



SALOMÃO MEGDA MARINHO

**CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM GAMIFICAÇÃO
PARA O ESTUDO DE LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação e Produto apresentados como parte dos requisitos para Defesa de Título de Mestre pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física/MNPEF, polo 28, Universidade Federal de Alfenas/MG. Linha de Pesquisa: Física no Ensino Médio.

Orientadora: Profa. Dra. Cristiana Schmidt de Magalhães.

ALFENAS – MG

2022

CRIAÇÃO E APLICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA
COM GAMIFICAÇÃO PARA O ESTUDO DE LANÇAMENTO DE
PROJÉTEIS NO ENSINO MÉDIO

Salomão Megda Marinho

Orientadora: Dra. Cristiana Schmidt de Magalhães

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

Aprovado por:

Dra. Cristiana Schmidt de Magalhães

Dr. **XXXXX**

Alfenas, MG

Fevereiro de 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me capacitar ao fazer este trabalho.

Agradeço ao corpo docente do Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física, que sempre foram solícitos e disponíveis em ajudar e transmitir o conhecimento necessário para minha formação.

Agradeço, principalmente à minha orientadora professora Dra. Cristiana Schmidt de Magalhães, que sempre se mostrou disponível, paciente, responsável e que conduziu o andamento deste trabalho brilhantemente. A professora se mostrou um grande ser humano e que vou levar para sempre na minha memória. Que Deus possa retribuir ela.

Por fim, agradeço minha família, minha mãe Rogéria Comuniam Megda, meu pai Samuel Azevedo Marinho, meus irmãos Lucas Megda Marinho e Davi Megda Marinho, que sempre me serviram de suporte para realizar este trabalho. Agradeço a todos que de alguma forma torceram e me ajudaram ao concluir este trabalho. Que Deus possa abençoar a todos.

Dedico este trabalho a Deus, que segundo minha fé sempre esteve comigo em todos os momentos da realização deste trabalho. Dedico também à minha família, meus pais Samuel Azevedo Marinho e Rogéria Comuniam Megda, e aos meus irmãos Davi Megda Marinho e Lucas Megda Marinho.

RESUMO

O presente trabalho trata-se da construção e aplicação de uma sequência didática sobre lançamento de projéteis no Ensino Médio com o uso da gamificação como estratégia de ensino. O trabalho relata a construção e a aplicação desta sequência didática. O trabalho utiliza-se da teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, pois no Ensino Médio, o predominante ainda é a aprendizagem mecanicista, puramente memorística. Portanto, a sequência didática construída pretendeu ser potencialmente significativa, com intuito do aluno aprender com significado. A sequência didática, inicialmente, pretendeu levantar o conhecimento prévio do aluno sobre cinemática. Posteriormente seu objetivo principal foi ensinar a física do lançamento de projéteis. A sequência didática consistiu de sete aulas, com duração de cinquenta minutos cada. Em cada aula utilizamos a ferramenta da gamificação, a fim de motivar e engajar os alunos. A gamificação consiste em utilizar a dinâmica e a estrutura de jogos e neste trabalho utilizamos para promover uma motivação extrínseca nos alunos. A sequência construída se mostrou potencialmente significativa, e os alunos tiveram uma pré-disposição para aprender.

Palavras chave: aprendizagem significativa, lançamento de projéteis, gamificação.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Avaliação da primeira atividade	74
Tabela 2 - Avaliação da segunda atividade	76
Tabela 3 - Avaliação da terceira atividade	81
Tabela 4 - Avaliação da quarta atividade	83
Tabela 5 - Avaliação da quinta atividade	87
Tabela 6 - Avaliação da sétima atividade	90

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** - A trajetória de um corpo projetado horizontalmente de uma certa elevação em relação ao solo, em um meio não resistente, é uma parábola.....24
- Figura 2** - Um trecho da extensa Avenida Ipiranga, localizada na cidade de Porto Alegre, obtido com o software Google Earth.....26
- Figura 1** - O deslocamento d de um corpo, ao percorrer as trajetórias C1 e C2, entre os pontos A e B.....27
- Figura 4** - Um diagrama conceitual de Cinemática..... 29
- Figura 5** - Uma representação esquemática do movimento de um carro, com velocidade constante, numa trajetória retilínea31
- Figura 6** - Uma representação esquemática do movimento de um carro, com velocidade constante, numa trajetória retilínea.....33
- Figura 7** - À esquerda, o gráfico $x \times t$ representando um MRU com velocidade positiva. À direita, o gráfico $x \times t$ representando um MRU com velocidade negativa..... 36
- Figura 8** - O gráfico $x \times t$ representando o movimento de dois objetos ao longo da mesma direção..... 37
- Figura 9** - À esquerda, o gráfico $v \times t$ representando um MRU com velocidade positiva. À direita, o gráfico $v \times t$ representando um MRU com velocidade negativa.....38
- Figura 10** - O gráfico $v \times t$ representando o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.....39
- Figura 11** - À esquerda, o gráfico $v \times t$ representando um MRUV com velocidade positiva. À direita, o gráfico $v \times t$ representando um MRUV com velocidade negativa. 40
- Figura 12** - O gráfico $v \times t$ para o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.....41
- Figura 13** - À esquerda, o gráfico $a \times t$ representando um MRUV com aceleração positiva. À direita, o gráfico $a \times t$ representando um MRUV com aceleração negativa.....42
- Figura 14** - O gráfico $a \times t$ para o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.....43
- Figura 15** - À esquerda, o gráfico $x \times t$ representando um MRUV com aceleração positiva. À direita, o gráfico $x \times t$ representando um MRUV com aceleração negativa....44
- Figura 16** - Observe que a componente horizontal da velocidade permanece constante...45

Figura 17 - Uma bola é deixada a cair do repouso no mesmo instante que a outra bola é lançada horizontalmente para a direita.....	46
Figura 18 - A bola sempre acerta na lata que está caindo, já que as duas percorrem a mesma distância h , em queda livre.....	47
Figura 19 - Sumário do livro Araribá mais Ciências, Unidade Força e Movimento.....	52
Figura 20 - Plataforma do PhetColorado.....	62
Figura 21 - Interface da simulação do PhetColorado.....	63
Figura 22 - Atividade de queda livre, encontrando o valor da aceleração da gravidade.....	71
Figura 23 - Aula expositiva sobre lançamento de projéteis.....	71
Figura 24 - Interface da simulação do Phetcolorado.....	72
Figura 25 - aula expositiva sobre conceitos básicos de cinemática.....	74
Figura 26 - “Print” dos dados da corrida do grupo 2.....	77
Figura 27 - “Print” dos dados da corrida do grupo 3.....	77
Figura 28 - Print dos dados da corrida do grupo 4.....	77
Figura 29 - atividade de queda livre respondida pelo grupo 1.....	79
Figura 30 - atividade de queda livre respondida pelo grupo 2	80
Figura 31 - atividade de queda livre respondida pelo grupo 2.....	81
Figura 32 - Alunos fazendo cálculos.....	82
Figura 33 - Exemplo de atividade feita com sucesso.....	84
Figura 34 - interface do lançamento de projéteis.....	85
Figura 35 -Simulação do PhetColorado, calculando o alcance horizontal D	85
Figura 36 - Resposta satisfatória do grupo 6 no sexto questionário.....	86
Figura 37 - Atividade feita pelos alunos com aparato experimental.....	90

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1	TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA.....	12
3.	GAMIFICAÇÃO.....	14
3.1	GAMIFICAÇÃO E AUSUBEL.....	15
3.2	A GAMIFICAÇÃO.....	18
4.	FÍSICA ENVOLVIDA.....	20
4.1	HISTÓRIA DO LANÇAMENTO OBLIQUO.....	20
4.2	GALILEU E O MOVIMENTO	21
4.3	GALILEU E O MOVIMENTO DE PROJÉTEIS.....	23
4.4	FÍSICA ENVOLVIDA – A CINEMÁTICA.....	24
4.4.1	O CONCEITO DE PONTO MATERIAL E SISTEMA DE REFERÊNCIA	25
4.4.3	OS CONCEITOS DE DESLOCAMENTO E DISTÂNCIA PERCORRIDA	27
4.4.4	OS CONCEITOS DE ACELERAÇÃO MÉDIA E ACELERAÇÃO INSTANTÂNEA.....	28
4.4.6	ALGUMAS SIMPLIFICAÇÕES PARA ESTUDAR O MOVIMENTO	30
4.5.1	A VELOCIDADE EM FUNÇÃO DO TEMPO.....	33
4.5.2	A POSIÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO	34
4.5.3	A VELOCIDADE EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO	34
4.7.1	DUAS BOLAS DE GOLFE.....	46
4.8	ANÁLISE DO MOVIMENTO DE UM PROJÉTIL	47
5.	A CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	50
5.2	PROPOSIÇÕES	50
5.3	A IDENTIFICAÇÃO DOS SUBSUNÇORES RELEVANTES À APRENDIZAGEM DAQUELE CONTEÚDO.....	51
5.4	O DIAGNÓSTICO DO QUE O ALUNO JÁ SABE	53
5.5	O RECONHECIMENTO DE QUE O CONTEÚDO DEVE SER ORGANIZADO CONSIDERANDO OS PRINCÍPIOS DE DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA.	53
6.	OBJETIVOS	55
7.	METODOLOGIA	56
8.	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	57
8.1	PRIMEIRA AULA.....	57
8.3.1	DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA AULA:	57

8.2 SEGUNDA AULA.....	58
8.2.1 DESCRIÇÃO DA SEGUNDA AULA	59
8.2.2 IDEIA ORIGINAL DA SEGUNDA AULA.....	59
8.3 TERCEIRA AULA	60
8.4 QUARTA AULA	61
8.4.1 DESCRIÇÃO DA QUARTA AULA:.....	61
8.4 QUINTA AULA.	61
8.5.1 DESCRIÇÃO DA QUINTA AULA	62
8.6 SEXTA AULA.....	63
8.6.1 DESCRIÇÃO DA SEXTA AULA.....	63
8.7 SÉTIMA AULA.....	65
8.7.1 DESCRIÇÃO DA SÉTIMA AULA.....	65
9. RESULTADOS E DISCUSSÕES	67
9.1 DESCRIÇÃO GERAL.....	69
9.2 DESCRIÇÃO AULA POR AULA	73
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92
ANEXO A – QUESTIONÁRIOS	93
REFERENCIAS.....	101

1. INTRODUÇÃO

Esta dissertação e seu produto, têm como tema central o lançamento de projéteis (lançamento oblíquo) que está na grade curricular dos alunos do primeiro e do terceiro ano do Ensino Médio. O tema se enquadra como sendo um dos tópicos de cinemática. O tema escolhido tem muitas aplicações no cotidiano, por exemplo, em vários esportes. Portanto, pretende-se ensinar lançamento oblíquo de uma forma ligada ao cotidiano dos alunos, despertando o interesse destes.

A aplicação mais antiga do lançamento oblíquo é o poder bélico. Desde a antiguidade, os instrumentos bélicos são estudados, com vista a trajetória parabólica que os projéteis fazem para acertar seus alvos. Também está presente no vôlei, futebol, basquete, golfe, lançamento de dardos, salto em distância, etc.. Contudo, o tema é abordado de maneira muito matematizada para os alunos do Ensino Médio. A abordagem desta sequência didática pretende relacionar a teoria do lançamento de projéteis, com suas aplicações no cotidiano.

A sequência didática foi construída de forma que, primeiramente, as primeiras aulas pretendem ensinar conceitos básicos de cinemática escalar. Esses conceitos são: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, deslocamento, velocidade (velocidade média e velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração, movimento retilíneo uniformemente variado, vetores e cinemática vetorial. Após os alunos terem contato com estes conceitos, as últimas aulas da sequência didática abordaram o Lançamento de Projéteis. Esse tema já foi lecionado por mim na rede privada de ensino de Alfenas, no primeiro ano do Ensino Médio. Na ocasião, foi observado pessoalmente, que lançamento de projéteis é um tema em cinemática que os alunos têm dificuldades em aprender, contudo é um tópico atrativo e motivador para os alunos. Portanto, é um tema complexo, porém atrativo e com muitas aplicações no cotidiano.

Lançamento de projéteis é um tópico que é cobrado em vestibulares e no ENEM. Portanto, a sequência didática pretende passar o conhecimento necessário, inclusive o matemático, para que os alunos façam um bom exame.

No Ensino Médio, especificamente no Ensino de Física ocorre a aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2010). Este produto, porém, se baseia na Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 2000) como referencial teórico.

Utilizaremos também a gamificação na tentativa de engajar e motivar os alunos, de forma a aprenderem de maneira significativa o conteúdo.

A sequência didática terá sete aulas ao total, com duração de cinquenta minutos cada. Este produto foi destinado aos professores de Física do Ensino Médio. A sequência pode ser aplicada por estes professores em qualquer ano do Ensino Médio.

Utilizaremos nesta sequência, espaços como quadras de esportes, sala de aula, laboratório de informática. Também será utilizado aplicativos em “smartphones”, simulações “online” e aparato experimental.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

A sequência didática construída a seguir tem como referencial teórico a Aprendizagem Significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 2000). Nas escolas, de modo geral, continuam promovendo a aprendizagem mecânica, puramente memorística, do que a significativa (MOREIRA 2010). Principalmente, no Ensino Médio, e especificamente, no Ensino de Física, os conteúdos são passados de maneira expositiva, e o aluno precisa decorar fórmulas, ou seja, é uma aprendizagem mecânica e que não leva em conta o cotidiano do aluno. Mas nesta sequência didática, propõe a aprendizagem Significativa, na qual, o conhecimento prévio do aluno é valorizado (PELIZZARI, et al, 2001).

O público desta sequência são os alunos do Ensino Médio. Ela será feita para ser aplicada em todos os anos do Ensino Médio, de acordo com a preferência do professor responsável. É esperado que os alunos já tenham um conhecimento prévio, que é a variável mais importante na teoria da Aprendizagem Significativa (MOREIRA, 2010). Portanto, primeiramente, o intuito desta sequência (produto), inicialmente é levantar o conhecimento prévio dos alunos. Para isto, vamos explicar abaixo, os fundamentos da aprendizagem significativa.

Aprendizagem significativa é aquela em que ideias expressas simbolicamente interagem de maneira substantiva e não-arbitrária com aquilo que o aprendiz já sabe. Substantiva quer dizer não-literal, não ao pé-da-letra, e não-arbitrária significa que a

interação não é com qualquer ideia prévia, mas sim com algum conhecimento especificamente relevante já existente na estrutura cognitiva do sujeito que aprende (MOREIRA, 2010).

David Ausubel (1918-2008) vai definir subsunçor ou ideia-âncora como sendo um conhecimento relevante à nova aprendizagem, o qual pode ser, por exemplo, um símbolo já significativo, um conceito, uma proposição, um modelo mental, uma imagem.

Subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos dos indivíduos, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto.

A aprendizagem significativa é caracterizada pela interação entre conhecimentos prévios, ou seja, os subsunçores, com conhecimentos novos, e que essa interação é não-litera e não-arbitrária. Ocorrendo isso, os novos conhecimentos adquirem significado para o sujeito e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

A aprendizagem significativa pode ser uma *aprendizagem significativa superordenada* ou *aprendizagem significativa subordinada*. Na primeira, uma nova ideia, um novo conceito, uma nova proposição, passa a subordinar conhecimentos prévios. Na segunda, um novo conhecimento adquire significado na ancoragem interativa com algum conhecimento prévio especificamente relevante.

Na aprendizagem significativa proposta por Ausubel existe o conceito de estrutura cognitiva e podemos dizer que o complexo organizado de subsunçores e suas interrelações, em um certo campo de conhecimentos, poderia ser pensado como constituindo a estrutura cognitiva de um indivíduo neste campo.

A estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores interrelacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a *diferenciação progressiva* e a *reconciliação integradora* (MOREIRA, 2010).

A *diferenciação progressiva* é o processo de atribuição de novos significados a um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.

A *reconciliação integradora*, ou *integrativa*, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.

Na teoria de Ausubel, o conhecimento prévio do aluno, é a variável isolada mais importante para a aprendizagem significativa de novos conhecimentos. Isto é, se for possível isolar uma única variável como sendo a que mais influencia novas aprendizagens, esta variável seria o conhecimento prévio, os subsunçores já existentes na estrutura cognitiva do sujeito que aprende.

Para que ocorra o processo de aprendizagem significativa são necessárias duas condições: 1) o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo. 2) o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender.

Neste contexto, subsunçores seriam conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos. Ausubel, ainda explica que é necessário que ocorra assimilação, descrito, no qual um novo conhecimento *interage*, de forma não arbitrária e não-literal, com algum conhecimento prévio especificamente relevante. Por fim, caso o sujeito não possua nenhum subsunçor, ou conhecimento prévio, é necessário preparar organizadores prévios. (MOREIRA 2010).

Neste trabalho, os alunos terão seus subsunçores, como interpretações aristotélicas do movimento, seus conceitos sobre força. Também, por exemplo, imaginam que num movimento de projéteis, o ar pode exercer uma força que faz com que ocorra o movimento oblíquo. Ou seja, suas concepções alternativas. Mas principalmente, para entender o lançamento de projéteis, é necessário possuírem o conhecimento prévio do movimento retilíneo uniforme e do movimento retilíneo uniformemente variado, dando significado, então ao movimento de projéteis, que é a composição destes dois movimentos. Portanto, a sequência didática, pretende alimentar os subsunçores dos alunos, tornando-os mais refinados, complexos e completos a respeito do movimento oblíquo.

3. GAMIFICAÇÃO

A sequência didática (produto) será composta de sete aulas. Em todas as sete utilizaremos a ferramenta da gamificação como estratégia de ensino. Ao aplicar esta sequência numa sala de aula, dividiremos a turma em grupos. Estes grupos terão metas à serem alcançadas e serão atribuídas premiações e, através de uma pontuação em um “ranking” a ser criado, os alunos verão sua colocação após o final de cada aula. Ou seja, cada aula representará uma “fase” do *game*, e cada grupo ao chegar no final de cada fase receberá uma pontuação, de acordo com a avaliação do professor. Essa pontuação será

anotada e distribuída num “ranking”. O grupo que terminar em primeiro lugar ao final de todas as fases, de acordo com o “ranking”, ganhará pontos extras e um prêmio, ainda a ser decidido. Este prêmio será definido pelo professor antes do início de cada etapa.

3.1 GAMIFICAÇÃO E AUSUBEL

A disciplina de Física no Ensino Médio é vista pelos alunos apenas como um subsídio para prestar exames vestibulares (Luz e Leal, 2007; Ricardo e Freire, 2007, Moraes, 2008; Lima, 2011). Apesar de interessantes e curiosos, os conteúdos dessa disciplina são considerados difíceis e conseqüentemente, desmotivadores (COSTA, VERDAUX, 2016). Isso ocorre devido os materiais didáticos serem muito matematizados. Portanto, a sequência didática, a ser construída pretende ser potencialmente significativa. Acredita-se que, nesse sentido, enquanto a utilização do conceito ausubeliano de material potencialmente significativo sustenta principalmente os aspectos cognitivos da aprendizagem, a *gamificação* aparece como um aporte para gerar motivação e capacidade de manipular variáveis na resolução de problemas.

A desmotivação de um estudante em relação a uma determinada disciplina escolar pode ser combatida por meio de materiais com informações relevantes, apresentadas com forma e conteúdo atrativos (PORTILHO, 2011). Pensando em fazer um material potencialmente significativo com elementos motivadores vemos que a Teoria da Aprendizagem Significativa e a gamificação se conciliam em seus fundamentos.

Na teoria da Aprendizagem significativa, o material apresentado ao aluno precisa interagir com a estrutura cognitiva deste, para gerar a aprendizagem. Assim, pensamos a aprendizagem em termos da gamificação. Esse termo se remete, dentro do contexto educacional, à utilização dos elementos dos jogos para suscitar a mesma motivação e envolvimento dispendido por jogadores (Fardo, 2011). Dessa maneira, *gamificar* um material didático seria aplicar características e métodos usados na confecção dos jogos, desde a mecânica e estética aos pensamentos e estratégias, para orientar a análise e resolução de problemas. Jogar, então, consiste basicamente em escolher ferramentas adequadas para resolver um desafio de caráter cognitivo. (COSTA, VERDAUX, 2016).

Na gamificação há “fases”, assim como nos “games”. E o nível de dificuldade destas fases, aumentam de forma gradual. Da mesma forma, a teoria da aprendizagem

significativa, preconiza a organização sequencial do conteúdo, determinada pelo próprio corpo estruturante de cada área de conhecimento, afim de utilizar o conhecimento prévio dos alunos na assimilação de novos conceitos e transformação do conhecimento já adquirido. Caso os assuntos sejam organizados para que dependam espontaneamente dos anteriores, o aprendiz estrutura a rede hierárquica de subsunções mais facilmente.

De acordo com Moreira (2011), para ocorrer a aprendizagem significativa o aluno precisa ter uma predisposição para aprender. Com a gamificação, esperasse motivar o aluno/jogador a continuar o processo de aprendizagem. Portanto, a utilização da gamificação é para engajar, motivar os alunos a continuarem aprendendo durante a sequência didática, gerando prazer e satisfação ao aprender.

A extração dos elementos dos jogos que os tornam divertidos e a adaptação dos mesmos aos processos de ensino podem induzir nos estudantes desejos e motivações que levam às emoções referidas anteriormente. De uma maneira geral, pode-se dizer que na concepção de todo jogo bem-sucedido observa-se a dificuldade progressiva, ciclos de *feedbacks* rápidos, diversão, desafio, tratamento para o erro, recompensa, estética e linguagem adequados. Juntos, esses elementos proporcionam descontração, engajamento, envolvimento, atenção, reconhecimento do esforço, sentimento de conquista, entre outros inúmeros estados emocionais.

O uso de fases com dificuldades gradualmente aumentadas, tem o objetivo de adaptar o desafio às habilidades do jogador, de modo que um problema mais geral, pode ser subdividido em subtarefas, motivando o aluno a prosseguir. A cada subtarefa feita, o aluno devolverá um “feedback”. Esses “feedbacks” não só sustentam o estado de segurança em caso de sucesso em uma tarefa, como também favorece uma visão positiva do fracasso, visto que pode ser rapidamente corrigido sem comprometer o objetivo final.

