✓ Caracterizar movimento uniformemente variado. ✓ Resolver problemas envolvendo aceleração, velocidade, deslocamento e tempo no movimento uniformemente variado.	✓ Movimento Uniformemente Variado.	Duas aulas de 45 a 50 minutos.	Questões que serão propostas no decorrer da aula e uma lista de exercícios.



Duelo de cobranças de falta

Para começar nossa aula, assista ao vídeo onde os jogadores da Seleção Brasileira treinam cobranças de falta, na Granja Comary. A brincadeira aconteceu entre Neymar, Marcelo, David Luiz e Daniel Alves. Disponível em <https://www.youtube.com/watch?v=gHY3QS1ONRg>.

- Anote todas as informações que você puder que estão relacionadas com a Física.
- Dessas informações quais estão relacionadas com o que você já estudou ou tem estudado em Física.
- O que deve ser levado em consideração na cobrança de falta? Sabemos que muito treino realmente ajuda, mas estamos falando dos conceitos de física.
- Já parou para se perguntar por que a bola sobe até certa altura e depois começa a descer? Você saberia explicar?
- O ângulo de lançamento faz diferença em uma situação como essa? Como?

Pegando um “impulso”



Já conhecemos o lançamento oblíquo e sabemos que de acordo com o princípio da composição dos movimentos de Galileu, este lançamento pode ser considerado resultante da composição de dois movimentos que se realizam simultaneamente: um na horizontal (x) e outro na direção vertical (y).

A componente vertical do movimento da bola executa um movimento exatamente igual ao movimento de um corpo lançado verticalmente para cima sob a ação da gravidade. Logo, na direção vertical o corpo realiza um movimento uniformemente variado com velocidade inicial igual a \vec{V}_{0y} e aceleração igual à aceleração \mathbf{g} da gravidade.

Assim, antes de continuar nosso estudo no lançamento oblíquo é importante conhecer as características do MUV.



Movimento Uniformemente Variado (MUV)

Sabemos que no UM a velocidade se mantém constante levando a uma variação constante da posição com o passar do tempo. Seguindo este raciocínio, temos que MUV ainda existe uma uniformidade, ou seja, para este movimento a aceleração é constante. O que leva a uma variação da velocidade com o passar do tempo.

Como a aceleração é uma grandeza que pode assumir valores positivos ou negativos, isso significa que no MUV o módulo da velocidade aumenta ou diminui valores iguais em intervalos de tempos iguais.

Função horária da velocidade no MUV

Com no MUV a aceleração instantânea de um corpo é igual à aceleração média,

$$\text{temos: } a = a_m = \frac{v - v_0}{t - t_0}.$$

Se o instante inicial t_0 for nulo, teremos: $a = \frac{v - v_0}{t - 0} \Rightarrow v - v_0 = a \cdot t.$

Assim, obtemos a equação horária da velocidade no MUV, dada por:

$$v = v_0 + a \cdot t$$

Com essa equação podemos obter os valores da velocidade v em qualquer instante t .

Função horária da posição no MUV

A função da velocidade no MUV permite obter os valores da velocidade de um corpo em um instante qualquer, mas não fornece informação alguma sobre sua localização no espaço. Para conseguir essa informação, vamos utilizar uma nova função do MUV, conhecida como função horária da posição.

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{a \cdot t^2}{2}$$

Equação de Torricelli

Em muitos casos é necessário relacionar as grandezas velocidade, aceleração e deslocamento sem que o intervalo de tempo seja conhecido. Para isso, usamos uma equação conhecida como equação de Torricelli, deduzida a seguir.

Elevando ao quadrado ambos os membros da equação horária da velocidade, temos:

$$v^2 = (v_0 + at)^2 \Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2v_0 at + a^2 t^2 \Rightarrow v^2 = v_0^2 + 2a \left(v_0 t + \frac{at^2}{2} \right)$$



Pela função horária da posição, temos que $\Delta S = v_0 t + \frac{at^2}{2}$. Assim, substituindo o termo

$v_0 t + \frac{at^2}{2}$ por ΔS na equação acima, obtemos a equação de Torricelli:

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$

Note que a equação de Torricelli não envolve a grandeza tempo, não sendo, portanto, uma função horária.