A Gamificação nesta sequência não vai priorizar, nem estimular, a competição. O uso da gamificação é para engajar e motivar os alunos no processo de aprendizagem, e será avaliado o comportamento dos alunos, como a cooperação, a colaboração, a habilidade de resolver problemas, como lidar com o fracasso, entre outras. Pois no ensino, não se pode tentar tantas vezes e a falha tem um custo alto. Essa situação pode ser alterada com uso dos princípios da gamificação ao se estabelecer um sistema de nota incremental, atribuído ao longo de um período, no qual o aluno será avaliado. Isso possibilita um maior número de oportunidades de sucesso para os estudantes, o uso de “feedbacks” como estratégia de ensino viabiliza um contato maior com os conhecimentos a serem assimilados (COSTA, VERDAUX, 2016).

Com o uso de “feedbacks” pode se pensar em motivar os alunos somente extrinsecamente, mas o objetivo é levantar um estímulo interno: o desejo de continuar e vencer. Dando ao aluno uma sensação de bem-estar. Da mesma forma, a teoria de Ausubel pressupõe que a motivação para aprender está relacionada a esse bem-estar de ser reconhecido capaz de explicar fenômenos ou vencer um desafio usando apenas o que já sabe.

A sequência didática construída neste trabalho com a gamificação pretende possuir etapas com bons desafios, nem muito fáceis e também não muito difíceis, afim de desencadear o prazer do aluno. Por isso, usa-se o sistema de recompensas. “Recompensas são um dos principais componentes de uma atividade de jogo de sucesso, se não há uma vantagem quantificável para fazer alguma coisa, o cérebro, muitas vezes, deixa de mão” (Koster, 2005). Contudo, temos o cuidado de não frustrar os alunos que não adquiriram o desempenho esperado. Uma variável muito importante que será avaliada é a cooperação, ou seja, haverá uma disputa acompanhada de cooperação. Com isso, pretende-se levantar emoções nos alunos, tais como alegria, curiosidade, otimismo e orgulho, as quais toram-se a motivação que alimenta a vontade de prosseguir.

De acordo com Ausubel, um aprendiz só reconhece de fato um fenômeno o qual seus conhecimentos prévios o permitem apreciar, identificar situações familiares torna-se fundamental quando o conteúdo a ser ensinado é totalmente novo. Portanto, neste trabalho, será feita toda uma narrativa, na qual o aluno perceba que está em um “game”, mexendo assim, no conhecimento prévio dos alunos, sobre a tática de resolver ou progredir num bom jogo.

Na aplicação da sequência didática, os alunos serão “jogadores”. É importante construir que o aluno é um “avatar”, onde ele pode mudar seus autoconceitos como estudante.

Outro item importante, e que será usado neste produto, é levantado por Fardo (2013), que consiste na linguagem usada durante a aplicação. Assim, as tarefas passam a ser missões com rápidos feedbacks. Resolver exercícios será como derrotar inimigos, e as notas passa a ser pontos que se acumulam num “game”. Na aprendizagem significativa, a linguagem é considerada como fator intrínseco a qualquer ferramenta humana de percepção da realidade.

Neste trabalho, vamos utilizar histórias, interação, competição e cooperação, desafios, diversão, regras bem definidas e um tratamento especial para o erro. Estes são elementos cruciais para combater a aprendizagem essencialmente mecânica.

3.2 A GAMIFICAÇÃO

O fenômeno da gamificação vem ganhando visibilidade por sua capacidade de criar experiências significativas no cenário da Educação (FARDO, 2013). A gamificação vem sendo muito usada nos ambientes de aprendizagem.

A gamificação se constitui na utilização da mecânica dos “games” em cenários “non games”, criando espaços de aprendizagem mediados pelo desafio, pelo prazer e entretenimento (ALVES, 2014).

O termo foi usado pela primeira vez pelo pesquisador britânico Nick Pelling (MEDINA, 2013). A gamificação consiste em utilizar a mecânica dos jogos em atividades que não estão dentro do contexto dos jogos (SALLEN; ZIMMERMAN, 2012, MCGONIGAL, 2011).

Portanto, a gamificação é um fenômeno emergente, que deriva diretamente da popularização e popularidade dos “games” e de suas capacidades intrínsecas de motivar a ação, resolver problemas e potencializar aprendizagens nas mais diversas áreas do conhecimento e da vida dos indivíduos (FARDO, 2013). Contudo, vemos que ela vem sendo muito utilizada em ambientes de aprendizagem, no contexto da Educação.

Desta forma, considerando os elementos presente na mecânica dos “games”, como por exemplo, o desafio, objetivos, níveis, sistema de feedback e recompensa (SALLEN; ZIMMERMAN, 2012, MCGONIGAL, 2011), são criadas situações que mobilizam e engajam o sujeito para a realização de determinadas situações.

A gamificação surge como uma possibilidade de conectar a escola ao universo dos jovens com o foco na aprendizagem, por meio de práticas como sistemas de “ranqueamento” e fornecimento de recompensas. Mas, ao invés de focar nos efeitos tradicionais como notas, por exemplo, utilizam-se estes elementos alinhados com a mecânica dos jogos para promover experiências que envolvem emocionalmente e cognitivamente os alunos.

Como já dito, a gamificação pressupõe a utilização de elementos tradicionalmente encontrados nos “games”, como narrativa, sistema de feedback, sistema de recompensas, conflito, cooperação, competição, objetivos e regras claras, níveis, tentativa e erro, diversão, interação, interatividade, entre outros, em outras atividades que não são diretamente associadas aos “games”, com a finalidade de tentar obter o mesmo grau de

envolvimento e motivação que normalmente encontramos nos jogadores quando em interação com bons “games” (FARDO, 2013).

O objetivo é conseguir visualizar um determinado problema ou contexto e pensar soluções a partir do ponto de vista de um “game designer” (profissional responsável pela criação de jogos eletrônicos), já que esse profissional geralmente possui uma capacidade ímpar em produzir experiências que concentram a energia e o foco de muitos indivíduos para resolver problemas em mundos virtuais (MCGONIGAL, 2011). Porém, a gamificação não implica em criar um “game” que aborde o problema, recriando a situação dentro de um mundo virtual, mas sim em usar as mesmas estratégias, métodos e pensamentos utilizados para resolver aqueles problemas nos mundos virtuais em situações do mundo real.

Através da gamificação, a atividade proposta neste trabalho pretende se tornar em quase um “game” completo. Contudo, é necessário escolher elementos e de como aplicá-los em um contexto específico. Por exemplo, podemos construir sistemas gamificados baseados apenas em pontos, medalhas e tabela de líderes, que são apenas as mecânicas mais básicas de um “game”, com a finalidade única de promover mudanças no comportamento dos indivíduos, através de recompensas extrínsecas, ou podemos construir uma experiência significativa que vá muito além do que as mecânicas básicas dos “games” oferecem e motivar intrinsecamente os indivíduos a desempenharem os seus papéis da melhor forma possível dentro do contexto em que se encontram (FARDO, 2013). A gamificação, portanto, com os elementos escolhidos dentro de um contexto de aprendizagem, vai motivar intrinsecamente os alunos envolvidos, a desenvolverem as atividades.

Assim, a gamificação se apresenta como fenômeno emergente, com muitas potencialidades de aplicação em diversos campos da atividade humana, pois os “games”, assim como sua linguagem são bastante populares, principalmente entre os jovens; e eficazes na resolução de problemas. Então a gamificação e seu uso se justifica a partir de uma perspectiva sociocultural.

A gamificação encontra na educação formal uma área bastante propícia para a sua aplicação, pois lá ela encontra os indivíduos que carregam consigo muitas aprendizagens advindas das interações com os “games”. Encontra também uma área que necessita de novas estratégias para dar conta de indivíduos que cada vez estão mais inseridos no contexto das mídias e das tecnologias digitais e se mostram desinteressados pelos métodos passivos de ensino e aprendizagem utilizados na maioria das escolas (FARDO,

2013). Então a gamificação é um método afim de transformar processos de ensino e aprendizagem através da utilização de estratégias e pensamentos dos “games”, com a intenção de aproximar esses processos dos indivíduos da geração “gamer”.

4. FÍSICA ENVOLVIDA

Nesta seção, temos a física envolvida na sequência didática, que consiste primeiramente, na parte histórica da cinemática e do lançamento de projéteis; posteriormente, a física da cinemática, e por fim, a física do lançamento de projéteis.

4.1 HISTÓRIA DO LANÇAMENTO OBLIQUO

Na evolução dos conceitos, podemos citar a física da antiguidade, com o principal personagem sendo o filósofo grego Aristóteles e sua contribuição nas diversas ciências, inclusive na física. A ciência grega tentava explicar os fenômenos da natureza, de maneira racional e científica, considerando o maior número de elementos integrantes deste fenômeno, ou seja, através da observação, eles descreviam os fenômenos naturais, fazendo suas análises e formulando princípios. É importante saber a ideia aristotélica de movimento, pois esta sequência se baseia no movimento balístico. Também é necessário saber algumas ideias aristotélicas sobre mecânica.

O lançamento oblíquo de projéteis foi explicado por Jean Buridan (1300 a 1358), um discípulo de Aristóteles, sob a influência das concepções aristotélicas, através da teoria do ímpeto.

Nesta teoria, o ímpeto descreve a trajetória de um projétil com base nas relações entre um ímpeto comunicado inicialmente e o ímpeto do peso do projeto (PÔNCIO E GOUVEIA, 2020). Com isso, quando lançado, o projétil recebe um ímpeto inicial que é bem maior que o ímpeto de seu peso, contudo este ímpeto inicial vai diminuindo até quando este ímpeto inicial acaba, então resta apenas o ímpeto do peso do projétil, fazendo-o cair.

Com o advento da física clássica ou newtoniana entramos em outra fase da história da Física. Temos uma grande evolução das ideias da Física, passando pela mecânica na Grécia antiga, até chegarmos em grandes nomes da física clássica. A física newtoniana está marcada pela formulação de modelos que reduzem os elementos constituintes do problema a ser analisado, ou seja, as leis clássicas, reduzem o número de peças do quebra-

cabeça para obter leis limites, observáveis, cujos limites podem ser obtidos experimentalmente.

Agora com o advento da mecânica newtoniana, com estudos de Galileu, entre outros, vamos descrever o lançamento oblíquo como sendo a composição de dois movimentos. Um movimento retilíneo uniforme na horizontal e um movimento retilíneo uniformemente variado na vertical. O projétil é lançado com uma velocidade inicial V_0 e possui aceleração constante devido a ação da força da gravidade e descreverá uma trajetória parabólica. Este modelo é válido seguindo algumas proposições: o lançamento é feito acima de uma superfície plana, a altura máxima do lançamento é muito menor que o raio da Terra, e despreza-se a resistência do ar. Visto que trabalharemos com o Ensino Médio, desprezamos aqui, a resistência do ar.

Porém se considerarmos a resistência do ar que envolve o projétil no fenômeno estudado e aumentarmos gradualmente a influência deste atrito causado pela resistência do ar, percebemos que a trajetória obtida tende a ser como a descrita por Buridan.

4.2 GALILEU E O MOVIMENTO

Galileu começa a estudar as causas do movimento. Na sua publicação “*De motu*” (Do Movimento), Galileu também considera necessário associar uma força a um objeto em movimento para manter em movimento. Porém ele tem divergências com Aristóteles. Por exemplo, para explicar o movimento de um projétil, tema deste trabalho, Galileu admite a ideia de força impressa.

Neste trabalho, tratamos do tópico de lançamento de projéteis no Ensino Médio. Aqui, abordamos o contexto histórico deste tipo de movimento. Para Galileu, quando um corpo pesado é projetado para cima, imprime-se ao corpo uma certa qualidade ou virtude (força, *impetus*). Por causa disso, o corpo adquire certa leveza. Essa leveza é perdida durante a descida. Neste sentido, Galileu faz uma analogia entre a diminuição gradativa de força (*impetus*) estimulada no projétil, à medida que se processa o movimento e o calor de uma barra, depois que esta é retirada do fogo.

“Agora, de maneira a explicar o nosso ponto de vista, primeiro perguntemos o que é essa força motora a qual é impressa pelo projetor sobre o projétil. A nossa resposta, então, é a de que há uma retirada de peso quando o corpo é atirado para cima e uma

retirada de leveza quando o corpo é arremessado para baixo. Mas se uma pessoa não se surpreende que o fogo pode privar o ferro do frio, introduzindo calor, ela não se surpreenderá que o projetor pode, atirando um corpo para cima, despojá-lo de peso e fazê-lo leve. O corpo, então, é movido pelo projetor para cima enquanto está em sua mão e é despojado do seu peso; da mesma maneira o ferro é movido, em um movimento alternativo, em direção ao aquecimento enquanto está no fogo e é despojado do frio. Força motora, isto é, leveza é preservada na pedra quando o movedor não está mais em contato; calor é preservado no ferro depois que o ferro é removido do fogo. A força impressa gradualmente diminui no projétil quando ele não está mais em contato com o projetor; o calor diminui no ferro quando o fogo não está presente.” (FRANKLIN, 1976)

A ideia de Galileu é que quando o objeto está subindo verticalmente a força que lhe foi impressa é maior que seu peso natural. À medida que o objeto vai subindo, essa força diminui gradativamente, até o momento em que o peso natural seja maior. Essa é a explicação de um corpo que sobe e desce, quando lançado verticalmente para cima, naquele momento da história. Na queda, essa força impressa continua diminuindo, com isso a tendência natural do objeto se sobrepuja a força impressa, explicando assim sua aceleração. No momento em que a força impressa se anula, o projétil se movimenta com velocidade constante.

Entendendo isso mostra-se o vínculo entre aceleração de um corpo em queda e a força a ele impressa quando do seu lançamento para cima. Galileu teria que explicar como um objeto de uma certa altura quando solto varia sua velocidade. Pois segundo Galileu, se soltarmos um objeto de uma torre muito alta, o movimento acelerado, se transformaria em uniforme.

Galileu explica que quando um corpo é lançado para cima e posteriormente o objeto é retido pelas mãos de uma pessoa, “leveza” e peso natural se anulam. Essa leveza é mantida inalterada pelo corpo enquanto ele permanece detido nessa posição. Esse corpo, no alto da torre, não sofre, por parte de seu suporte, uma pressão para cima exatamente igual a seu peso. Abandonando o corpo, essa leveza diminui, até não existir mais. Daí por diante sua velocidade fica constante. Portanto, quando um corpo é solto de uma certa altura, ele retém de alguma maneira uma certa força (*impetus*) proveniente do projetor,

que agindo contrariamente à tendência natural do corpo, até acabar, explica sua aceleração.

4.3 GALILEU E O MOVIMENTO DE PROJÉTEIS

Galileu estudou o movimento neutro sobre um plano horizontal e o movimento naturalmente acelerado sobre planos de qualquer inclinação, sendo a queda livre, um caso particular. Agora, Galileu volta sua atenção para um movimento de um projétil, lançado horizontalmente de uma certa altura em relação ao solo.

Primeiramente Galileu considera um corpo com uma certa velocidade sobre um plano horizontal finito e livre de atritos ou outros impedimentos. O corpo percorre esse plano horizontal com velocidade constante, percorrendo distâncias iguais em tempos iguais. Galileu argumenta se o corpo fosse solto de uma altura em relação ao solo, ficando sujeito apenas à ação da gravidade, ele percorreria distâncias proporcionais aos quadrados dos tempos envolvidos (PEDUZZI, 2008).

Sabemos que o lançamento de projéteis é a junção dos dois movimentos citados acima. Então, Galileu considera seu “corpo de prova” sob a ação desses dois movimentos. Com isso, se o plano horizontal estivesse a uma certa altura do solo, e o corpo percorresse este plano, com velocidade constante, quando ele chegar na extremidade, acrescentaria àquele movimento uniforme e indestrutível a tendência de ir para baixo, devido a sua própria gravidade. O deslocamento horizontal e vertical do projétil a partir da borda do plano, representam as suas coordenadas em relação a este ponto, onde $x \propto t$, $y \propto t^2$.

Com isso, Galileu comprova o que dizemos acima, a combinação desses dois movimentos perpendiculares resulta um movimento de trajetória parabólica.

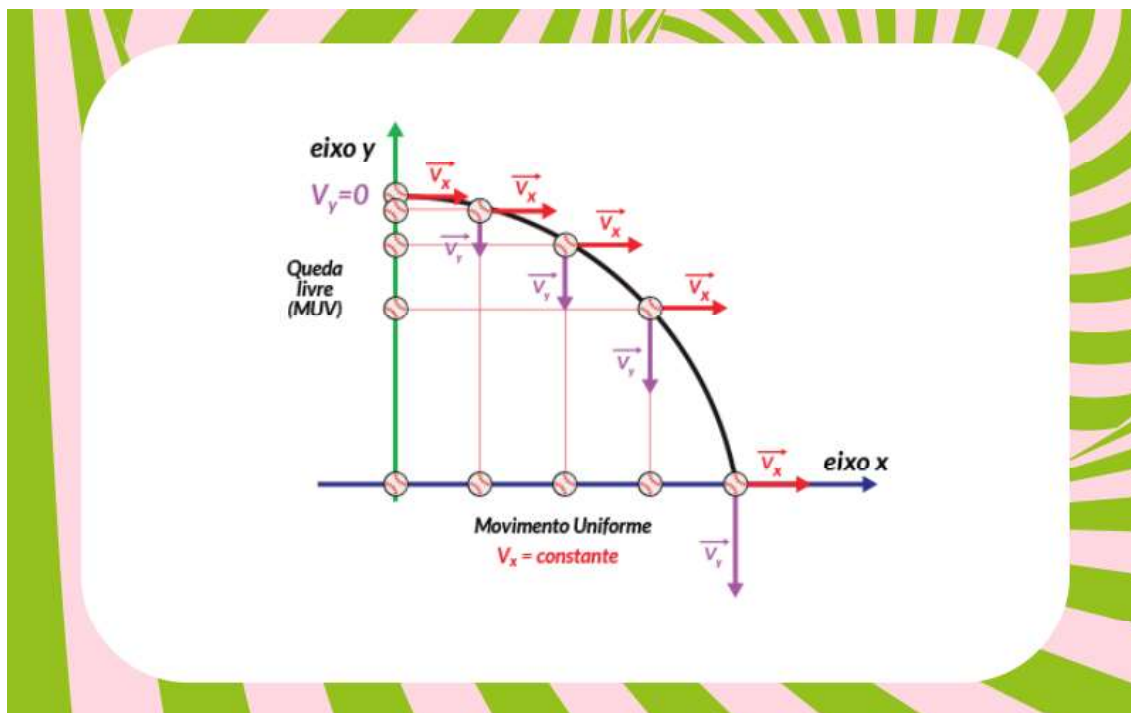


Figura 2: A trajetória de um corpo projetado horizontalmente de uma certa elevação em relação ao solo, em um meio não resistente, é uma parábola. FONTE: acervo do professor.

Neste momento, vamos citar o movimento da pedra solta do alto do mastro de um navio em movimento uniforme em relação as ideias de Galileu sobre o movimento plano de um projétil.

Quando a pedra é solta, ela fica sob a ação de dois movimentos: o horizontal, com velocidade constante; e o vertical, com aceleração constante. Na horizontal, o movimento se explica, porque a pedra adquire a mesma velocidade constante do navio, e, portanto, desloca-se em relação à água com a mesma velocidade do navio. E na vertical, temos a ação apenas da força gravitacional.

4.4 FÍSICA ENVOLVIDA – A CINEMÁTICA

Agora vamos descrever os conceitos básicos de cinemática necessários para a sua abordagem matemática e para análise gráfica dos movimentos que se pretende representar.

No dia-a-dia costuma-se associar a ideia de movimento a tudo que esteja em constante mudança, atividade, animação, agitação, evolução, desenvolvimento, enfim, à vida. Entretanto, em Física, a ideia de movimento assume um significado bastante restrito, qual seja: *a variação, em função do tempo, da posição de um corpo em relação a outro corpo*

que serve de referência. Na física envolvida neste trabalho é importante explicar os conceitos de posição, corpo, corpo que serve de referência. Estes conceitos-chaves, juntamente com os de distância percorrida, deslocamento, velocidade, trajetória, aceleração, tempo e referencial, constituem a base conceitual necessária para a descrição da cinemática do movimento de corpos através de proposições semânticas (do tipo, quanto menor isso...maior aquilo), representações externas (como gráficos, tabelas e diagramas, etc.) e modelos matemáticos. Um modelo matemático é um tipo de representação simbólica que faz uso de entes matemáticos como funções, vetores, etc. Em Física, de grande interesse são os modelos matemáticos que representam sistemas dinâmicos. Um modelo de sistema dinâmico pode ser entendido como um conjunto de relações matemáticas entre as grandezas que descrevem o sistema e o tempo, considerado como variável independente. Mas voltemos à ideia central de movimento.

4.4.1 O CONCEITO DE PONTO MATERIAL E SISTEMA DE REFERÊNCIA

Quando dizemos que um corpo está em movimento, devemos explicitar em relação a que outro corpo sua posição se altera à medida que o tempo passa. Vejamos um exemplo. Imagine um trem que se aproxima de uma estação onde alguns passageiros aguardam sentados. Em relação à estação, o trem está em movimento e os passageiros estão em repouso. Já em relação ao trem, tanto a estação quanto os passageiros estão em movimento. Nesse sentido, o conceito de movimento é relativo, ou seja, depende do corpo de referência adotado.

Como foi dito, a definição apresentada para movimento se baseia em conceitos pouco precisos. Tratem-se de precisá-los. Para resolvermos esta dificuldade em relação ao corpo que se movimenta e ao corpo que serve de referência, introduziremos os conceitos de **ponto material** e de **sistema de referência**. Para tanto, suponha que estamos interessados em determinar o tempo que um ônibus leva para percorrer o trecho da Avenida Ipiranga, localizada na cidade de Porto Alegre, indicado na figura 2 abaixo. Esse exemplo foi tirado de Gaspar (2000).

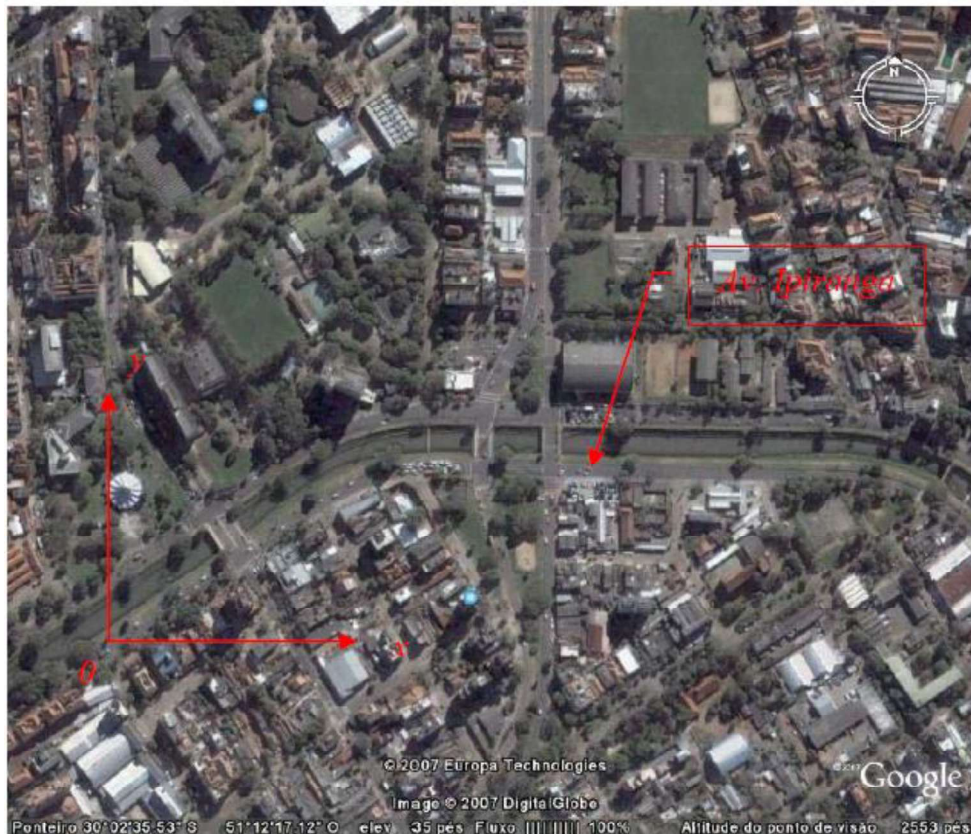


Figura 3: Um trecho da extensa Avenida Ipiranga, localizada na cidade de Porto Alegre, obtido com o software Google Earth. FONTE: GASPAR 2000.

Como o trecho é muito maior do que o tamanho do ônibus, podemos desprezar as dimensões deste último e considerá-lo como um objeto pontual. Sempre que as dimensões do corpo em movimento puderem ser desprezadas, dizemos que o corpo se comporta como um ponto material. Esta idealização limita-nos ao estudo do movimento de translação de corpos rígidos. Neste caso, todas as partículas que constituem o corpo rígido sofrem o mesmo deslocamento e, por isso, podemos nos preocupar com o deslocamento de somente uma delas. Além disso, a figura mostra um sistema com dois eixos coordenados, x e y , cuja origem foi fixada num ponto da Terra escolhido arbitrariamente, de forma conveniente para estabelecer as coordenadas da posição do ônibus. Assim, desprezando as ondulações do terreno e a curvatura da Terra, podemos adotar um sistema de referência bidimensional para o estudo de qualquer movimento nessa região. Logo, *sistema de referência (ou referencial) é todo o sistema de coordenadas em relação ao qual se podem especificar as coordenadas da posição de um ponto material*. Antes de prosseguirmos na discussão de novos conceitos, redefinamos o conceito de movimento, agora, de modo mais preciso: *um ponto material está em movimento em relação a um dado referencial, quando sua posição varia no decorrer do tempo*.

4.4.2 O CONCEITO DE TRAJETÓRIA

Outro conceito que depende fundamentalmente do referencial adotado é o de **trajetória**. A trajetória de um corpo pode ser entendida como o caminho que ele percorreu durante sucessivos instantes de tempo, ao longo de seu movimento. Vejamos um exemplo. Imagine um paraquedista que salta do interior de um avião. Se pudermos desprezar os efeitos de resistência do ar, enquanto o paraquedas não se abre, do ponto de vista do piloto do avião, a trajetória do paraquedista é aproximadamente retilínea e vertical. Já para um observador na Terra, a trajetória descrita pelo paraquedista será parabólica. Assim, os conceitos de movimento, repouso e trajetória dependem do referencial adotado.

4.4.3 OS CONCEITOS DE DESLOCAMENTO E DISTÂNCIA PERCORRIDA

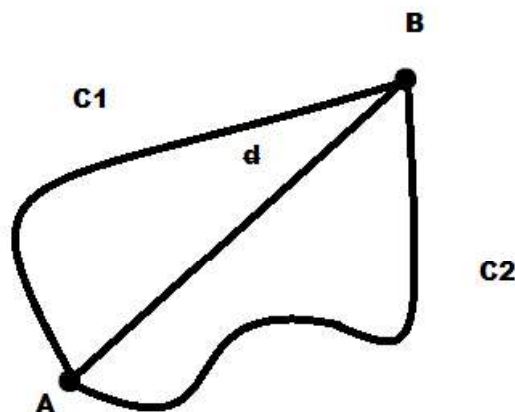


Figura 4: O deslocamento d de um corpo, ao percorrer as trajetórias $C1$ e $C2$, entre os pontos A e B . FONTE: criado pelo professor.

O conceito de **deslocamento** decorre da definição de movimento. Já o conceito de **distância percorrida**, decorre da definição de trajetória. Vejamos cada um deles, com base na figura 3.

Suponha que um corpo partindo do ponto A alcance o ponto B ora pelo caminho $C1$, ora pelo caminho $C2$. O deslocamento do corpo, em ambos os casos, é o vetor \vec{d} que une os dois pontos e só depende deles. Assim, dado um sistema de referência, a partir do

qual se possa determinar a posição \vec{x}_A do ponto A e a posição \vec{x}_B do ponto B , definimos o deslocamento \vec{d} como sendo

$$\vec{d} = \vec{x}_B - \vec{x}_A \quad \text{Equação 1}$$

Entretanto, as distâncias percorridas dependerão do comprimento de cada uma das trajetórias (caminhos 1 e 2). No caso particular em que a trajetória seja retilínea e não haja inversão no sentido de movimento, o módulo do deslocamento deverá coincidir com a distância percorrida pelo corpo.

4.4.4 OS CONCEITOS DE ACELERAÇÃO MÉDIA E ACELERAÇÃO INSTANTÂNEA

O conceito de **aceleração média** é definido a partir do conceito de velocidade. A aceleração média indica o quanto a velocidade de um corpo variou no intervalo de tempo correspondente. Vejamos o significado físico da aceleração média através de um exemplo. Suponha o movimento de um carro que durante sua arrancada possui uma aceleração média de 10 km/h/s. Essa aceleração indica que a velocidade instantânea, a velocidade indicada pelo velocímetro do carro, está variando, em média, 10 km/h a cada 1 s de movimento. Logo, seguindo este raciocínio, ao partir do repouso, o carro chegaria a uma velocidade de 10 km/h depois de 1 s, atingiria 20 km/h depois de 2 s, 30 km/h depois de 3 s, 40 km/h depois de 4 s, e assim por diante. Logo, define-se a aceleração média como sendo a razão entre a variação da velocidade $\Delta\vec{v}$ e o intervalo de tempo Δt correspondente:

$$\vec{a}_m = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v} - v_0}{t - t_0} \quad \text{Equação 2}$$

Onde \vec{v} é a velocidade associada ao instante de tempo final t e v_0 é a velocidade inicial associada ao instante de tempo inicial t_0 . O módulo da aceleração média $|\vec{a}_m|$, no S.I., se mede em m/s/s ou simplesmente m/s².

O conceito de **aceleração instantânea**, ou simplesmente aceleração, é definido similarmente à aceleração média, com a diferença que Δt é tomado como sendo

O diagrama conceitual acima tem por objetivo evidenciar algumas relações entre os conceitos necessários para a descrição do movimento dos corpos. Em Física, o conceito de movimento é definido a partir dos conceitos de posição, ponto material e referencial. Dessa forma, só é possível descrever a variação da posição de um ponto material, ao longo de sua trajetória, se tivermos adotado um referencial. A variação da posição é definida como sendo o deslocamento, que só é numericamente igual à distância percorrida quando o movimento é retilíneo e não inverte o seu sentido. O deslocamento, por sua vez, juntamente com o intervalo de tempo correspondente, define a velocidade média do movimento. Contudo, se quisermos obter informações sobre a velocidade num instante qualquer do movimento, devemos tomar o limite em que $\Delta t \rightarrow 0$, de modo a calcular a velocidade instantânea do ponto material naquele instante. Quando a velocidade for nula, o ponto material estará em repouso. Por fim, em movimentos uniformemente variados (acelerados), a grandeza física que mede a taxa de variação da velocidade no tempo, considerado em toda a Cinemática como variável independente, é a aceleração média.

4.4.6 ALGUMAS SIMPLIFICAÇÕES PARA ESTUDAR O MOVIMENTO

Dependendo do tipo de movimento, estudá-lo pode ser uma tarefa demasiada complicada. Trajetórias bi e tridimensionais, por exemplo, exigem uma notação vetorial um pouco mais complexa. Para facilitar nossa abordagem à Cinemática, faremos algumas simplificações quanto às trajetórias descritas pelos corpos, o que acabará por reduzir nosso estudo a um número limitado de situações. Iremos considerar somente trajetórias retilíneas, em outros termos, apenas movimentos unidimensionais. Esta restrição torna possível a utilização de apenas um eixo coordenado como sistema de referência, o que simplifica consideravelmente o estudo de um movimento na medida em que dispensaremos a notação vetorial. Ou seja, faremos um estudo da Cinemática escalar, como veremos a seguir.

4.4.7 O MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORME

Movimentos que se realizam ao longo de trajetórias retilíneas não são comuns. As grandes retas das estradas dificilmente correspondem a trajetórias retilíneas. Elas quase

sempre possuem desníveis que acabamos não considerando. Na verdade, a maioria dos corpos que se movem próximos à superfície da Terra não descreve trajetória retilínea. Menos frequentes, ainda, são os movimentos que além de descreverem trajetória retilínea, o fazem com velocidade constante. O movimento retilíneo uniforme (MRU) é o movimento mais simples e menos frequente que existe na natureza. Vejamos algumas situações em que se pode observar este tipo de movimento. Uma esfera metálica abandonada dentro de um tubo contendo óleo na vertical, cai com velocidade aproximadamente constante. O movimento de queda das gotas de chuva se realiza com velocidade constante passado certo tempo do seu início. O movimento de uma pessoa numa escada rolante, subindo ou descendo, também ocorre com velocidade constante.

Assim, quando o corpo se move em uma trajetória retilínea e com velocidade constante, o seu movimento é retilíneo uniforme. A única grandeza física que varia com o tempo é a posição. Em consequência, estudar o MRU resume-se ao estudo da variação da posição do corpo em função do tempo. Como exemplo, suponha que você esteja dirigindo um carro, em linha reta, com velocidade de 60 km/h. Nestas condições, o carro irá percorrer 60 km a cada hora. Logo, após 1 hora de movimento o carro percorrerá 60 km, após 2 horas percorrerá 120 km, após 3 horas percorrerá 180 km, e assim por diante. Ou seja, o carro percorrerá *distâncias iguais em intervalos de tempo iguais*. Tratemos de expressar estas ideias em linguagem matemática.

Suponha que um carro esteja percorrendo, com velocidade constante, uma trajetória retilínea. A figura 5 representa a situação de forma esquemática. Nela, está indicado um eixo coordenado com origem em O que serve de referência para determinar as posições do carro em cada instante de tempo.

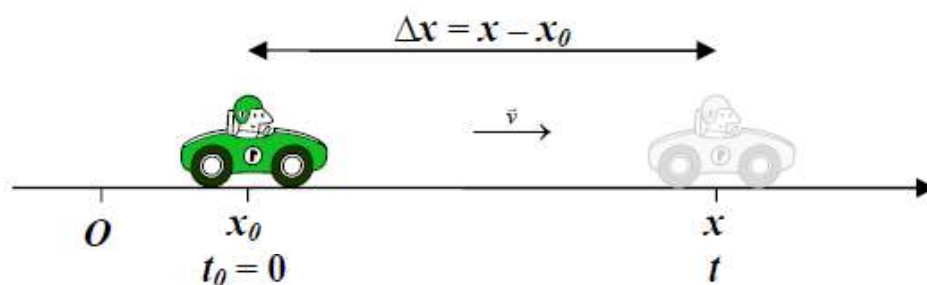


Figura 5: Uma representação esquemática do movimento de um carro, com velocidade constante, numa trajetória retilínea. Fonte: GASPAR (2002).

Ao longo do eixo coordenado, estão indicadas as posições x_0 , que corresponde ao instante de tempo t_0 , e x que corresponde ao instante de tempo t . A diferença $x - x_0$ é o

deslocamento Δx durante o intervalo de tempo $\Delta t = t - t_0$. Em geral, se admite $t_0 = 0$. Na prática, isso corresponde a zerar o cronômetro no momento que se inicia a contagem do movimento. Logo, com base na figura acima, é possível verificar que:

$$x = x_0 + \Delta x \quad \text{Equação 3}$$

Porém, o movimento retilíneo uniforme é aquele no qual a velocidade em qualquer instante de tempo é constante e diferente de zero. Assim, a velocidade do carro em qualquer instante de tempo é igual a sua velocidade média ao longo de todo o movimento. Logo:

$$v = v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad \text{Equação 4}$$

e isolando Δx na equação acima, temos que:

$$\Delta x = v_m \Delta t = v \Delta t \quad \text{Equação 5}$$

Substituindo Δx na primeira equação, tem-se que, fazendo $t_0 = 0$:

$$x = x_0 + vt \quad \text{Equação 6}$$

A expressão acima é conhecida como a função horária do movimento retilíneo uniforme. Nela, os valores constantes são a posição inicial x_0 e a velocidade v . A posição x varia linearmente com o tempo t . Assim, esta função permite determinar para cada instante de tempo t_0 correspondente valor da posição x do ponto material ao longo da sua trajetória e, vice-versa, conhecendo a posição do ponto material, determinar o correspondente instante de tempo.

4.5 O MOVIMENTO RETILÍNEO UNIFORMEMENTE VARIADO

Embora alguns movimentos observados na natureza sejam aproximadamente uniformes, é fácil constatar que a maioria dos corpos adquire movimento com uma velocidade que varia com o passar do tempo. Estes movimentos são denominados de acelerados ou variados. Aqui, nos restringiremos às situações em que esta variação se processa de maneira uniforme, ou seja, em que a *velocidade do corpo aumenta (ou diminui) da mesma intensidade em intervalos de tempos iguais*. A arrancada de um carro,

o movimento de uma bola que rola ladeira abaixo, a freada de um automóvel, a queda de uma pedra e muitos outros movimentos podem ser considerados variados. Como foi visto, a grandeza física que descreve a variação da velocidade num certo intervalo de tempo é a aceleração. Ela indica a rapidez com que a velocidade do ponto material varia com o passar do tempo. Vejamos como ficam estas ideias expressas em linguagem matemática.

4.5.1 A VELOCIDADE EM FUNÇÃO DO TEMPO

A figura 5 ilustra de forma esquemática o movimento, numa trajetória retilínea, de um carro que se move com aceleração constante.

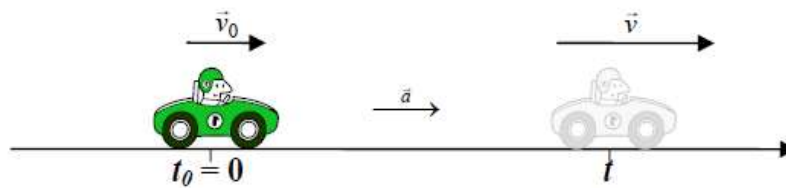


Figura 6: Uma representação esquemática de um carro que se move com aceleração constante. FONTE: GASPARG, 2020.

Ao longo do eixo coordenado são mostrados o instante inicial $t_0 = 0$, que corresponde à velocidade inicial v_0 , e o final t , que corresponde à velocidade final v . A diferença $v - v_0$ é a variação da velocidade Δv durante o intervalo de tempo $\Delta t = t - t_0$. Porém, o movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV) é aquele no qual a aceleração em qualquer instante de tempo é constante e diferente de zero. Assim, a aceleração do carro em qualquer instante de tempo é igual a sua aceleração média ao longo do movimento. Logo:

$$a = a_m = \frac{v - v_0}{t - t_0} \quad \text{Equação 7}$$

Isolando v na equação acima, e fazendo $t_0 = 0$:

$$v = v_0 + at \quad \text{Equação 8}$$

Na expressão acima, os valores constantes são a velocidade inicial v_0 e a aceleração a . Logo, a velocidade v varia linearmente com o tempo t . Esta função permite determinar para cada instante de tempo t , o correspondente valor da velocidade v do ponto material ao longo da sua trajetória e, vice-versa, conhecendo a velocidade do ponto material, determinar o correspondente instante de tempo.

4.5.2 A POSIÇÃO EM FUNÇÃO DO TEMPO

A posição de um ponto material em MRUV varia com o quadrado do tempo segundo a expressão abaixo:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad \text{Equação 9}$$

onde x_0 e v_0 são, respectivamente, a posição inicial e a velocidade inicial no instante t_0 e a é a aceleração (constante) a que está submetido o ponto material. Justificaremos a forma desta expressão mais tarde, quando interpretaremos a área abaixo da curva no gráfico $v \times t$ para o movimento acelerado. Fixados os parâmetros x_0 , v_0 e a que definem o movimento acelerado, a expressão acima permite determinar para qualquer instante de tempo, a posição do ponto material. Por isso, é denominada a função horária do MRUV.

4.5.3 A VELOCIDADE EM FUNÇÃO DA POSIÇÃO

Combinando as expressões para a velocidade e para a posição em função do tempo, de modo que a expressão resultante não dependa da variável t , temos:

$$v^2 = v_0^2 + 2a(x - x_0) \quad \text{Equação 10}$$

onde x_0 , v_0 e a são parâmetros. A partir desta expressão é possível determinar a velocidade v para qualquer posição x da trajetória e, vice-versa, determinar a posição do ponto material em função da sua velocidade. A expressão acima é conhecida como a “equação de Torricelli”.

4.5.4 O MOVIMENTO DE QUEDA LIVRE

A Cinemática consiste numa abordagem teórica ao estudo do movimento dos corpos. Sua formulação remonta a Galileu (1564 – 1642) quando, interessado em descrever a trajetória de projéteis e a queda dos corpos, estudou o movimento uniforme (velocidade constante) e o movimento uniformemente variado (aceleração constante). Galileu acreditava que todos os corpos, independentemente do seu peso, caíam da mesma forma, isto é, adquiriam a mesma velocidade em cada instante de tempo, se abandonados da mesma altura num meio cuja resistência fosse nula, ou seja, no vácuo. Esta hipótese contradizia a teoria de Aristóteles sobre o movimento, segundo a qual: um corpo massivo

cairia *mais* depressa que outro *menos* massivo. A fim de refutar a teoria aristotélica, Gonçalves e Toscano sugerem que Galileu parece ter adotado o seguinte raciocínio:

“...deixando cair dois objetos de massas diferentes, segundo Aristóteles, o mais “pesado” adquire maior valor de velocidade. Unindo os dois, o mais rápido será parcialmente retardado pelo mais lento e este, por sua vez, será acelerado pelo mais “pesado”. Como exemplo, tomem-se duas pedras: uma grande, que se move com módulo de velocidade 5,0 m/s, e uma menor, que se move com velocidade em módulo 2,0 m/s. Quando unidas, as duas se moverão com uma velocidade de módulo menor que 5,0 m/s e maior que 2,0 m/s. Portanto, um objeto mais “pesado” (as duas pedras juntas) move-se com módulo de velocidade menor que o de um mais “leve”, quando deveria cair com uma velocidade ainda maior.” (GONÇALVES E TOSCANO, 1997: 265-266)

A partir das suas experiências de pensamento e dos experimentos realizados com objetos abandonados do alto de planos inclinados, Galileu formulou dois enunciados sobre o movimento de queda livre (sem resistência do ar) dos corpos que podem ser resumidos da seguinte forma:

- a) um corpo que cai a partir do repouso adquire, em tempos iguais, variações iguais de velocidade;
- b) a distância percorrida por um corpo que cai a partir do repouso é proporcional ao quadrado do tempo gasto para percorrê-lo.

Como mostram as ideias de Galileu, o movimento de queda livre (MQL) é um movimento retilíneo uniformemente acelerado na direção vertical. Logo, as equações que descrevem um MQL são as mesmas que descrevem um MRUV na direção horizontal. A única diferença está no fato de que no MQL o sistema de referência passa a ser um eixo coordenado na direção vertical que aponta, normalmente, para cima. Além disso, no MQL o módulo da aceleração a que fica submetido o ponto material é sempre conhecido e na Terra vale aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$.

4.6 ANÁLISE GRÁFICA DOS MOVIMENTOS

Até aqui, estivemos preocupados em analisar os movimentos retilíneos nas direções horizontal e vertical, sejam eles uniformes ou acelerados, por meio de relações matemáticas entre as grandezas que descrevem o movimento do corpo e o tempo, considerado como variável independente. Outro tipo de análise extremamente útil do movimento é o seu estudo gráfico. Gráficos armazenam uma grande quantidade de

informações e permitem uma visão geral do comportamento das grandezas envolvidas na descrição dos movimentos. Iniciemos nossa análise gráfica pelo estudo dos gráficos do MRU.

4.6.1 ESTUDO DO GRÁFICO DO MRU

- ESTUDO DO GRÁFICO $x \times t$

No MRU, a única grandeza cinemática que varia em função do tempo é a posição do ponto material. Como o movimento ocorre com velocidade constante v , a posição x depende linearmente do tempo t . Os gráficos $x \times t$ da figura 6 mostram duas situações possíveis para o MRU.