Componente vertical do movimento no lançamento oblíquo (MUV)

Como estamos estudando o lançamento oblíquo a função horária da velocidade e posição que o MUV apresenta sofrem uma pequena alteração, uma vez que estamos trabalhando apenas com a componente vertical da velocidade.

$$S = S_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2} \Rightarrow h = h_0 + v_{0y} t - \frac{gt^2}{2} \quad v = v_0 + at \Rightarrow v_y = v_{0y} - gt$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S \Rightarrow v_y^2 = v_{0y}^2 - 2g\Delta h$$



Agora é sua vez de ir para a cobrança de falta! Antes de continuarmos vamos praticar um pouco do que estamos estudando. Reunidos em grupo resolvam a segunda fase do CineFut.

O objetivo dessa fase é fazer um gol considerando que a bola se encontra a 2,5 m da barreira que possui 1,75 m de altura e que se encontra a 3 m do gol. Para isso cada grupo terá três tentativas para realizar a tarefa.

→ Anote os valores dos ângulos que vocês escolheram.

→ Observe o vetor da componente vertical da velocidade para cada lançamento, o que se pode dizer a seu respeito?

→ Calcule v_{0y} para cada um dos ângulos e velocidades que vocês escolheram.

→ Sua equipe conseguiu vencer a fase?

→ Qual foi a estratégia que vocês utilizaram?



Algumas observações

→ O intervalo de tempo na subida é igual ao intervalo de tempo na descida até no nível do lançamento, uma vez que a aceleração que freia o corpo durante a subida é a mesma que acelera na descida, ao longo do espaço percorrido.

→ No ponto de altura máxima o módulo da velocidade da componente vertical é nula, porém existe a componente horizontal, que continua constante, desconsiderando-se a resistência do ar.

→ A altura máxima alcançada pelo móvel será tanto maior quanto maior for o ângulo de lançamento.



#AgoraéComVocês!



#1 Uma pedra é arremessada com um certo ângulo. O que acontece com a componente vertical de sua velocidade enquanto ela está subindo? E enquanto está descendo?

#2 Após sofrer uma falta, um jogador de futebol de praia fica encarregado de chutar a bola a gol. Para encobrir a barreira, tenta fazer com que a bola descreva uma trajetória parabólica. Após o chute, a bola é lançada obliquamente, com velocidade $v_0 = 30 \text{ m/s}$. despreze a interferência do ar e considere a bola uma partícula lançada obliquamente em

relação ao solo, com $\theta = 45^\circ$, $\text{sen}45^\circ = \text{cos}45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$ e $\sqrt{2} \approx 1,4$. Nessas condições,

determine:

→ As componentes horizontal e vertical da velocidade inicial.

→ As funções horárias das posições segundo os eixos horizontal e vertical.

→ O tempo utilizado pela bola desde o lançamento até atingir a altura máxima.

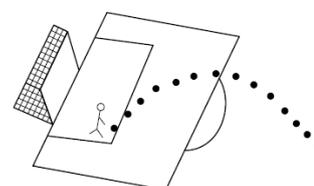
→ A altura máxima que a bola consegue atingir.

→ O tempo necessário para a bola chegar ao solo após o lançamento.

→ O alcance atingido pela bola.

#3 Um goleiro chuta uma bola que descreve um arco de parábola, como mostra a figura ao lado. No ponto em que a bola atinge a altura máxima, pode-se afirmar que:

- a) a velocidade da bola é máxima;
- b) a aceleração do movimento da bola é nula;
- c) a componente vertical da velocidade é nula;
- d) a componente vertical da velocidade é máxima;
- e) nada se pode afirmar sobre as energias, pois não conhecemos a massa da bola.





Bibliografia

BONJORNO, J. R. et al. **Física: mecânica**, 1º ano. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M.; OLIVEIRA, V. S. **Ser protagonista: Física**, 1º ano: ensino médio. 2. ed. São Paulo: Edições SM, 2013.

LANCE. Jogadores da Seleção Brasileira travam duelo de cobranças de falta. **YouTube**. 5 jun 2014. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=gHY3QS1ONRg>>. Acesso em 28 jan 2018.

SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. **Conteúdo Básico Comum – Física** (2007). Educação Básica – Ensino Médio.