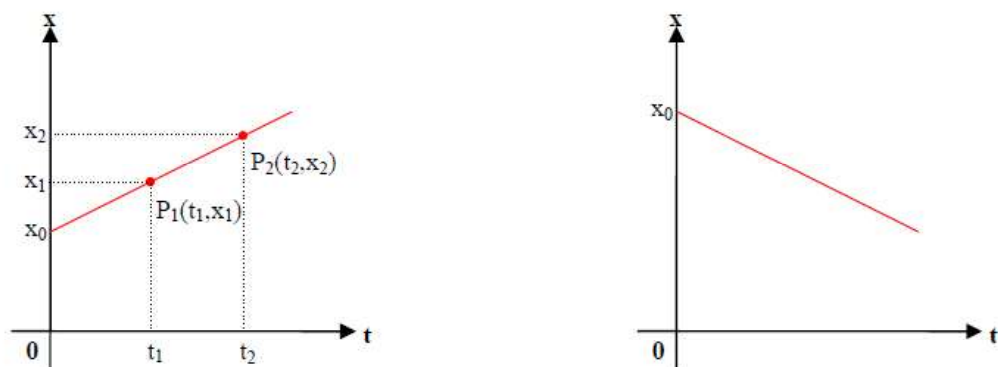


Figura 7: À esquerda, o gráfico $x \times t$ representando um MRU com velocidade positiva. À direita, o gráfico $x \times t$ representando um MRU com velocidade negativa. FONTE: GASPAR 2000)

Em ambos os gráficos $x \times t$ da figura 7, o ponto onde a reta (vermelha) corta o eixo das ordenadas (eixo das posições) representa a posição inicial x_0 do movimento, no instante $t = 0$. No gráfico à esquerda, a partir desta posição inicial, o movimento ocorre no sentido crescente do eixo das posições, indicando um deslocamento Δx positivo e, conseqüentemente, uma velocidade positiva. Já no gráfico à direita, o movimento ocorre no sentido contrário. Logo, o ponto material se desloca no sentido decrescente do eixo das posições, o que resulta num movimento com velocidade negativa. Para calcular o valor da velocidade, basta determinar o coeficiente angular m da reta, a partir de dois pontos quaisquer da mesma, como $P_1(t_1, x_1)$ e $P_2(t_2, x_2)$ no gráfico à esquerda da figura

acima. O coeficiente angular é numericamente igual à velocidade do ponto material, visto que:

$$m = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \quad \text{Equação 11}$$

Vejamos um exemplo de análise do gráfico $x \times t$ para o MRU, figura 8. O gráfico da posição versus tempo para dois objetos A e B , em movimento ao longo de uma mesma direção, é mostrado abaixo.

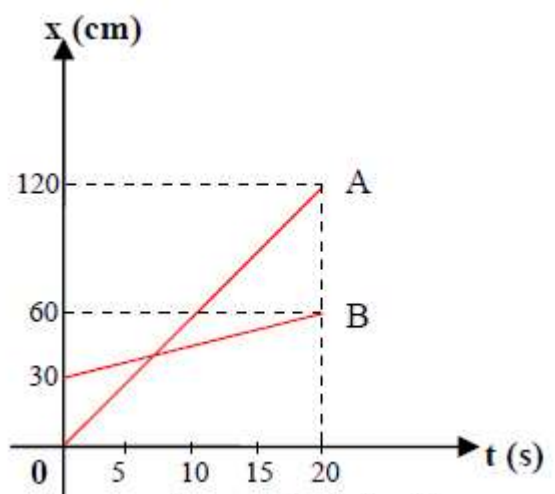


Figura 8: O gráfico $x \times t$ representando o movimento de dois objetos ao longo da mesma direção. FONTE: Acervo do professor.

Considerando um sistema de referência que aponta para a direita, vê-se que o objeto A inicia seu movimento da origem, isto é, da posição $x_0 = 0$. Já o objeto B inicia seu movimento da posição $x_0 = 30$ cm. Durante os primeiros 20 s de movimento, enquanto o objeto A sofre um deslocamento de 120 cm, o objeto B desloca-se de 30 cm. Logo, a velocidade de A é maior do que a de B . Este fato pode ser observado, também, pela inclinação das retas que representam os dois movimentos. Quanto maior for a inclinação da reta no gráfico $x \times t$, maior será a velocidade do corpo. Do gráfico acima, também é possível ver que a velocidade do objeto A vale 6 cm/s, enquanto a velocidade do objeto B é de 1,5 cm/s. Além disso, é possível verificar que no instante de tempo próximo a 7,5 s, os dois objetos se encontram na mesma posição.

- ESTUDO DO GRÁFICO $v \times t$

Os gráficos $v \times t$ da figura 9 representam as duas situações possíveis para o movimento de um ponto material ao longo de uma trajetória retilínea com velocidade constante.

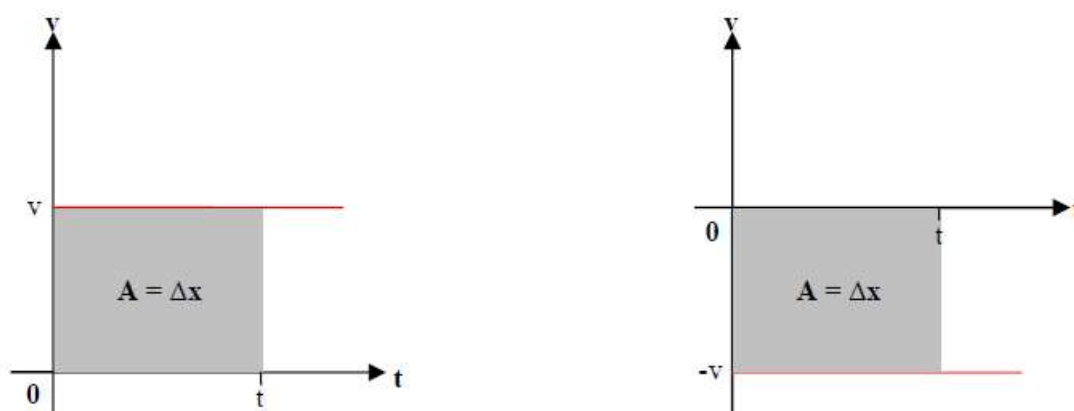


Figura 9: À esquerda, o gráfico $v \times t$ representando um MRU com velocidade positiva. À direita, o gráfico $v \times t$ representando um MRU com velocidade negativa. Fonte: GASPAR 2000)

Em ambos os gráficos da figura 9, a reta que representa os valores da velocidade é paralela ao eixo dos tempos, indicando que o movimento ocorre com velocidade constante. No gráfico à esquerda, a reta encontra-se acima do eixo dos tempos, indicando uma velocidade positiva. Já no gráfico à direita, a reta encontra-se abaixo do eixo dos tempos, indicando uma velocidade negativa. Além disso, a partir do gráfico $v \times t$ é possível extrair informações sobre o deslocamento do ponto material durante o intervalo de tempo considerado. A área compreendida entre a reta (vermelha) e o eixo dos tempos, limitada lateralmente pelos instantes de tempos considerados, é numericamente igual ao deslocamento do ponto material, visto que, para os casos acima:

$$A = bh = (t - t_0)v = \Delta x \quad \text{Equação 12}$$

Vejam os um exemplo de análise do gráfico $v \times t$ para o MRU. O gráfico da velocidade versus tempo, mostrado na figura 10, representa o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.

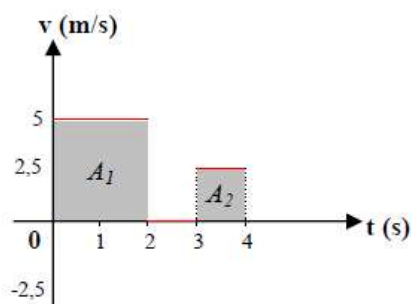


Figura 10: O gráfico $v \times t$ representando o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea. Fonte: GASPARG, 2000)

Considerando um sistema de referência que aponta para a direita, vê-se do gráfico acima que o corpo movimenta-se, durante os primeiros 2 s, no sentido crescente das posições com velocidade de 5 m/s. Seu deslocamento neste intervalo de tempo é numericamente igual a A_1 . Após, o corpo pára por 1 s, como indica o segmento de reta (vermelha) sobre o eixo dos tempos. Em seguida, volta a mover-se no mesmo sentido com velocidade de 2,5 m/s. Neste intervalo de tempo, seu deslocamento é igual a A_2 . Logo, o deslocamento que o corpo sofreu, durante os primeiros 4 s de movimento, corresponde a soma algébrica das áreas indicadas no gráfico.

$$\Delta x = \text{área} = A_1 + A_2 = b_1 h_1 + b_2 h_2 = 12,5\text{m} \quad \text{Equação 13}$$

4.6.2 ESTUDO DO GRÁFICO DO MRUV

- ESTUDO DO GRÁFICO $v \times t$

No MRUV, tanto a posição quanto a velocidade do ponto material variam com o tempo. Como o movimento ocorre com aceleração constante a , a velocidade v , depende linearmente do tempo. Os gráficos $v \times t$ da figura 11 abaixo, mostram duas situações possíveis para o MRUV.

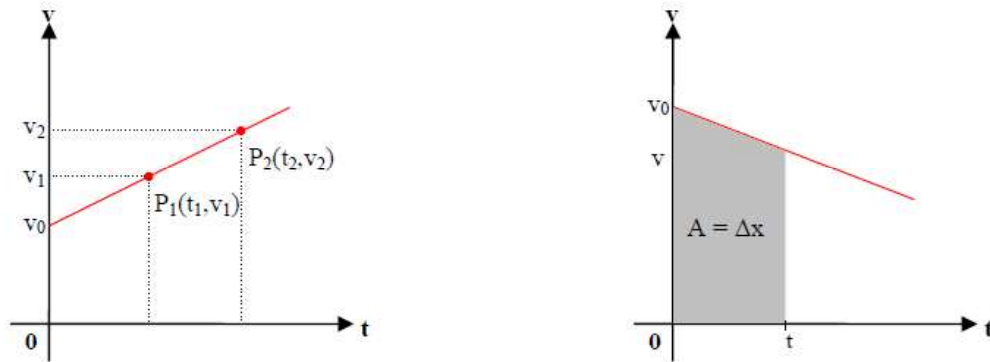


Figura 11: À esquerda, o gráfico $v \times t$ representando um MRUV com velocidade positiva. À direita, o gráfico $v \times t$ representando um MRUV com velocidade negativa. Fonte: GASPAR, 2000)

Em ambos os gráficos $v \times t$ da figura 11, o ponto onde a reta corta o eixo das ordenadas (eixo das velocidades) representa a velocidade inicial v_0 do movimento, no instante $t = 0$. No gráfico à esquerda, o movimento ocorre no sentido crescente do eixo das velocidades, indicando uma variação da velocidade Δv positiva e, conseqüentemente, uma aceleração positiva. Já no gráfico à direita, o ponto material se movimenta com velocidade cada vez menor, o que resulta numa aceleração negativa.

Para calcular o valor da aceleração, basta determinar o coeficiente angular m da reta, a partir de dois pontos quaisquer da mesma, como $P_1(t_1, v_1)$ e $P_2(t_2, v_2)$ no gráfico à esquerda da figura acima. O coeficiente angular é numericamente igual à aceleração do ponto material, visto que:

$$m = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = a \quad (\text{Equação 14})$$

Além disso, se extrapolarmos o traçado da reta no gráfico à direita, é possível determinar o instante de tempo em que o ponto material tem velocidade nula. E, da mesma forma que no MRU, a área compreendida entre a reta e o eixo dos tempos, limitada pelos instantes de tempo considerados, é numericamente igual ao deslocamento do ponto material, tal que:

$$A = \frac{(B+b)h}{2} = \frac{(v+v_0)t}{2} = \Delta x \quad (\text{Equação 15})$$

A última expressão obtida é a função horária do MRUV. Vejamos, então, um exemplo de análise do gráfico $v \times t$ do MRUV. O gráfico da velocidade versus tempo, mostrado na figura 12, representa o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.

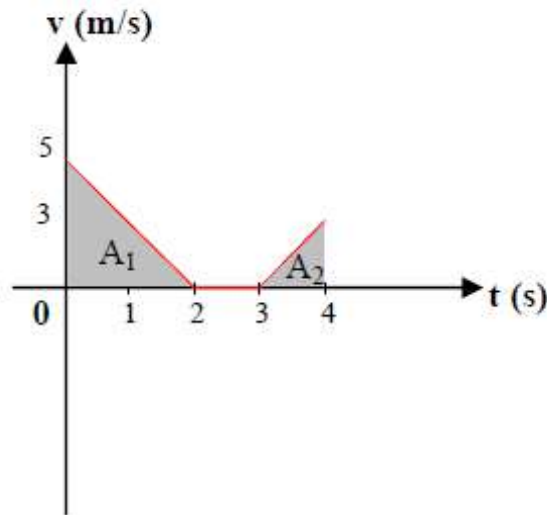


Figura 12: O gráfico $v \times t$ para o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea. Fonte: GASPAR, 2000)

Considerando um sistema de referência que aponta para direita, o gráfico acima representa o movimento de um corpo que, durante os primeiros 2 s, sofre uma aceleração de $-2,5 \text{ m/s}^2$. Seu deslocamento nesse intervalo de tempo é numericamente igual a A_1 . Embora esteja submetido a uma aceleração negativa, a velocidade do corpo se mantém positiva, resultando num deslocamento para a direita de 7,5 m. No terceiro segundo de movimento, o corpo permanece em repouso. Já no quarto segundo, o corpo volta a sofrer uma aceleração, agora, de 3 m/s^2 . Nesse último segundo, o seu deslocamento pode ser determinado pelo cálculo de A_2 , e vale 1,5 m. Logo, ao fim dos primeiros 4 segundos de movimento, seu deslocamento foi de 9 m.

- ESTUDO DO GRÁFICO $a \times t$

Os gráficos $a \times t$ da figura 13 representam as duas situações possíveis para o movimento de um ponto material ao longo de uma trajetória retilínea com aceleração constante.

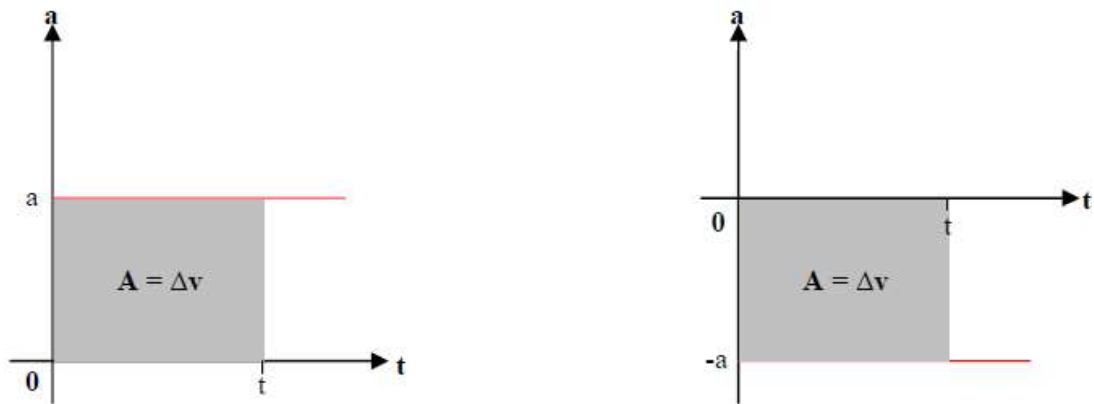


Figura 13: À esquerda, o gráfico $a \times t$ representando um MRUV com aceleração positiva. À direita, o gráfico $a \times t$ representando um MRUV com aceleração negativa. Fonte: GASPAR, 2000)

Em ambos os gráficos da figura 12, a reta que representa os valores da aceleração é paralela ao eixo dos tempos, indicando que o movimento ocorre com aceleração constante. No gráfico à esquerda, a reta encontra-se acima do eixo dos tempos, indicando uma aceleração positiva. Já no gráfico à direita, a reta encontra-se abaixo do eixo dos tempos, indicando uma aceleração negativa. Além disso, a partir do gráfico $a \times t$ é possível extrair informações sobre a variação da velocidade do ponto material durante o intervalo de tempo considerado. A área compreendida entre a reta e o eixo dos tempos, limitada lateralmente pelos instantes de tempos considerados, é numericamente igual à variação da velocidade do ponto material, visto que, para os casos acima:

$$A = bh = (t - t_0)a = \Delta v \quad (\text{Equação 16})$$

Vejamos um exemplo de análise do gráfico $a \times t$ para o MRUV. O gráfico da aceleração versus tempo, mostrado na figura 14, ilustra o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.

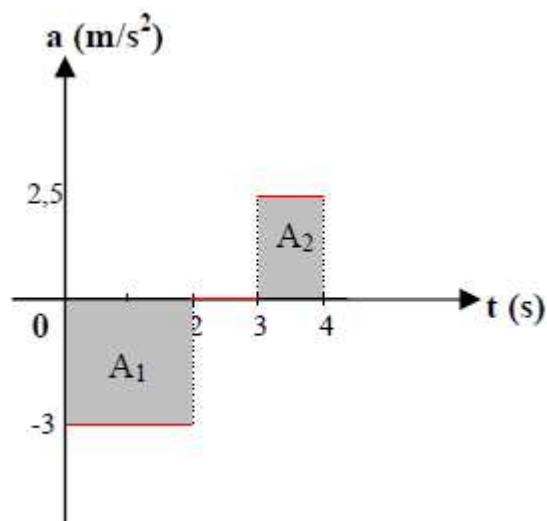


Figura 14: O gráfico $a \times t$ para o movimento de um corpo ao longo de uma trajetória retilínea.
Fonte: GASPAR, 2000)

Considerando um sistema de referência que aponta para a direita, o gráfico acima representa o movimento de um corpo que sofre, durante os primeiros 2 s, uma aceleração constante de -3 m/s^2 . Neste intervalo de tempo, a variação da velocidade corresponde a área A_1 , e vale -6 m/s . No terceiro segundo de movimento a velocidade do corpo se mantém constante, pois o gráfico indica uma aceleração nula. Em seguida, o corpo adquire uma aceleração constante de $2,5 \text{ m/s}^2$. Neste intervalo de tempo, a variação da velocidade corresponde à área A_2 , e vale $2,5 \text{ m/s}$. Logo, ao longo de todo o movimento a variação total da velocidade do corpo pode ser calculada pela soma algébrica das áreas A_1 e A_2 , e vale $-3,5 \text{ m/s}$.

- ESTUDO DO GRÁFICO $x \times t$

No MRUV, a função matemática que relaciona a posição do ponto material com o tempo é a função quadrática (ou de segundo grau). Os gráficos da figura 15 mostram as duas situações possíveis para o MRUV.

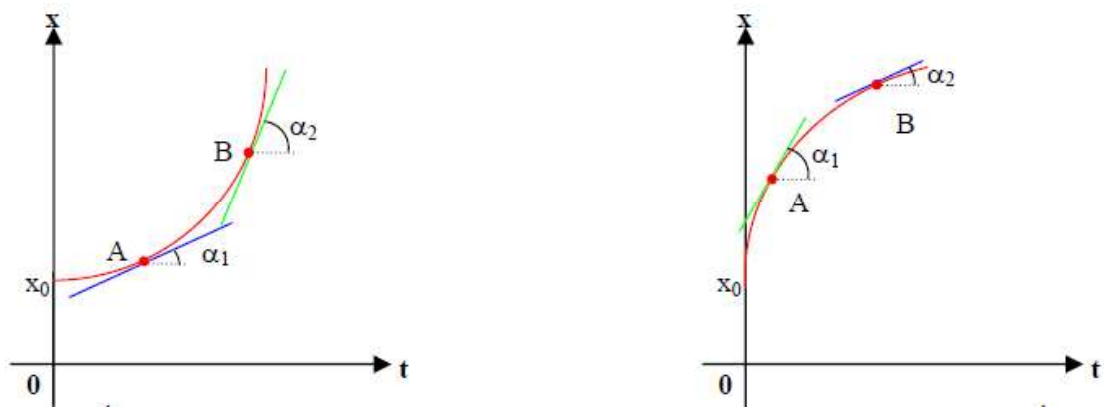


Figura 15: À esquerda, o gráfico $x \times t$ representando um MRUV com aceleração positiva. À direita, o gráfico $x \times t$ representando um MRUV com aceleração negativa. Fonte: GASPAR, 2000)

Em ambos os gráficos $x \times t$ da figura 15, o ponto onde a parábola corta o eixo das ordenadas (eixo das posições) representa a posição inicial x_0 do movimento, no instante $t = 0$. No gráfico à esquerda, a parábola tem concavidade para cima. Os coeficientes angulares das retas tangentes à parábola nos pontos A e B são numericamente iguais às velocidades nestes pontos. Como $\alpha_2 > \alpha_1$, a velocidade no ponto B é maior do que no ponto A , indicando uma variação da velocidade Δv positiva e, conseqüentemente, uma aceleração a positiva. Já no gráfico à direita, a concavidade da parábola é para baixo. E, como $\alpha_1 > \alpha_2$, a velocidade no ponto A é maior do que no ponto B , indicando uma variação da velocidade Δv negativa e, conseqüentemente, uma aceleração a negativa.

4.7 FÍSICA DO LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

Vamos considerar a seguir, um caso especial de movimento bidimensional: Uma partícula que se move em um plano vertical com velocidade inicial e com uma aceleração constante, igual a aceleração de queda livre, dirigida para baixo. Uma partícula que se move desta forma é chamada projétil (o que significa que é projetada ou lançada), e seu movimento é chamado de movimento balístico. Um projétil pode ser uma bola de tênis ou de pingue-pongue, mas não um avião ou um pato. Muitos esportes envolvem os movimentos balísticos de uma bola; jogadores e técnicos estão sempre procurando controlar esses movimentos para obter o máximo de vantagem.

Aqui, apresentaremos o movimento de projéteis sem a resistência do ar.

O projétil é lançado com uma velocidade inicial \vec{v}_0 que pode ser descrita como:

$$\mathbf{v}_0 = v_{0x}\hat{i} + v_{0y}\hat{j} \quad \text{Equação 17}$$

As componentes v_{0x} e v_{0y} podem ser calculadas se conhecermos o ângulo θ_0 entre \mathbf{v}_0 e o semi-eixo x positivo.

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta \quad v_{0y} = v_0 \sin\theta \quad \text{Equação 18}$$

Durante o movimento bidimensional, o vetor \vec{r} e a velocidade \vec{v} do projétil mudam constantemente, mas o vetor aceleração \vec{a} é constante e está sempre dirigido verticalmente para baixo. O projétil não possui aceleração horizontal.

O movimento de projéteis, como na figura 16, parece complicado, mas temos seguinte propriedade simplificadora (demonstrada experimentalmente):

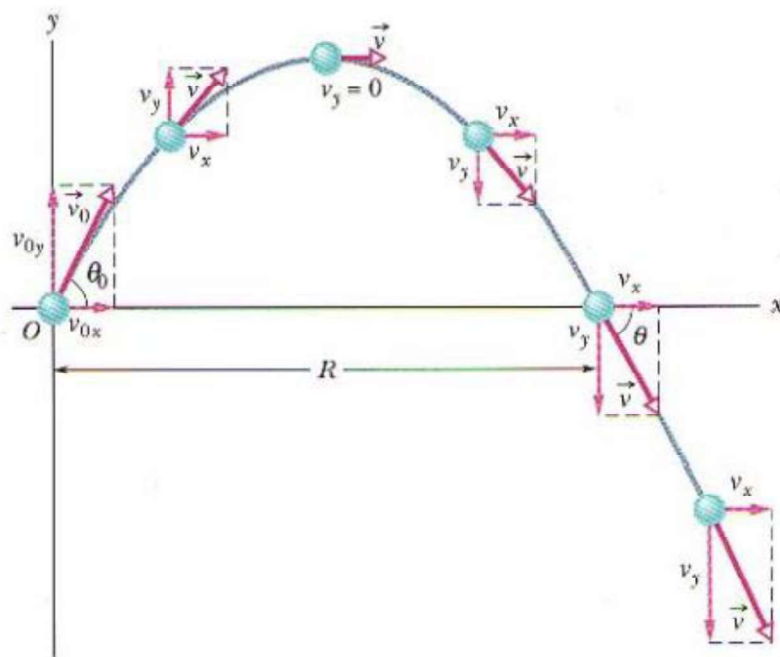


Figura 16: observe que a componente horizontal da velocidade permanece constante, mas a componente vertical muda continuamente. O alcance R é a distância horizontal percorrida pelo projétil quando retorna à altura do lançamento. FONTE: HALLIDAY. 2019 P. 71)

No movimento de projéteis, o movimento horizontal e o movimento vertical são independentes, ou seja, um não afeta o outro.

Esta propriedade permite decompor um problema que envolve um movimento bidimensional em dois problemas unidimensionais independentes e mais fáceis de serem resolvidos, um para o movimento horizontal (com aceleração nula) e outro para o movimento vertical (com aceleração constante para baixo). Apresentamos a seguir dois experimentos que mostram que os movimentos vertical e horizontal são realmente independentes.

4.7.1 DUAS BOLAS DE GOLFE.

A figura 17 é uma fotografia estroboscópica de duas bolas de golfe, uma que simplesmente se deixou cair e outra que é lançada horizontalmente por uma mola. As bolas de golfe têm o mesmo movimento vertical: ambas percorrem a mesma distância vertical no mesmo intervalo de tempo. O fato de uma bola estar se movendo horizontalmente enquanto está caindo não afeta o seu movimento vertical, ou seja, os movimentos horizontal e vertical são independentes.

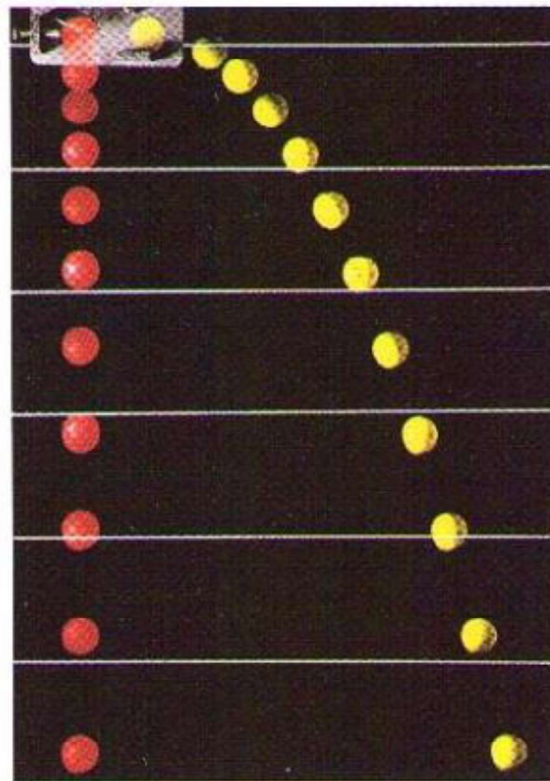


Figura 17: Uma bola é deixada a cair do repouso no mesmo instante que a outra bola é lançada horizontalmente para a direita. Os movimentos verticais das duas bolas são iguais. FONTE:

HALLIDAY, 2019. P. 73

4.7.2 SEGUNDO EXPERIMENTO

A figura 18 é uma representação de um canudo C usado para soprar bolas em direção a uma lata suspensa por um eletroímã E. o experimento é montado de forma que o canudo está apontado para a lata e o ímã solta a lata no mesmo instante em que a bola deixa o tubo.

Se g (o módulo da aceleração de queda livre) fosse zero, a bola seguiria a trajetória em linha reta como mostrada na figura 18 e a lata continuaria no mesmo lugar, após ter sido deixada pelo eletroímã E. Assim, a bola sempre acerta a lata para qualquer valor do sopro. Na realidade, g não é zero, mas mesmo assim , a bola sempre atinge a lata. A aceleração da gravidade faz com que a bola e a lata sofram o mesmo deslocamento para baixo, h . Quanto maior a força do sopro, maior a velocidade inicial da bola, menor o tempo que a bola leva para chocar com a lata e menor o valor de h .

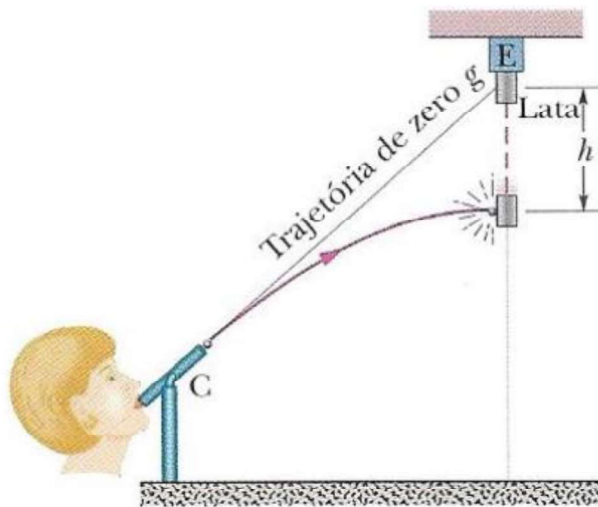


Figura 18: A bola sempre acerta na lata que está caindo, já que as duas percorrem a mesma distância h em queda livre. Fonte: Halliday, 2019, pág. 71

4.8 ANÁLISE DO MOVIMENTO DE UM PROJÉTIL

MOVIMENTO HORIZONTAL

Como não existe aceleração na direção horizontal, a componente horizontal v_x da velocidade de um projétil permanece inalterada e igual ao seu valor inicial v_{0x} durante toda a trajetória. Em qualquer instante t , o deslocamento horizontal do projétil em relação à posição inicial, $x - x_0$, é dado por:

$$x - x_0 = v_{0x}t \quad \text{Equação 19}$$

Como $v_{0x} = v_0 \cos \theta$, temos:

$$x - x_0 = v_0 \cos \theta_0 t \quad \text{Equação 20}$$

MOVIMENTO VERTICAL

O movimento vertical é o movimento de queda livre. Neste, a aceleração é constante. Assim:

$$\begin{aligned} y - y_0 &= v_{0y}t - \frac{gt^2}{2} \\ &= (v_0 \sin \theta_0)t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad \text{Equação 21}$$

onde a componente vertical da velocidade inicial v_{0y} , é substituída pela expressão equivalente $v_0 \sin \theta_0$.

$$v_y = v_0 \sin \theta_0 - gt \quad \text{Equação 22}$$

$$v_y^2 = (v_0 \sin \theta_0)^2 - 2g(y - y_0) \quad \text{Equação 23}$$

Como mostram a figura 18 e a equação 22, a componente vertical da velocidade se comporta exatamente como a de uma bola lançada verticalmente para cima. Inicialmente ela está dirigida para cima e seu módulo diminui continuamente até se anular, o que determina a altura máxima da trajetória. Em seguida a componente vertical da velocidade muda de sentido e seu módulo passa a aumentar com o tempo.

EQUAÇÃO DA TRAJETÓRIA

A equação do caminho percorrido pelo projétil, é a equação de sua trajetória. Ela pode ser obtida eliminando o tempo t , nas equações 20 e 21. Explicitando t na equação 4-21 e substituindo o resultado na eq. 4-22, obtemos, após algumas manipulações algébricas:

$$y = (\tan\theta_v)x - \frac{gx^2}{2(v_0\cos\theta)^2} \quad \text{Equação 24}$$

Esta é a equação da trajetória mostrada na figura 18. Ao deduzi-la, para simplificar, fizemos $x_0 = 0$ e $y_0 = 0$ nas eq 20 e 21. como g , θ_0 e v_0 são constantes, a eq. 24 é da forma $y = ax + bx^2$, onde a e b são constantes. Como esta equação é uma parábola, a trajetória é parabólica.

ALCANCE HORIZONTAL

O alcance horizontal R de um projétil é a distância horizontal percorrida pelo projétil até voltar a sua altura inicial (altura de lançamento). Figura 17. Para determinar o alcance R , fazemos $x = x_0 = R$ na equação 4-21 e $y - y_0 = 0$ na eq. 21, obtendo:

$$R = (v_0\cos\theta_0)t \quad \text{Equação 25}$$

$$0 = (v_0\text{sen}\theta_0)t - \frac{gt^2}{2} \quad \text{Equação 26}$$

Eliminando t nessas duas equações, obtemos:

$$R = \frac{2v_0^2}{g}\text{sen}\theta_0\cos\theta_0 \quad \text{Equação 27}$$

E usando a identidade: $\text{sen}2\theta_0 = 2\text{sen}\theta_0\cos\theta_0$ obtemos:

$$R = \frac{v_0^2}{g}\text{sen}2\theta_0 \quad \text{Equação 28}$$

Obs. Esta equação não fornece a distância horizontal percorrida pelo projétil quando a altura final é diferente da altura de lançamento. Observe que R na eq. 25 atinge valor máximo para $\text{sen} 2\theta_0 = 1$, que corresponde a $2\theta_0 = 90^\circ$ ou $\theta_0 = 45^\circ$. Entretanto, quando a altura final é diferente da altura do lançamento, como acontece no arremesso de peso, lançamento de disco e basquetebol, a distancia horizontal máxima não é atingida para um ângulo de lançamento de 45° .

5. A CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nesta seção, descreveremos como foi montada a sequência didática segundo a aprendizagem significativa de David Ausubel. Para isto, seguimos os seguintes passos: a identificação dos conceitos a serem ensinados e suas proposições; o diagnóstico do que o aluno já sabe; o reconhecimento de que o conteúdo deve ser organizado considerando os princípios de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, organizados sequencialmente e consolidados; o Ensino utilizando recursos que colaborem para a aquisição de estruturas cognitivas de maneira significativa. Todos estes itens foram observados e seguidos durante a elaboração da sequência.

5.2 PROPOSIÇÕES

Ao estudar os tópicos de Física na seção 4 desta dissertação vemos que eles aparecem em uma ordem sequencial.. Esta ordem foi feita analisando livros de Física do Ensino Médio (BONJORNO, 2016) e, portanto, aparecem nesta ordem: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, deslocamento, velocidade (velocidade média e velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração, movimento retilíneo uniformemente variado, vetores e cinemática vetorial.

Para o estudo dos conceitos listados acima, será proposta uma estrutura de gamificação. Essa estrutura será em fases, onde para cada fase se levantarão subsunçores, seguida da organização dos novos conceitos e proposição de atividades individuais ou em grupos. A cada fase os alunos serão desafiados a “vencer” e progredir, com “premiações”. Portanto, cada fase terá uma estrutura de “game” no qual o aluno irá “passando de fases” como se estivesse em um jogo. Propõe-se, então, também o aprendizado por meio de um aplicativo gratuito que pode ser baixado nos “smartphones” dos alunos. O aplicativo chama se “Ciência dos Movimentos”, Versão: 2.9:a1 (SOARES, 2020). Neste aplicativo, encontra-se a definição dos conceitos de ponto material, corpo extenso, espaço e referencial, e também a definição de grandezas envolvidas como posição, trajetória, deslocamento, velocidade média, velocidade instantânea, movimento progressivo, movimento retrógrado, aceleração média e aceleração instantânea. Esta é a parte do desenvolvimento da sequência didática, na qual os alunos terão contato com a Cinemática

escalar e seus conceitos básicos, e responderão o questionário 3, presente no anexo A, com o auxílio do aplicativo citado acima.

Os grupos, como citados anteriormente, serão definidos inicialmente e permanecerão até o fim da aplicação da sequência. As três primeiras aulas, serão sobre os conceitos básicos da Cinemática escalar. Após uma aula expositiva sobre esses conceitos, os alunos com o “smartphone” em mãos, responderão ao questionário 3 (para levantamento dos subsunçores). O grupo de alunos que responder em menor tempo e corretamente ganhará pontos. Esta etapa, corresponde a terceira aula, onde responderão o questionário 3. O questionário 3 está no anexo deste trabalho.

Quanto aos ambientes, além da sala de aula, pretende-se utilizar quadras esportivas, laboratórios, salas de informática, salas de cinema, e outros espaços que a escola oferecer. Também, serão feitas aulas expositivas, aulas de “sala invertida”, aulas interativas.

5.3 A IDENTIFICAÇÃO DOS SUBSUNÇORES RELEVANTES À APRENDIZAGEM DAQUELE CONTEÚDO

Este trabalho pretende ser potencialmente significativo, para isso o aluno terá que ter uma predisposição para aprender, consolidando assim o conhecimento. De acordo com Ausubel, o conhecimento prévio do aluno é a variável mais importante na construção do conhecimento (MOREIRA, 2010). Para isso, ele faz a definição de subsunçor:

“é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos dos indivíduos, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto MOREIRA, 2010, pag. 5)

Portanto, nesta etapa, se pretenderá levantar os subsunçores. Estes podem ser concepções alternativas, conceitos errôneos sobre velocidade, sobre força, ou podem ser conceitos prévios corretos sobre cinemática. Através de registros, destacaremos os subsunçores relevantes antes da aplicação do produto necessário. A Cinemática é ensinada no primeiro ano do Ensino Médio, entretanto, os alunos são introduzidos aos conceitos de Física desde o 8º e 9º anos. Por isso, foi feito um levantamento dos livros de Ciência dos 8º e 9º anos da rede pública de Minas Gerais, para levantar os conceitos já vistos de Cinemática. Foi feita uma revisão dos livros chamados “Araribá mais Ciências”, utilizados no 8º e 9º anos do Ensino Fundamental (CARNEVALLE, 2018). Ao revisar o

livro do 8º ano, encontramos uma unidade sobre Força e Movimento, onde os seguintes tópicos aparecem listados: Movimento ou repouso, Velocidade, Aceleração, Composição das forças e as leis de Newton. Com isso, espera-se que os alunos já tenham tido o primeiro contato com conceitos básicos de Cinemática e Dinâmica. A foto a seguir mostra os tópicos presentes no Livro Didático.

Unidade	Tema	Conteúdo	Página
UNIDADE 1	TEMA 1	Movimento ou repouso?	118
	TEMA 2	Velocidade	123
	TEMA 3	Aceleração	124
	TEMA 4	Mover, parar, deformar	129
	TEMA 5	As leis de Newton	130

Figura 19: Sumário do livro Araribá mais Ciências, Unidade Força e Movimento.

Fonte : Acervo do professor

Ao realizar este levantamento bibliográfico dos livros de Ciências do 8º e 9º anos, encontramos alguns livros que não possuem conteúdo nenhum sobre Cinemática. Como os livros “Ciências, Vida e Universo” (GODOY, 2020) editora FTD, “Tempo de Ciências” (SOUZA, PIETROCOLA, FAGUONATO, 2019), editora do Brasil e “Teláris Ciências” (GEWANDSZNAJDER, PACCA, 2019), editora Ática Portanto, é possível que os alunos não tenham recebido nenhum ensino formal sobre esse conceito de Cinemática no Ensino Fundamental, caso tenham utilizado algum destes livros. Contudo, o livro Araribá Mais Ciências (CARNEVALLE, 2019, EDITORA MODERNA) é o livro mais atual e o mais usado no Ensino Fundamental da rede pública de Minas Gerais. Mas, se esta Sequência Didática for aplicada no segundo ou no terceiro ano do Ensino Médio, os alunos já terão uma base, um conhecimento prévio sobre o assunto.

Os subsunçores a serem pesquisados são: velocidade, deslocamento, referencial, aceleração e força. Estes subsunçores deviam ter sido construídos no Ensino Fundamental. Portanto, para verificá-los, veremos os registros do questionário 1.

Após, a coleta dos subsunçores iniciais, a respeito de Cinemática escalar básica, faremos a segunda coleta de subsunçores, que terá início na quarta aula desta Sequência. Usando a plataforma Kahoot, será aplicado um questionário (questionário 2), na forma de um “Quiz”. Esta plataforma de “quiz” é gratuita.

O Kahoot é uma plataforma de aprendizado baseado em jogos de diferentes modalidades, incluído em “quiz game” disponível no *site*: <https://kahoot.com/>, no qual podem ser adicionadas perguntas pelo professor e essas são convertidas em um jogo com pontuação, interação e premiação. (Dellos, 2015; Costa et al. 2017).

Utilizaremos essa ferramenta com um “quiz” sobre questões básicas de lançamento de projéteis. Esta tarefa será realizada em grupos. O grupo que responder mais rápido e corretamente terá um bônus para seguir para próxima etapa. Com a ferramenta do Kahoot, pretende-se levantar os subsunçores dos alunos a respeito da sua concepção sobre o lançamento de projéteis. Esta etapa durará uma aula de cinquenta minutos.

5.4 O DIAGNÓSTICO DO QUE O ALUNO JÁ SABE

O conhecimento prévio, é na visão de Ausubel, a variável isolada mais importante para aprendizagem significativa (MOREIRA, 2010). Portanto, através de um questionário prévio, e registros, procuraremos saber o que o aluno já sabe.

Após a aplicação dos questionários 1, 2 e 3; teremos registros dos alunos a respeito dos subsunçores. Portanto, teremos como avaliar o que o aluno já sabe e o que o aluno não sabe. Após essa análise, vamos suprir o conhecimento do aluno naquilo que ele ainda não compreendeu ou compreendeu erroneamente para entender o lançamento de projéteis, que é o objetivo principal deste trabalho.

5.5 O RECONHECIMENTO DE QUE O CONTEÚDO DEVE SER ORGANIZADO CONSIDERANDO OS PRINCÍPIOS DE DIFERENCIAÇÃO PROGRESSIVA E RECONCILIAÇÃO INTEGRATIVA.

De acordo com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (AUSUBEL, 2000), a estrutura cognitiva, considerada como uma estrutura de subsunçores inter-relacionados e hierarquicamente organizados é uma estrutura dinâmica caracterizada por dois processos principais, a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa (MOREIRA, 2010).

De acordo com Moreira (2010), diferenciação progressiva é:

“é o processo de atribuição de novos significados a um

dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.” (MOREIRA, 2010, pag. 6).

Portanto, a diferenciação progressiva, ocorre da interação com o conhecimento prévio e o novo conhecimento, afim de que o subsunçor fique mais rico, elaborado e refinado.

A reconciliação integrativa é definida como:

“A reconciliação integradora, ou *integrativa*, é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.” (MOREIRA, 2010, pag. 6).

Para haver a aprendizagem significativa, esses dois processos precisam ocorrer na estrutura cognitiva do aluno. O aluno deve diferenciar, mas também reconciliar conceitos na sua estrutura e esses são processos simultâneos.

Utilizando outra referência sobre o processo de diferenciação progressiva e de reconciliação integrativa, temos que baseado na teoria de Ausubel, um modelo de organização lógico a ser seguido para uma aula expositiva é proposto por Ronca e Escobar (1980) com a utilização do Princípio da Diferenciação Progressiva e o Princípio da Reconciliação Integrativa, então para que ocorra a aprendizagem significativa os autores escrevem:

“O Princípio da Diferenciação Progressiva propõe que, na programação de um material de aprendizagem, as ideias mais gerais e inclusivas sejam apresentadas em primeiro lugar, para depois serem progressivamente diferenciadas, em termos de detalhes e especificidades.
(Ronca e Escobar, 1980, p. 94).

Segundo Ronca e Escobar, (1980), a utilização do Princípio da Diferenciação Progressiva se justifica porque, segundo a psicologia cognitiva, esta ordem corresponde presumivelmente à sequência natural de aquisição de conhecimento pelos seres humanos quando confrontados com algo inteiramente novo ou com um ramo ignorado de um corpo de conhecimento já adquirido e também porque esta ordem é como o conhecimento é representado, organizado e estocado no sistema cognitivo humano (JESUS, 2004).

O Princípio da Reconciliação Integrativa auxilia o professor na elaboração de uma aula expositiva porque estabelece as ligações entre ideias semelhantes assim como as suas diferenças, dando ao aluno uma visão global do assunto estudado, sem que este fique dividido em tópicos sem aparente relação entre eles. Além disso, pode estabelecer

relações entre o conteúdo que acabou de ser exposto e ideias apresentadas anteriormente e também com ideias que ainda serão apresentadas. Note que quando falamos em interdisciplinaridade, onde é feita a integração entre diferentes disciplinas, às vezes esquecemos da própria disciplina e não fazemos as relações necessárias. Os conteúdos matemáticos são muitas vezes completamente desvinculados uns dos outros e nem sempre o aluno sozinho consegue compreender suas relações (JESUS, 2004).

Há conteúdos que pretendemos que os alunos processem a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Os conteúdos são: Velocidade, Movimento Retilíneo Uniforme, Aceleração e Movimento Retilíneo Uniformemente variado.

Esses são os conteúdos, que precisam ser organizados e colocados nesta sequência. Esses conteúdos se encontram nesta sequência em materiais voltados para o Ensino Médio.

Por exemplo, ao estudar o conteúdo velocidade, antes do aluno ter contato com o material, ele já sabe que velocidade está associada a “rapidez” de um corpo. Quando este aluno tem contato com a sequência e percebe a definição de velocidade média e de velocidade instantânea e suas diferenças, ele estará fazendo a diferenciação progressiva, e ao mesmo tempo, ao perceber que velocidade é a variação do deslocamento no tempo, ele estará processando a reconciliação integrativa. Isso deve ocorrer, com os seguintes conteúdos, e nesta ordem: velocidade, movimento retilíneo uniforme, aceleração e movimento retilíneo uniformemente variado.

Todos os recursos utilizados nesta primeira parte da sequência e todas essas estruturas, serão utilizados para colaborar com o Ensino de maneira significativa, alimentando as estruturas cognitivas dos alunos.

6. OBJETIVOS

OBJETIVOS GERAIS

Esta dissertação e seu produto têm o objetivo de ensinar a física da cinemática e principalmente a física do lançamento de projéteis e avaliar qualitativamente a aplicação da sequência em alunos do 1º e 2º anos do Ensino Médio.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Criação de uma sequência didática potencialmente significativa;
- Aplicação da sequência criada;
- Avaliação qualitativa onde os alunos terão seus subsunçores alimentados e diferenciados. Com isso, a estrutura cognitiva do aluno ficará enriquecida e refinada;
 - Propor o trabalho em grupo e a cooperação entre os alunos. Através destas sete aulas, queremos que os alunos adquiram competências e habilidades de resolverem problemas sobre lançamento oblíquo no seu cotidiano;
 - Cumprir os objetivos diferentes e específicos de cada aula da sequência didática.

7. METODOLOGIA

As sete aulas desta sequência foram montadas, primeiramente fazendo um levantamento bibliográfico em livros de física no Ensino Médio. Primeiramente, o intuito da sequência foi levantar o conhecimento prévio do aluno, sobre temas pesquisados em livros de física sobre cinemática. Por isso, esta sequência se baseou na aprendizagem significativa de David Ausubel. Com isso, as três primeiras aulas foram montadas, para que os alunos aprendam significativamente conceitos de cinemática, como: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, posição, deslocamento escalar, distância percorrida, velocidade, aceleração, movimento retilíneo uniforme e movimento retilíneo uniformemente variado. Então, baseado na aprendizagem significativa, todos esses conceitos foram trabalhados nas primeiras três aulas. Estes conceitos citados podem ser os subsunçores dos alunos do Ensino Médio. Portanto, ao terem contato com a sequência didática, os alunos, “alimentarão” seu conhecimento prévio, e tirando suas concepções alternativas sobre cinemática.

Após a aplicação das três primeiras aulas, iniciamos a quarta aula, na qual abordamos, até o fim da sequência, o lançamento de projéteis. Sabendo que desse movimento é descrito pela composição de dois movimentos: o movimento retilíneo uniforme na horizontal e o movimento retilíneo uniformemente variado na vertical. Primeiramente, supomos que os alunos sabem as equações destes dois movimentos

estudados na primeira parte da sequência. Com isso, na quarta aula temos uma aula expositiva sobre lançamento de projéteis, e continuando, a quinta aula, consiste de uma atividade gamificada na quadra de esportes. Aliás, toda a sequência didática é gamificada. A gamificação, como uma metodologia atual, consiste em trazer a dinâmica de um jogo eletrônico para meios “no-games”, como o caso da educação. O seu uso se justifica para engajar e motivar os alunos extrinsecamente. Portanto, na quinta aula, descrita na seção 6, faremos uma atividade gamificada, e acompanhada de um aplicativo que tem a função de uma trena virtual, vamos coletar dados, como a altura máxima atingida por um projétil. Na sequência didática, vamos utilizar vários espaços, como laboratório de informática, quadras esportivas, sala de aula. E iremos utilizar várias ferramentas para o aprendizado, como smartphones, aplicativos, simulações, aparato experimental, computadores, giz, lousa, retroprojektor. Tudo isso para que ocorra a aprendizagem significativa, diferente da mecanicista e puramente memorística.

8. SEQUÊNCIA DIDÁTICA

8.1 PRIMEIRA AULA

- Tema: Conceitos básicos de cinemática escalar, movimento retilíneo uniforme e movimento retilíneo uniformemente variado.
- Objetivos: Levantar os conhecimentos prévios dos alunos, ou seja, seus subsunçores sobre conceitos básicos de cinemática escalar, principalmente sobre o movimento retilíneo uniforme e movimento retilíneo uniformemente variado.
- Público alvo: alunos do primeiro ano do Ensino Médio.
- Duração: 50 minutos.
- Materiais e recursos necessários: Materiais, equipamentos e recursos necessários: retroprojektor, notebook, utilização do software PowerPoint, apresentação de slides, quadro branco e canetas.
- Quais materiais, equipamentos, recursos são necessários para essa aula?
- Aplicação: 05 de agosto de 2021

8.3.1 DESCRIÇÃO DA PRIMEIRA AULA:

A primeira aula será expositiva. Será usado o projetor para a utilização de slides. Os slides apresentados estão no anexo deste trabalho. O conteúdo da aula serão conceitos básicos de cinemática escalar: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, posição, deslocamento, velocidade (velocidade escalar média, velocidade média, velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração e movimento retilíneo uniformemente variado. Neste momento, explicamos aos alunos que se trata de uma sequência didática que iremos utilizar a gamificação, de forma a engajar os alunos, tendo em vista que a gamificação é pouco usada em salas de aula. Explicou-se também que os alunos seriam avaliados através de um ranking, que será atualizado depois de cada etapa gamificada.

Avaliação: Cada grupo deverá responder o questionário 1 em casa ou em sala de aula e entregar para o professor. O grupo que responder corretamente será melhor pontuado e aumentará seus pontos no “ranking”.

8.2 SEGUNDA AULA

- Tema: Cinemática escalar. Apresentação do conceito de Velocidade média, através de uma atividade gamificada. Esta aula é para ser aplicada numa quadra de esportes. Como a escola que o professor aplicará o produto não tem quadra de esporte, esta atividade será feita na rua. Esta atividade pode ser realizada em algum espaço amplo. Não necessariamente em uma quadra, mas pode ser realizada num pátio, numa sala ampla, ou até mesmo na rua. A atividade pode ser feita de maneira que todos podem fazer na presença do professor, utilizando um relógio digital, por exemplo.
- Objetivos: Fazer os alunos trabalharem em grupo. Resolver problemas sobre velocidade média. Calcular o perímetro de uma quadra de Futsal. Desenvolver habilidades e competências nos alunos de resolverem problemas. Concretizar o conceito de velocidade média e responder o questionário final 2, presente no final da descrição desta aula.
- Materiais, equipamentos e recursos: relógio digital, smartphone, aplicativo STRAVA, espaço amplo para corrida, GPS.
- Público alvo: Alunos do primeiro ano do Ensino Médio.
- Duração: 50 minutos.
- Aplicação: 12 de agosto de 2021

8.2.1 DESCRIÇÃO DA SEGUNDA AULA

As turmas a ser aplicada a sequência contêm 48 alunos. Essa turma se dividirá em seis grupos.

Atividade: Os alunos devem baixar o aplicativo STRAVA no seu “smartphone”, ou utilizar um relógio digital que possui GPS. Com isso, a atividade consiste que cada grupo deverá escolher um representante para correr no mínimo 400 metros. O grupo deve cronometrar o tempo de corrida e com isso calcular a velocidade. O grupo que apresentar a maior velocidade ganha a “prova”.

Avaliação: O grupo que atingir a maior velocidade com cálculos corretos ganha a competição.

8.2.2 IDEIA ORIGINAL DA SEGUNDA AULA

Segue abaixo a ideia original da segunda aula, que não foi aplicada devido à falta de espaço na escola:

Atividade 1: Os alunos estarão postos na quadra de esportes e primeiramente deverão calcular o perímetro da quadra de diferentes formas. Poderão utilizar uma trena ou medir o perímetro através de passos padrões. Essa medida deverá ser em metros. Depois de calcular aproximadamente o perímetro da quadra em metros, o valor será anotado no questionário 1.

Atividade 2: Os alunos em grupos de meninos e meninas escolherão três alunos do grupo que deverão correr em volta do perímetro da quadra. O primeiro aluno percorre uma volta, o segundo aluno, então percorre a segunda volta e o terceiro aluno percorre a última volta. Estas corridas deverão ser cronometradas (os alunos podem usar o celular ou relógios). O tempo ao completar cada volta deverá ser anotado no questionário 1 em segundos e calcularão o tempo médio.

Atividade 3: Ao anotarem os perímetros da quadra e soma-los, deverão calcular o perímetro médio, os grupos terão a informação do deslocamento percorrido pelos alunos, que também deverá ser anotado em metros. Os alunos também têm a informação do tempo percorrido. Com esses dois dados, será pedido para eles calcularem a velocidade média do aluno que percorreu a quadra por três vezes. Essa velocidade em metros por segundo deverá ser anotada no questionário 1.

- Avaliação: o grupo então será avaliado da forma de como agiram na atividade. O perímetro do grupo que mais se aproximar com o perímetro real será o grupo

melhor avaliado. A forma de como calcular esse perímetro também será avaliada. Por fim, o grupo que calcular a velocidade média de maneira correta e que obter o valor mais exato será o melhor avaliado. Ao fim da atividade, os grupos estarão em um “ranking”, com uma pontuação simbólica. O grupo em primeiro lugar será o melhor no ranking, e assim por diante. A atividade será discutida brevemente na próxima aula, e o “ranking” será exposto para os alunos se motivarem a vencerem a “competição”.

8.3 TERCEIRA AULA

- Tema: Cálculo da aceleração da gravidade, a partir de um objeto em queda livre.
- Objetivos: Calcular a aceleração da gravidade e identificar as características do movimento retilíneo uniforme.
- Público alvo: Alunos do primeiro ano do Ensino Médio.
- Quais materiais, equipamentos, recursos são necessários para essa aula?
- Materiais, equipamentos e recursos: objeto massivo, como uma bola de futebol, cronômetro digital ou cronômetro sonoro, fita métrica.
- Duração: 50 minutos.
- Aplicação: 19 de agosto de 2021.

6.3.1 DESCRIÇÃO DA TERCEIRA AULA

Atividade: Os alunos em grupos têm em mãos, uma trena, uma bola de futebol e um cronômetro digital. A atividade pode ser feita com um cronômetro acústico do aplicativo PhyPhox, para melhores resultados. Os alunos devem medir a altura de queda de uma bola e cronometrar o tempo de queda. Tendo esses dados nas mãos, eles devem calcular a aceleração da gravidade.

Avaliação: O grupo que encontrar o valor mais próximo de $9,8 \text{ m/s}^2$ ganha a competição. Preenchendo assim o questionário 3. Os alunos devem calcular a velocidade na queda também. Os alunos devem usar as equações abaixo:

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad \text{Equação 29}$$

Com essa equação, o grupo deve calcular g .

8.4 QUARTA AULA

- Tema: Lançamento de projéteis.
- Objetivos: Ensinar o lançamento de projéteis e suas respectivas equações para que os alunos aprendam sobre o tema. Mostrar o lançamento de projéteis no cotidiano.
- Público Alvo: segundo ano do Ensino Médio.
- Materiais, equipamentos e recursos necessários: retroprojetor, notebook, utilização do software PowerPoint, apresentação de slides, quadro branco e canetas.
- Quais materiais, equipamentos, recursos são necessários para essa aula?
- Duração: 50 minutos.
- Aplicação: 26 de agosto de 2021.

8.4.1 DESCRIÇÃO DA QUARTA AULA:

A quarta aula será expositiva, utilizaremos quadro e giz. O assunto sobre lançamento oblíquo – lançamento de projéteis será explicado nos seus detalhes. Nesta aula será exposta a Física sobre lançamento de projéteis.

Avaliação: Trazer para próxima aula exercícios ou notícias sobre lançamento de projéteis no contexto de esportes, como exemplo, questões de vestibulares sobre vôlei, basquete, futebol, lançamento de dardos, que descrevem um lançamento oblíquo. Portanto, os grupos trarão problemas ou notícias a respeito de esportes que encontrem a Física do lançamento de projéteis. O grupo que fizer a tarefa corretamente ganhará pontos no “ranking”. O material trazido por eles será discutido na próxima aula. No início da Quinta aula.

8.4 QUINTA AULA.

- Tema: Simulação de lançamento de projéteis na plataforma PhetColorado.
- Objetivos: Propor o trabalho em grupo. Desenvolver competências e habilidades para os alunos resolverem problemas de lançamento de projéteis através de uma simulação.
- Público alvo: Segundo ano do Ensino Médio.

- Materiais, equipamentos e recursos necessários: retroprojetor, computador, internet, utilização da plataforma PhetColorado.
- Quais materiais, equipamentos, recursos são necessários para essa aula?
- Duração: 50 minutos
- Aplicação: 02 de setembro de 2021 (mesma data da aula anterior?).

8.5.1 DESCRIÇÃO DA QUINTA AULA

Utilizando um projetor será aberto a plataforma de lançamento de projéteis do PhetColorado (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion).



Figura 20: Plataforma do PhetColorado. Disponível em https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

Então, os alunos divididos em seus grupos terão a atividade de fazer uma simulação do lançamento de um projétil. Cada grupo escolherá uma velocidade inicial (V_0), um ângulo θ de lançamento, o valor da gravidade será $g = 9,8\text{m/s}^2$. Com esses dados, os alunos utilizarão as equações abaixo:

$$H_{\text{máx}} = \frac{(V_0 \text{sen } \theta)^2}{2g} \quad (\text{Equação 30})$$

$$D = \frac{V_0^2 \text{sen } 2\theta}{g} \quad (\text{Equação 28})$$

Achando assim, o alcance horizontal D corretamente e fazendo a simulação corretamente.

Avaliação: Ganha o grupo de alunos que acertarem o deslocamento horizontal D . Com isso soma-se pontos simbólicos para o grupo progredir no ranking.

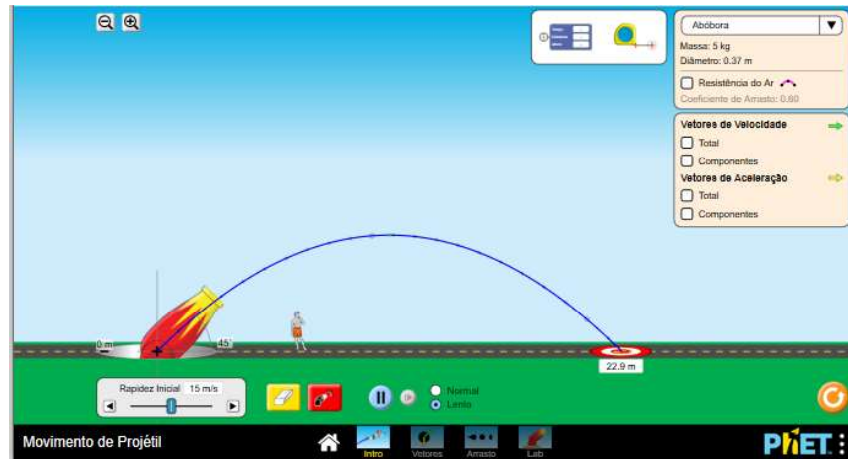


Figura 21: interface da simulação do PhetColorado
 Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

8.6 SEXTA AULA

- Tema: “quiz” sobre Lançamento de projéteis.
- Objetivos: Propor o trabalho em grupo. Avaliar a capacidade de raciocínio para responder questões sobre o lançamento de projéteis. Responder um quis sobre lançamento de projéteis. Motivar os alunos através da gamificação. Avaliar se as questões foram respondidas corretamente e em menor tempo.
- Público alvo: Primeiroano do Ensino Médio.
- Materiais, equipamentos e recursos necessários: computador, retroprojektor, internet, plataforma Kahoot e smartphone.
- Quais materiais, equipamentos, recursos são necessários para essa aula?
- Duração: 50 minutos.
- Aplicação: 09 de setembro de 2021

8.6.1 DESCRIÇÃO DA SEXTA AULA

Os alunos serão levados ao laboratório de informática. Eles deverão baixar o aplicativo Kahoot nos celulares ou em computadores. Os alunos só devem digitar um código no celular para participar do quiz elaborado pelo professor, com isso eles adentram de forma “online” no quiz. A aula consiste em um “Quiz” com doze questões sobre lançamento de projéteis. O grupo que acertar o maior número de questões e em menor tempo, automaticamente aparecerá sua pontuação nesta plataforma Kahoot, e com isso, o grupo vencedor ganhará pontos simbólicos para progredirem no “ranking” geral.

As doze questões estão abaixo:

1. Desprezando a resistência do ar, qual a única força que age no projétil durante seu lançamento?
2. Que tipo de movimento ocorre na horizontal durante o lançamento?
3. Que tipo de movimento ocorre na vertical durante o lançamento?
4. Em qual ângulo ocorre o maior alcance horizontal durante o lançamento?
5. Em qual ângulo de lançamento o projétil alcança a maior altura?
6. Num lançamento de projéteis, desprezando a resistência do ar, notamos que ele descreve uma trajetória parabólica! Verdadeiro ou Falso.
7. A equação abaixo possibilita o cálculo da altura máxima! Verdadeiro ou Falso.

$$H_{\text{máx}} = \frac{(V \text{osen } \theta)^2}{2g} \quad (\text{Equação 30})$$

8. A equação abaixo possibilita o cálculo do alcance máximo! Verdadeiro ou Falso.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t} \quad \text{Equação 31}$$

9. Desprezando a resistência do ar, o tempo de subida no lançamento é diferente do tempo de descida. Verdadeiro ou falso.
10. No ponto mais alto da trajetória a velocidade vertical se anula. Verdadeiro ou falso.
11. Na direção vertical a velocidade do projétil é constante. Verdadeiro ou falso.
12. Na direção horizontal a velocidade do projétil é constante. Verdadeiro ou falso.

Avaliação: A plataforma Kahoot, ao final do Quiz, já mostra o resultado do time vencedor automaticamente. Com isso somaremos pontos no “ranking” geral do grupo vencedor. O Kahoot é uma plataforma gamificada, que tem o intuito de motivar os alunos, através de

uma competição entre grupos, portanto se encaixa perfeitamente neste trabalho. Este ranking é atualizado e mostrado para os alunos no final de cada etapa.

8.7 SÉTIMA AULA

- Tema: estudo de lançamento de projéteis com um aparato experimental.
- Objetivos: Propor trabalho em grupo. Promover habilidades e competências para os alunos interpretarem e resolverem problemas de lançamento oblíquo através de um lançador de projéteis.
- Público alvo: Alunos do primeiro ano do Ensino Médio.
- Materiais, equipamentos e recursos necessários: lançador de projéteis, fita métrica, objeto massivo, como uma pequena esfera de aço e cronômetro.
- Quais materiais, equipamentos, recursos são necessários para essa aula?
- Duração: 50 minutos
- Aplicação: 9 de setembro de 2021.

8.7.1 DESCRIÇÃO DA SÉTIMA AULA

Os alunos terão em mãos o lançador de projéteis. Este lançador foi adquirido pelo professor numa compra pela internet, custando R\$250,00. Foi utilizado um lançador apenas para toda turma. O lançador de projéteis usado também pode ser construído pelos alunos. Através de tutoriais na internet, os alunos podem construir seu próprio lançador de projéteis. Porém, nesta aula, só foi utilizado o lançador do professor. Os alunos também terão em mãos uma trena e um objeto para lançamento. O professor deve instruir os alunos a tomarem os devidos cuidados com o lançador. Os alunos devem primeiramente escolher o ângulo θ de lançamento. Após isso, devem fazer lançamentos. Com a trena, os alunos calculam a distância horizontal D . Os alunos podem usar diferentes métodos nesta aula. Devem e podem usar trena métrica, trena virtual, folhas de carbono para marcar a distância, cronômetro, etc.

Avaliação: Os alunos devem responder o questionário 7 corretamente. Primeiro respondendo em qual ângulo ocorre o maior alcance horizontal. Segundo, devem calcular

a distância D medida pela trena virtual ou trena física. Com isso, devem calcular a velocidade inicial de lançamento através de:

$$V_0 = \sqrt{\frac{D \cdot g}{\text{sen } 2\theta}} \quad \text{Equação 31}$$

Os alunos ainda devem calcular a altura máxima atingida pelo projétil, através de:

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{2g} \quad \text{Equação 32}$$

E por fim, calcular o tempo de voo, através de:

$$T = \frac{2v_0 \text{sen} \theta}{g} \quad \text{Equação 33}$$

Após, fazerem os cálculos corretamente, devem responder essa questão:

Questão 8) Descreva um relatório de como seu grupo fez para medir o alcance horizontal e de como acharam a velocidade.

Avaliação final: Será avaliado a entrega de todos os questionários, com a correção destes.

Contudo, o enfoque da avaliação final não será a competição e também não somente a classificação final, não expondo, assim o aluno ao fracasso. A gamificação tem o intuito de engajar e motivar os alunos. Portanto, na avaliação final será levado em conta a colaboração durante as tarefas, a cooperação, o trabalho em grupo, a habilidade de resolver problemas; sendo assim, todos os grupos saem “ganhando”.

Apesar de a avaliação levar em conta diversas variáveis, será feito um “ranking” mostrando o desempenho dos alunos.

A pontuação final será feita pela correção e entrega de todos os questionários presente no Anexo AA. Cada questionário colocado no Anexo vale de zero a cem pontos. Como são sete questionários, a pontuação máxima será setecentos pontos. Após a soma da pontuação, ela será colocada numa tabela e entregue para os alunos. O ideal era que os alunos recebessem o ranking logo no início da aplicação da sequência, para acompanharem seus desempenhos.

Ao corrigir o questionário, pretendo dar a mesma pontuação para todos os grupos, com isso tiramos o enfoque da competição. E o professor dará um “feedback” comentando o desempenho de cada grupo, avaliando o engajamento, a participação, a colaboração.

A premiação a princípio será pontos extras na nota bimestral.

Após essa etapa concluída, será entregue o questionário 9. Este questionário servirá para termos “feedback” dos alunos. Com o registro deste questionário, analisaremos qualitativamente se houve a aprendizagem significativa por parte dos alunos. Também analisaremos se o aluno foi motivado pela gamificação e ficou engajado em cada etapa da sequência didática.

9. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Considerações iniciais:

A própria elaboração desta sequência foi um resultado alcançado. Primeiramente, o professor/pesquisador revisou materiais didáticos do Ensino Médio, para a elaboração da sequência. A ordem que o professor encontrou dos conteúdos foi: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, deslocamento, velocidade (velocidade média e velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração, movimento retilíneo uniformemente variado, vetores e cinemática vetorial.

O professor se apoiou na gamificação, tornando esta sequência didática mais dinâmica, como se fosse a estrutura de um “game”. Ao aplicar a sequência, o professor notou que a gamificação engajou e motivou os alunos em cada parte da sequência. Durante a aplicação foram usados vários espaços.

As três primeiras aulas da sequência foram sobre cinemática, com objetivo de investigar sobre o conhecimento prévio do aluno. As últimas quatro aulas foram sobre lançamento de projéteis e toda a sequência foi baseada na aprendizagem significativa.

A sequência didática corrigiu as concepções erradas dos alunos sobre cinemática e especificamente lançamento de projéteis. Na elaboração desta sequência foram revisados livros do Ensino Fundamental para ter conhecimento conteúdos que os alunos possivelmente já tiveram um contato. Nestes livros foram encontrados tópicos sobre: Movimento ou repouso, Velocidade, Aceleração, Composição das forças e as leis de Newton.

Portanto, a partir dessa pesquisa inicial, escolheu-se que os subsunçores a serem levantados na sequência didática seriam: velocidade, deslocamento, referencial, aceleração e força, uma vez que estes subsunçores deviam ter sido construídos no Ensino Fundamental. Na sequência didática, o questionário 3 foi usado para saber os tópicos que os alunos já tivessem um contato prévio. Com as respostas produzidas pela aplicação deste questionário, o professor/pesquisador começou a ter uma noção do conhecimento prévio do aluno. Com o decorrer da sequência ficou nítido que os alunos estavam aprendendo de forma significativa, pois tinham forte pré-disposição para aprender.

As três primeiras aulas, com as respostas dos seus respectivos questionários, deram a noção do que o aluno já sabia e o que ele não sabia. O professor, tendo conhecimento do que o aluno não sabia, tentou suprir as “deficiências”. Nesta etapa, ocorreu o que chamamos de diferenciação progressiva (MOREIRA, 2010). O aluno tinha seu conhecimento prévio e o professor passou um novo conteúdo, alimentando e assim diferenciando seus subsunçores. Portanto, o conhecimento dos alunos nessas três primeiras aulas ficou mais alimentado, rico e refinado, preparando o aluno para passar de “fase” e enfrentar o restante da sequência didática. Juntamente com a diferenciação progressiva, nesta etapa do produto ocorreu simultaneamente a reconciliação integrativa. Com isso os alunos conseguiram eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações (MOREIRA 2010). Exemplificando, os alunos integraram que o lançamento de projéteis é a composição de dois movimentos: o movimento retilíneo uniforme na horizontal e o movimento retilíneo uniformemente variado na vertical.

Para explorar esses dois tipos de movimento, a sequência didática, na terceira aula, explicou o movimento em queda livre, que consistia em um movimento retilíneo uniformemente variado, para posteriormente na quarta aula ser apresentado a física do lançamento oblíquo.

Nas aulas expositivas desta sequência, o intuito era que ocorresse a reconciliação integrativa, porque estabeleceu as ligações entre ideias semelhantes assim como as suas diferenças, dando ao aluno uma visão global do assunto estudado, sem que este ficasse dividido em tópicos sem aparente relação entre eles. Portanto, as aulas tiveram uma sequência proposital para ocorrer a aprendizagem significativa, na qual uma aula estava ancorada na anterior. O objetivo disto foi alimentar a estrutura cognitiva dos alunos.

Durante a aplicação do produto, houve alguns subsunçores que obtiveram o objetivo da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa: velocidade,

movimento retilíneo uniforme, aceleração e movimento retilíneo uniformemente variado. Na sequência didática também foram corrigidas as concepções alternativas (erradas) dos alunos sobre força e movimento.

Tendo em vista os objetivos gerais deste trabalho, os resultados comprovaram que estes objetivos foram alcançados. Os alunos aprenderam a física do lançamento de projéteis significativamente, portanto esta sequência didática se fez potencialmente significativa. Como este tema é cobrado no exame nacional do Ensino Médio (ENEM), esperamos que os alunos façam um bom exame. O uso da gamificação também atingiu seu objetivo, que foi de engajar e motivar os alunos extrinsecamente, durante a sequência.

Outro objetivo alcançado foi de alimentar os subsunçores dos alunos. Com isso a estrutura cognitiva do aluno ficou mais enriquecida, estruturada e refinada. Também foi trabalhado o trabalho em grupo e desenvolvido a competência e habilidades dos alunos resolverem problemas sobre lançamento de projéteis.

A seguir, passamos a uma descrição da sequência didática, bem como da sua aplicação.

9.1 DESCRIÇÃO GERAL

A sequência didática construída neste trabalho foi aplicada pelo professor/pesquisador em um colégio particular na cidade de Alfenas para uma turma de primeiro ano do Ensino Médio. A sala era composta de quarenta e oito alunos, que primeiramente foram divididos em grupos. A sala foi dividida em seis grupos de sete alunos. As aulas ministradas foram de duração de 50 minutos cada uma. Utilizou-se a gamificação em todas as etapas e atividades propostas nestas aulas.

Primeiramente, as aulas ministradas tinham o intuito de alimentar os subsunçores dos alunos. Esta sequência tem o total de sete atividades gamificadas. O professor/pesquisador obteve a devolutiva de todas estas setes atividades, bem como registros escritos, gravações e fotos durante a aplicação da sequência. A utilização da gamificação foi aplicada com êxito de tornar o ensino com maior interação e motivação dos alunos. Também, os alunos aprenderam a trabalhar em grupos e desenvolverem liderança para atingir os objetivos propostos pelo professor.

Após todas as atividades gamificadas tivemos um grupo vencedor que foi avaliado de maneira criteriosa pelo professor. Os alunos foram bonificados com cinco pontos a mais na nota média do bimestre na matéria de física. Portanto, os objetivos gerais e

específicos propostos neste trabalho foram alcançados. A fala de uma aluna evidencia o fato: “agora eu aprendi sobre lançamento de projéteis”. O fato do conhecimento do aluno se tornar mais refinado e alimentado, evidencia o alcance dos objetivos.

Durante a aplicação do produto houve uma mudança na sequência das aulas e mudanças nas aulas em si, ou seja, ao longo da aplicação foram realizadas adequações na sequência didática. Por exemplo, a primeira aula foi expositiva e após aplicou-se o questionário 1. As alterações foram devidas ao Colégio não disponibilizar de quadra nem espaços para tal atividade. Também foi oferecida uma atividade para os alunos fazerem uma caminhada de no mínimo 400 m e cronometrar o tempo gasto, calculando assim, a velocidade. O grupo que atingiu a maior velocidade foi o campeão dessa etapa. Este foi o grupo 2.

A segunda aula também foi alterada. Na segunda aula estava proposta uma atividade que foi transformada em outra. A princípio, iríamos calcular a aceleração dos alunos numa corrida em um local amplo, através de um medidor de aceleração. Devido a escola não ter o espaço amplo foi realizado um experimento sobre queda livre dos corpos, considerando que em queda livre um corpo realiza um movimento retilíneo uniformemente variado. Nesta atividade os alunos tiveram que calcular a aceleração da gravidade segundo o procedimento: Segurando uma bola a uma certa altura h , cronometrasse o tempo de queda, e através da equação abaixo, calculou-se a aceleração da gravidade g

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad \text{Equação 34}$$

O grupo que encontrou o valor de g próximo a $9,8 \text{ m/s}^2$ foi o campeão. O grupo campeão foi o número 4.

Seguindo a sequência aplicada, tivemos quatro aulas gamificadas e mais quatro atividades. As aulas nas quadras não foram possíveis, pois a escola não dispunha desse tipo de espaço. Assim, a atividade de caminhada foi feita na rua com auxílio do aplicativo STRAVA (colocar a referência).

Na figura 22 temos os alunos segurando a bola prontos para soltá-las e cronometrar o tempo de queda aproximadamente livre.



*Figura 22: atividade de queda livre, encontrando o valor da aceleração da gravidade.
Fonte: Acervo do professor*

Finalizando a aplicação da sequência, tivemos que o terceiro encontro foi uma aula expositiva sobre lançamento de projéteis (Fig. 13). Após esta aula foi passada uma



*Figura 23: Aula expositiva sobre lançamento de projéteis
Fonte: Acervo do professor*

atividade gamificada. A quarta aula foi sobre uma simulação no site PHET Colorado (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion) (Fig. 14). As aulas estão descritas em detalhes na seção seguinte. Mas, resumidamente, os alunos tinham que fazer uma simulação do lançamento de projéteis e calcular a que distância o projétil caía, como indicado na figura 24 abaixo:



Figura 24: Interface da simulação do Phetcolorado.
 Fonte: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion.

O aluno escolhia o ângulo e velocidade, com isso calculava a distância horizontal D , e também a altura atingida H . Todos os grupos realizaram a atividade com sucesso.

A sexta atividade era participar de um “quiz” interativo na plataforma kahoot. Essa etapa foi individual. O aluno vencedor ganhou uma caixa de chocolate.

Por último, a sétima atividade consistiu de usar um lançador de projéteis e fazer cálculos satisfatórios sobre a altura máxima atingida por uma pilha e seu alcance máximo horizontal, e também calcular a velocidade inicial do projétil.

Na aplicação da sequência notou-se uma evolução sobre conceitos errados que os alunos tinham. Os alunos conseguiram perceber as características do movimento retilíneo uniforme e do movimento retilíneo uniformemente variado. Perceberam que para um corpo estar em movimento, não necessita de estar uma força agindo sobre um corpo em movimento. Portanto alguns conceitos foram corrigidos. Foi percebido também que os alunos não colocavam as unidades de medida do sistema internacional de medidas nas respostas dos questionários. Com a aplicação da sequência, esse problema foi resolvido. Os alunos também apresentavam problemas de matemática, ao trabalhar com senos e cossenos e trigonometria. Com a aplicação do produto houve uma evolução dos alunos ao fazerem os cálculos matemáticos corretamente. Por exemplo, na última atividade, todos os grupos conseguiram fazer os cálculos corretamente e colocar as devidas unidades de medida. Portanto, além de engajamento que a gamificação trouxe, a sequência se fez potencialmente significativa, pois houve realmente um aprendizado por parte dos alunos. Portanto conhecimentos prévios foram alimentados com conhecimento novos adquiridos.

Logo, a física do lançamento de projéteis faz parte do cotidiano dos alunos que tiveram contato com a sequência. É importante falar, que os alunos já tiveram aulas sobre lançamento oblíquo antes da aplicação desta sequência. Ou seja, os alunos já tinham seus conhecimentos prévios. Com aplicação da sequência os subsunçores dos alunos sobre o assunto foram mais enriquecidos ainda, além de tirar seus conceitos prévios.

Os alunos também foram motivados a trabalharem em grupos, em conjunto, tendo grande percepção de resolverem problemas, e se familiarizaram com a linguagem científica.

9.2 DESCRIÇÃO AULA POR AULA

AULA 1:

Aula expositiva sobre conceitos básicos de cinemática.

A aula teve a duração de 50 minutos.

A primeira aula foi expositiva sobre conceitos básicos de cinemática: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, posição, deslocamento, velocidade (velocidade escalar média, velocidade média, velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração e movimento retilíneo uniformemente variado. Como o lançamento oblíquo corresponde a composição de dois movimentos: movimento retilíneo uniforme na horizontal e movimento retilíneo uniformemente variado na vertical. A sequência propôs suprir ou resgatar o conhecimento destes dois tipos de movimento. O professor/pesquisador notou que os alunos assimilaram estes dois movimentos para entender a composição deles. A figura 25 mostra uma aula expositiva dada pelo professor.

Não houve muitas dúvidas sobre o tema.



Figura 25: aula expositiva sobre conceitos básicos de cinemática. Fonte: acervo do professor

Após a aula foi proposto o questionário 1. Quem respondeu mais corretamente o conteúdo do questionário teve maior nota no “ranking”, sendo essa a primeira atividade gamificada. Foram avaliados cinco grupos. A nota variava de 0 a 10. Segue abaixo as notas da primeira avaliação:

Tabela 1: Avaliação da primeira atividade

GRUPO	NOTA:
GRUPO 1	5
GRUPO 2	8
GRUPO 3	10
GRUPO 4	4
GRUPO 5	10
GRUPO 6	7

As notas acima foram dadas de acordo com a correção do professor, medindo assim o aprendizado dos alunos nesta etapa. A nota 5 referente ao grupo 1 dada pelo professor mostra que os alunos aprenderam o conteúdo de maneira mediana. Pois suas respostas apresentaram dúvidas e estavam incompletas. Abaixo segue uma questão respondida de forma mediana pelo grupo 5:

Questão 4) Explique o conceito de posição na cinemática escalar.

Resposta não satisfatória do grupo 1: “onde o objeto está, de acordo com o espaço.”

Além disso, o grupo 1 não apresentou os cálculos das questões abertas para cálculos.

O grupo 2 respondeu de forma quase completa, e notou-se maior aprendizado obtido por este grupo. As respostas apresentaram cálculos satisfatórios e o professor percebeu que os subsunçores dos alunos do grupo 2 foram enriquecidos e alimentados, com isso, obteve nota 8. A seguir temos uma pergunta do questionário, com uma resposta satisfatória do grupo 2:

Questão 7) Qual a característica da velocidade no Movimento Retilíneo Uniforme ?

Resposta satisfatória do grupo 2: a velocidade se caracteriza por ser constante no Movimento Retilíneo Uniforme.

O grupo 3 foi o grupo que apresentou as respostas mais completas no qual apresentou maior aprendizado, com isso sua nota foi 10.

O grupo 4 respondeu de forma incompleta, não apresentou o fato de aprender de forma significativa. Seus subsunçores sobre: referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, deslocamento, velocidade (velocidade média e velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração, movimento retilíneo uniformemente variado, vetores e cinemática vetorial. Não foram alimentados, recebendo nota 4.

O grupo 5 teve os subsunçores (referencial, repouso, movimento, trajetória, ponto material, deslocamento, velocidade (velocidade média e velocidade instantânea), movimento retilíneo uniforme (MRU), aceleração, movimento retilíneo uniformemente variado, vetores e cinemática vetorial), alimentados, pois responderam de forma completa a cada questão, veja o exemplo abaixo:

Questão 3: explique o conceito de ponto material.

Resposta satisfatória: “ ponto material é todo corpo cujas dimensões podem ser desprezadas em relação as distâncias envolvidas. Exemplo: a Terra movendo-se em torno do Sol, entre outros.”

O grupo 6 apresentou um aprendizado mediano, tendo em vista uma nota sete. Portanto os grupos 3 e 5 saíram na frente do “game”

Neste questionário ficou evidente a importância de um referencial em cinemática. Por exemplo, temos a questão abaixo sobre referencial.

Questão 2) Explique quando um corpo está em movimento e quando está em repouso, de acordo com a cinemática.

Resposta satisfatória do grupo 5: “quando um móvel qualquer está parado ou repouso quando sua posição não varia em relação ao determinado referencial. O móvel está em movimento quando sua posição varia em relação ao determinado referencial.”

Resposta não satisfatória: movimento é quando a velocidade é diferente de zero, e repouso é quando a velocidade é igual a zero.

AULA 2:

Neste segundo encontro foi passada uma atividade para os alunos fazerem uma caminhada de no mínimo 400 metros, cronometrarem o tempo de corrida e depois calcular a velocidade média. Primeiramente o grupo escolheu um aluno para correr. Aquele grupo que conseguiu a maior velocidade média foi o campeão. O campeão foi o grupo 2, com uma velocidade de 5,15 m/s. Esta etapa não foi feita na quadra, como descrita na seção 8, pois a escola não tinha espaço adequado. A atividade foi feita com relógio interativo ou com aplicativo STRAVA, do celular. Os alunos tiraram “print” da corrida, ou seja, apresentaram seus registros da atividade. E com isso responderam ao questionário 2, presente no anexo deste trabalho. A seguir, apresentamos novamente o desempenho em notas, referente à atividade proposta acima.

Tabela 2: Avaliação da segunda atividade

GRUPO	VELOCIDADE - CLASSIFICAÇÃO
GRUPO 1	Não realizou
GRUPO 2	5,15 m/s - Primeiro lugar
GRUPO 3	1,2 m/s – quarto lugar
GRUPO 4	4,4 m/s – segundo lugar
GRUPO 5	3,18 m/s – terceiro lugar
GRUPO 6	Não realizou

A seguir são apresentadas as imagens dos relógios e do aplicativo STRAVA acompanhando a corrida dos alunos, nas figuras 26, 27 e 28.

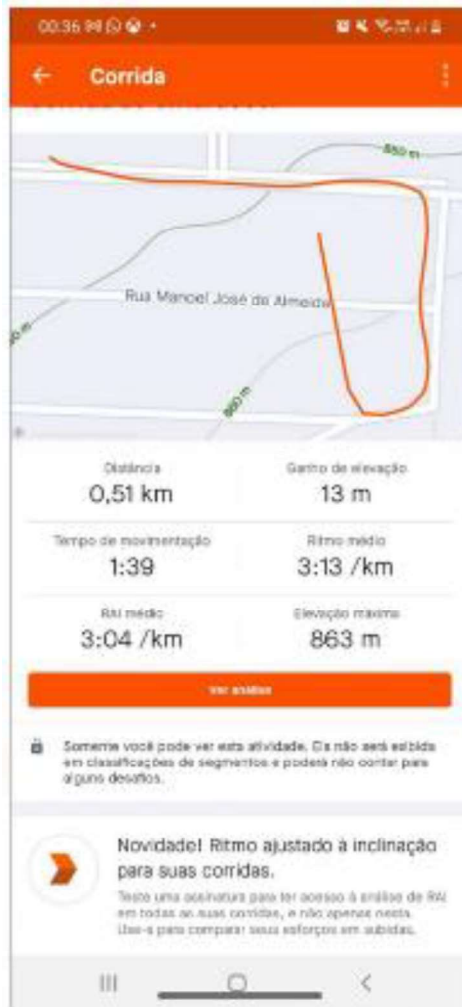


Figura 26: "Print" dos dados da corrida do grupo 2. Fonte: acervo do professor

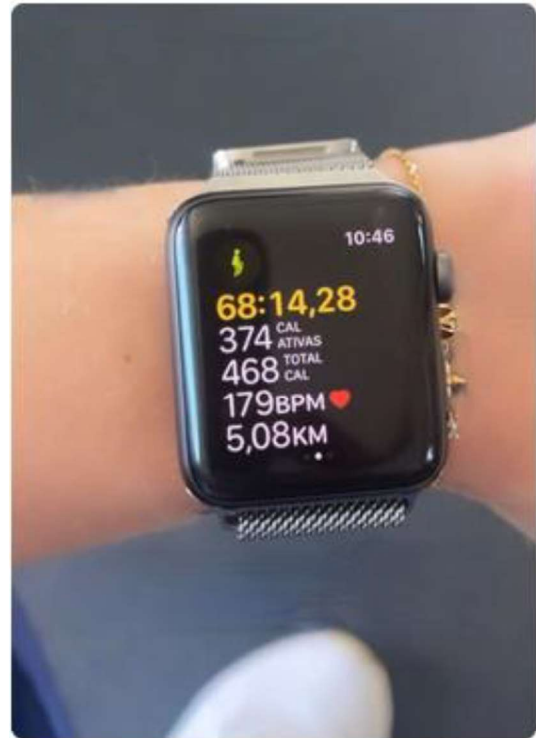


Figura 27: "Print" dos dados da corrida do grupo 3. Fonte: acervo do professor.

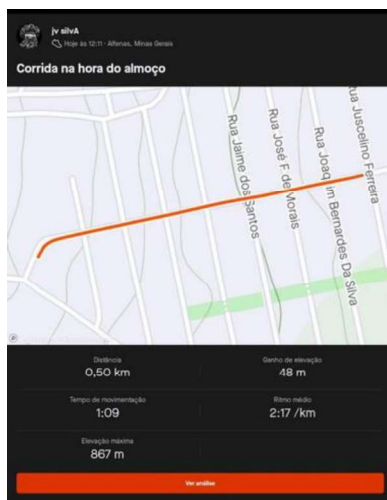


Figura 28: Print dos dados da corrida do grupo 4. Fonte: Acervo do professor

AULA 3:

A terceira aula constituiu de uma atividade gamificada. O objetivo da aula era os alunos encontrarem a aceleração da gravidade através da queda de uma bola de futebol. O procedimento foi, primeiramente os alunos em seus respectivos grupos, deveriam levantar a bola a uma certa altura h , conhecida, medida através de uma trena. Enquanto um aluno segurava a bola a uma altura considerável h , outro aluno ficava com um cronômetro para medir o tempo de queda. Com esses dois dados os alunos encontrariam o valor de g através da equação:

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad \text{Equação 35}$$

O objetivo, também desta aula era caracterizar um movimento retilíneo uniforme, para posteriormente compreenderem o movimento balístico. O grupo vencedor foi aquele que mais se aproximou do valor de $9,8 \text{ m/s}^2$.

Posteriormente, os alunos calcularam a velocidade de queda através da equação abaixo:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad \text{Equação 36}$$

E responderam as duas perguntas, preenchendo assim, o questionário 3 no anexo deste trabalho:

PERGUNTAS:

1. O Valor de g encontrado está parecido com o valor da literatura?
2. Quais as razões do resultado encontrado estar diferente com o valor da literatura?

A figura 29 abaixo mostra o questionário respondido pelo Grupo 1, mostrando o valor de g encontrados por eles através do procedimento da atividade.

ATIVIDADE – QUEDA LIVRE

Um corpo em queda livre realiza um movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Nesta atividade você deve calcular a aceleração da gravidade através do seguinte procedimento.

- Pegue a bola do professor e largue ela a uma altura h definida
 - Altura $h = 2,22 \text{ m}$ ✓

Meça o tempo de queda através do cronômetro no celular, ou no cronômetro acústico do aplicativo Phyphox.

- Tempo em segundos: $0,69 \text{ s}$ ✓

Calcule a aceleração da gravidade usando:

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad \frac{4,44}{0,47} = 9,45$$

Valor de g encontrado: $9,45 \text{ m/s}^2$ ✓

Por último calcule a velocidade atingida no final da descida usando:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Valor de v encontrado: $\sqrt{41,908} \rightarrow 6,50 \text{ m/s}$ ✓

PERGUNTAS:

- O Valor de g encontrado está parecido com o valor da literatura ?
- Quais as razões do resultado encontrado estar diferente com o valor da literatura ?

Figura 29: atividade de queda livre respondida pelo grupo 1. Fonte: Acervo do professor

O valor de g achado pelo grupo 1 foi $9,45 \text{ m/s}^2$. O que é um resultado razoavelmente bom. Primeiro os alunos colocaram a bola a uma altura h de $2,22 \text{ m}$, depois mediram o tempo de queda de $0,69 \text{ s}$. Com isso calcularam o valor de g , e o valor da velocidade no final da descida.

Perceba que os alunos não colocaram as unidades, eram foram colocadas na correção do professor de vermelho, como nota-se na figura 29.

A figura 30 mostra os mesmos dados do grupo 2.

Um corpo em queda livre realiza um movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Nesta atividade você deve calcular a aceleração da gravidade através do seguinte procedimento.

1. Pegue a bola do professor e largue ela a uma altura h definida
 - Altura $h =$ 2,02 m ✓

Meça o tempo de queda através do cronômetro no celular, ou no cronômetro acústico do aplicativo Phyphox.

- Tempo em segundos: 0,67 s ✓

Calcule a aceleração da gravidade usando:

$$g = \frac{2h}{t^2}$$

Valor de g encontrado: 9,18 m/s² ✓

Por último calcule a velocidade atingida no final da descida usando:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Valor de v encontrado: 6,09 m/s ✓

PERGUNTAS:

1. O Valor de g encontrado está parecido com o valor da literatura? Sim ✓
2. Quais as razões do resultado encontrado estar diferente com o valor da literatura? não devemos ter cronômetro certo e tempo e as medidas não são exatas. ✓

Figura 30: atividade de queda livre respondida pelo grupo 2. Fonte: Acervo do professor

Ao final desta etapa, fica claro que o movimento de queda livre constitui de um movimento retilíneo uniformemente acelerado. Essa etapa foi importante para os alunos descobrirem a aceleração de um movimento acelerado, já que no movimento balístico temos esse tipo de movimento na vertical.

O grupo que mais se aproximou do valor g da literatura foi o grupo 4, devido a marcação precisa ao medir o tempo de queda com o cronômetro. A figura 31 mostra esse resultado.

ATIVIDADE - QUEDA LIVRE

Um corpo em queda livre realiza um movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Nesta atividade você deve calcular a aceleração da gravidade através do seguinte procedimento.

- Pegue a bola do professor e largue ela a uma altura h definida
 - Altura $h =$ 2,02 metros ✓

Meça o tempo de queda através do cronômetro no celular, ou no cronômetro acústico do aplicativo Phyphox.

- Tempo em segundos 0,64 segundos ✓

Calcule a aceleração da gravidade usando:

$$g = \frac{2h}{t^2} \quad g = \frac{2 \cdot 2,02}{0,4096} = g \approx 9,8$$

Valor de g encontrado: $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2$ ✓

Por último calcule a velocidade atingida no final da descida usando:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h} \quad v = \sqrt{2 \cdot 9,8 \cdot 2,02} \quad v = \sqrt{39,592}$$

$$v \approx 6,29$$

Valor de v encontrado: $v \approx 6,29 \text{ m/s}$ ✓

PERGUNTAS:

- O Valor de g encontrado está parecido com o valor da literatura? Sim ✓
- Quais as razões do resultado encontrado estar diferente com o valor da literatura? Não está diferente. ✓

Figura 31 : atividade de queda livre respondida pelo grupo 2. Fonte: Acervo do professor

O grupo que mais se desviou do valor de g na literatura foi o grupo 5, devido a falha na execução de usar o cronômetro, achando um valor maior do que o da realidade.

Tabela 3: Avaliação da terceira atividade

GRUPO	ACELERAÇÃO - CLASSIFICAÇÃO
GRUPO 1	9,45 m/s ² - segundo lugar
GRUPO 2	9,18 m/s ² - terceiro lugar
GRUPO 3	8,58 m/s ² – quarto lugar
GRUPO 4	9,8 m/s ² – primeiro lugar
GRUPO 5	15,5 m/s ² – sexto lugar
GRUPO 6	9,45 m/s ² - segundo lugar



Figura 32: Alunos fazendo cálculos. Fonte: acervo do professor.

AULA 4

A aula número quatro se tratou de uma aula expositiva, com uso de quadro, pincel e slides projetados em sala de aula. Os slides usados nesta aula estão no anexo deste trabalho. Esta aula teve como objetivo ensinar o lançamento de projéteis e suas respectivas equações para que os alunos aprendessem sobre o tema. Outro objetivo foi mostrar o lançamento de projéteis ligado ao cotidiano dos alunos. Após a aula expositiva foi passado a seguinte tarefa: Trazer para próxima aula exercícios, ou notícias sobre lançamento de projéteis no contexto de esportes, como exemplo, questões de vestibulares sobre vôlei, basquete, futebol, lançamento de dardos, que descrevem um lançamento oblíquo. Portanto, os grupos trariam problemas ou notícias a respeito de esportes que encontrassem a Física do lançamento de projéteis. O grupo que fizesse a tarefa

corretamente ganharia pontos no “ranking”. O material trazido por eles seria discutido na próxima aula. No início da Quinta aula.

Esta tarefa teve como objetivo contextualizar o lançamento de projéteis com o cotidiano dos alunos, principalmente referente aos esportes.

Tabela 4: Avaliação da quarta atividade

GRUPO	ATIVIDADE - CLASSIFICAÇÃO
GRUPO 1	Não realizada
GRUPO 2	Nota 10
GRUPO 3	Nota 10
GRUPO 4	Não realizada
GRUPO 5	Nota 10
GRUPO 6	Não realizada

Segue abaixo a figura 33, que mostra a uma atividade feita com sucesso do grupo 3:

Atividade 1: Cada grupo deverá trazer para sala de aula notícias sobre lançamento de projéteis no contexto de esportes, como por exemplo, questões de vestibulares sobre vôlei, basquete, futebol, lançamento de dardos, que descrevem um lançamento oblíquo. Portanto, vocês devem trazer problemas ou notícias a respeito de esportes que encontrem a física do lançamento de projéteis. Traga a resolução desses exercícios.

1- Num lugar em que $g = 10 \text{ m/s}^2$, lançamos um projétil com a velocidade de 100 m/s e fechando com a horizontal um ângulo de elevação de 30° . Qual a altura máxima atingida após?

$V_x = V_0 \cos 30$
 $V_y = V_0 \sin 30$
 Altura máxima: $v_y = 0$

Tempo de subida $a = \Delta v_y / \Delta t$
 $g = \Delta v_y / \Delta t$
 $10 = V_0 \sin 30 / \Delta t$

$\Delta t = 100 (0,5) / 10$
 $\Delta t = 5 \text{ segundos}$

2- Um atleta olímpico de salto em distância analisa o seu salto procurando atingir a maior alcance possível. Se ele se lança ao ar com uma velocidade cujo módulo é 50 m/s , fazendo um ângulo de 45° em relação horizontal, a qual altura ele atinge?

a) 2m
 b) 4m
 c) 6m
 d) 8m
 X) 10m

$S = 50 + v_0 t$
 $A = 50 t + \frac{1}{2} a t^2$
 $A = 0 + 50 t$
 $50 t = 100 (45) \cdot v_0 + v_0 \cdot \frac{2 \cdot 10}{2}$
 $A = 10 \text{ metros}$

$v = 0 \text{ m/s}$
 $v_0 = 50 \text{ m/s}$
 $v = v_0 + at \rightarrow 0 = 50 - 10t$
 $10t = 50 \rightarrow t = 5 \text{ s}$

Figura 33: Exemplo de atividade feita com sucesso. Fonte: acervo do professor.

A aula número quatro obteve êxito em cumprir seus objetivos. A maioria dos grupos trouxeram exercícios sobre lançamento oblíquo.

AULA 5

Esta aula consistiu numa atividade gamificada. O professor/pesquisador utilizou a plataforma do PhetColorado (https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/projectile-motion). Primeiramente abriu-se a simulação do lançamento de projéteis no site do Phetcolorado, clicando em “simulações” e depois em “Física”. Com isso abrimos a simulação clicando em Movimento de Projétil. A figura 34 mostra isso.

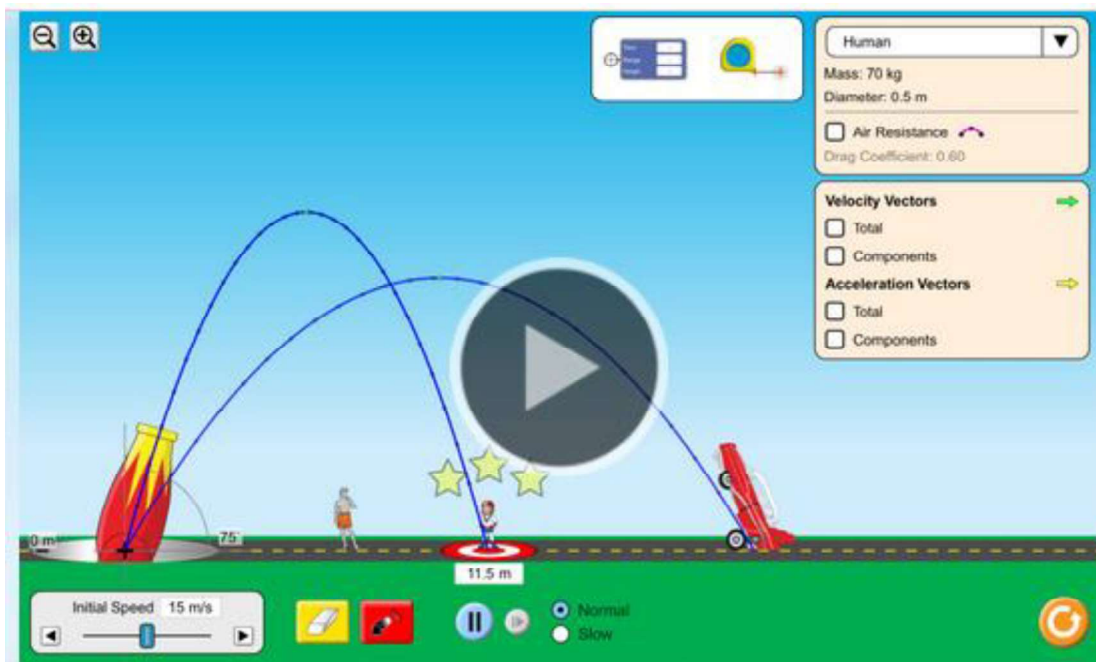


Figura 34: interface do lançamento de projéteis.

Cada grupo, primeiramente escolheu uma velocidade inicial V_0 , e depois um ângulo de lançamento. Com esses dados, e utilizando a aceleração da gravidade sendo $9,8\text{m/s}^2$, os alunos tiveram que calcular o deslocamento horizontal, através da fórmula:

$$D = \frac{V_0^2 \sin 2\theta}{g} \quad (28)$$

Espera-se que o valor calculado pelos alunos seja igual ao valor D da simulação, como visto na Figura 35.

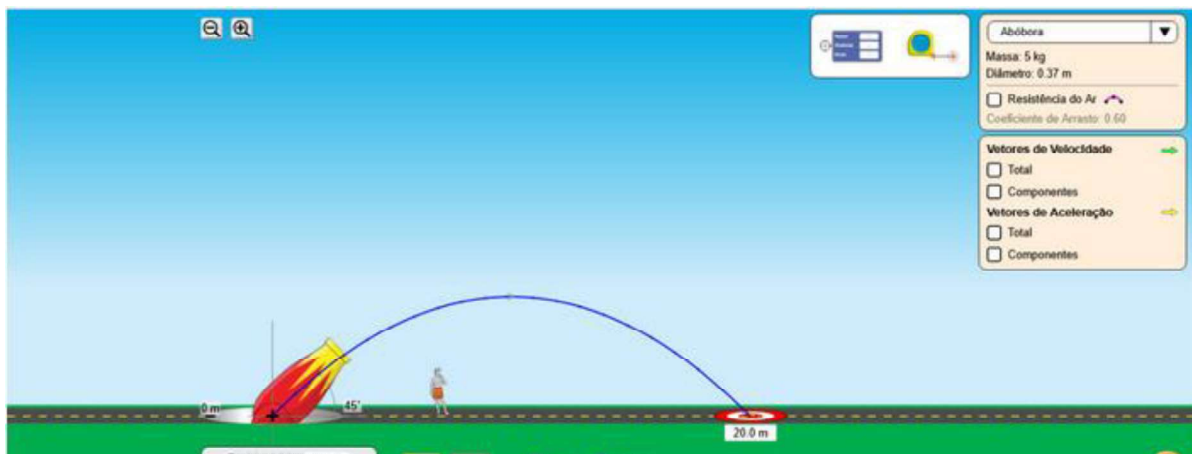


Figura 35: Simulação do PhetColorado, calculando o alcance horizontal D. Fonte: Acervo do professor.

Após isso, os alunos também calcularam a altura máxima atingida pelo projétil, através da seguinte equação:

$$H_{\text{máx}} = \frac{(V_0 \text{sen } \theta)^2}{2g} \quad (30)$$

Respondendo assim o questionário 5 presente no anexo deste trabalho.

Após a realização desta tarefa, os alunos desenvolveram competências e habilidades de resolverem problemas. Tendo em vista a evolução das respostas dos alunos a cada atividade passada. Por exemplo, tendo em vista o primeiro questionário percebe-se que os alunos não desenvolviam cálculos matemáticos, também respondiam de forma incompleta, e, até mesmo, buscavam as respostas em fontes da internet. Ao prosseguir na aplicação da sequência houve notória evolução, pois os alunos começaram a responder de maneira satisfatória e com todos os cálculos matemáticos. Veja na figura 36 abaixo uma resposta de um exercício respondido de maneira satisfatória.

Questão 6) Calcule também a altura máxima atingida pela pilha, através da equação abaixo:

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{2g}$$

$$H = \frac{(5,06)^2 \cdot \text{sen}^2 60}{2 \cdot 10} = \frac{25,6 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2}^2}{20}$$

$$H = \frac{25,6 \cdot 3/4}{20} = \frac{76,8/4}{20}$$

$$H = \frac{76,8}{4} \cdot \frac{1}{20} = \frac{76,8}{80}$$

altura máxima é de 0.96

Figura 36: Resposta satisfatória do grupo 6 no sexto questionário. Fonte: acervo do professor.

Também desenvolveram os cálculos matemáticos, ficando familiarizados com equações e seus significados. Aprenderam também, a trabalhar em grupos. Nesta etapa, os subsunçores dos alunos, com respeito ao movimento oblíquo já estão alimentados e enriquecidos. Isso é afirmado, devido a correção da devolutiva dos questionários, que apresentaram cálculos matemáticos refinados. Por exemplo, os alunos começaram a resolver problemas com a trigonometria. As unidades das grandezas foram preenchidas de maneira correta. E, devido a fala dos alunos na sala de aula: “ agora eu estou aprendendo lançamento oblíquo.” Percebeu-se que houve interação entre o conhecimento prévio com o conhecimento novo do aluno nas respostas dos alunos a cada atividade que se passava, como prediz a aprendizagem significativa. Podemos afirmar que houve aprendizagem significativa também, devido, aos alunos perceberem que o lançamento de

projéteis está presente em inúmeros esportes, e em diferentes aplicações. Pois as respostas do questionário 4, por exemplo, mostram isso.

Segue o resultado na tabela abaixo, com correção do professor. A nota varia de 0 a 10.

Tabela 5: avaliação da quinta atividade **SIMULAÇÃO - CLASSIFICAÇÃO**

GRUPO 1	Não realizada – nota 0
GRUPO 2	Nota 10
GRUPO 3	Nota 0
GRUPO 4	Nota 0
GRUPO 5	Nota 10
GRUPO 6	Nota 10

AULA 6

Nesta aula foi realizado um “quiz” sobre Lançamento de projéteis na plataforma Kahoot. Essa aula não foi feita em grupos, mas individualmente. Cada aluno precisou instalar o aplicativo do KaHoot no celular. Esse quiz” é gamificado, o aluno que respondeu em menor tempo e corretamente ganhou o primeiro lugar. O próprio aplicativo já dá o “ranking”. O vencedor ganhou uma caixa de chocolate, o segundo e terceiro lugar também ganharam uma caixa de chocolate.

Esta atividade promoveu grande interesse por parte dos alunos. Quando souberam que seria uma “competição” individual, reagiram de forma que queriam alcançar o primeiro lugar do ranking. Os alunos ficaram um pouco apreensivos e ansiosos, já que a pontuação aparece de forma instantânea para os alunos.

Nesta etapa, foi desenvolvido um pensamento crítico e lógico, com capacidade de raciocinar e resolver problemas. Também, os alunos enfrentavam um ao outro, querendo estar em primeiro lugar. A atividade gamificada promoveu bastante motivação nos alunos. Com estas perguntas ficou mais claro que o movimento balístico é a composição de dois movimentos: movimento retilíneo uniforme na horizontal e movimento retilíneo uniformemente variado na vertical.

As perguntas feitas, foram as seguintes:

1. Desprezando a resistência do ar, qual a única força que age no projétil durante seu lançamento?
2. Que tipo de movimento ocorre na horizontal durante o lançamento?
3. Que tipo de movimento ocorre na vertical durante o lançamento?
4. Em qual ângulo ocorre o maior alcance horizontal durante o lançamento?
5. Em qual ângulo de lançamento o projétil alcança a maior altura?
6. Num lançamento de projéteis, desprezando a resistência do ar, notamos que ele descreve uma trajetória parabólica! Verdadeiro ou Falso.
7. A equação abaixo possibilita o cálculo da altura máxima! Verdadeiro ou Falso.

$$H_{\text{máx}} = \frac{(V_0 \sin \theta)^2}{2g} \quad (30)$$

8. A equação abaixo possibilita o cálculo do alcance máximo! Verdadeiro ou Falso.

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

9. Desprezando a resistência do ar, o tempo de subida no lançamento é diferente do tempo de descida. Verdadeiro ou falso.
10. No ponto mais alto da trajetória a velocidade vertical se anula. Verdadeiro ou falso.
11. Na direção vertical a velocidade do projétil é constante. Verdadeiro ou falso.
12. Na direção horizontal a velocidade do projétil é constante. Verdadeiro ou falso.

AULA 7

A aula 7 foi sobre o estudo de lançamento de projéteis com aparato experimental. Nesta etapa promoveu-se habilidades e competências para os alunos interpretarem e resolverem problemas de lançamento oblíquo através de um lançador de projéteis. Nesta etapa, os alunos aprenderam significativamente sobre lançamento de projéteis. Consolidando assim, competências e habilidades para resolverem problemas.

Primeiramente foi mostrado o aparato e pedido para os alunos tomarem os devidos cuidados. Com ele em mãos, cada grupo teve que lançar uma pilha de tamanho pequeno

e medir com uma trena a que distância a pilha caia no solo. Com o valor da distância D , anotada e com o ângulo escolhido foi pedido para os grupos responderem o questionário 7 que se encontra no anexo deste trabalho.

Primeiro, os alunos acharam a velocidade inicial de lançamento, através da fórmula:

$$V_0 = \sqrt{\frac{D \cdot g}{\text{sen } 2\theta}} \quad \text{Equação 37}$$

Por segundo, tendo os dados nas mãos os alunos calcularam também a altura máxima atingida pela pilha através da equação:

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{2g}, \quad \text{Equação 38}$$

Por terceiro, cada grupo mediu o tempo de voo da pilha, através da seguinte equação:

$$T = \frac{2v_0 \text{sen} \theta}{g}, \quad \text{Equação 39}$$

Abaixo temos a tabela do ranking nesta atividade. Esta etapa foi avaliada pelo professor se os cálculos estão plausíveis:

Abaixo temos a figura 37 que mostra o procedimento da atividade 5 com aparato experimental:

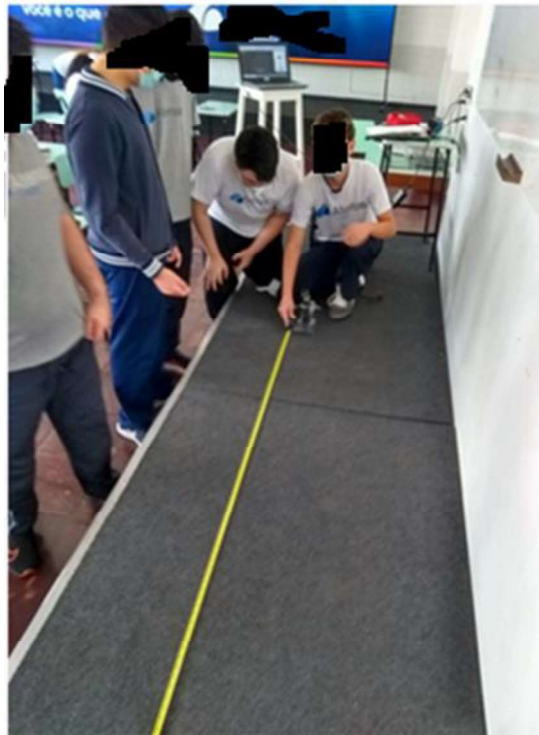


Figura 37: Atividade feita pelos alunos com aparato experimental. Fonte: Acervo do professor.

Tabela 6: Avaliação da sétima atividade

GRUPO	ATIVIDADE - CLASSIFICAÇÃO
GRUPO 1	Nota 10
GRUPO 2	Nota 10
GRUPO 3	Nota 10
GRUPO 4	Nota 5
GRUPO 5	Nota 10
GRUPO 6	Nota 10

Por fim, chegamos ao final da sequência didática e da aplicação do produto.

Ao final da sequência, o professor avaliou cada grupo com suas atividades e escolheu um grupo campeão, que foi o grupo 2.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho, foi construído tendo como referencial teórico a aprendizagem significativa de David Ausubel. A sequência didática construída se tornou um material potencialmente significativo, que pode ser usado por qualquer professor que leciona lançamento de projéteis. O pesquisador espera que esta sequência didática seja realmente usada por professores do Ensino Médio. Outro objetivo alcançado foi que os alunos, em grande maioria, aprenderam de maneira significativa, ancorando conhecimento novo com o conhecimento prévio.

O uso da gamificação foi muito oportuno, motivando e engajando os alunos a participarem de cada etapa deste produto. Os alunos, durante a aplicação da sequência adquiriram habilidades e competências para resolverem problemas. Também, conseguiram perceber o lançamento de projéteis no seu cotidiano, mais especificamente, nos esportes.

Os alunos tiveram contato com as equações do movimento oblíquo, aperfeiçoando assim, suas habilidades matemáticas, e preparando-se para o exame nacional do Ensino Médio (ENEM). O presente trabalho traz um assunto complexo de maneira estruturada, para que todos aprendam significativamente.

Tendo em vista os objetivos gerais deste trabalho, os resultados comprovaram que estes objetivos foram alcançados. Os alunos aprenderam a física do lançamento de projéteis significativamente, portanto esta sequência didática se fez potencialmente significativa. Como este tema é cobrado no exame nacional do Ensino Médio (ENEM), esperamos que os alunos façam um bom exame. O uso da gamificação também atingiu seu objetivo, que foi de engajar e motivar os alunos extrinsecamente, durante a sequência.

Outro objetivo alcançado foi de alimentar os subsunçores dos alunos. Com isso a estrutura cognitiva do aluno ficou mais enriquecida, estruturada e refinada. Também foi trabalhado o trabalho em grupo e desenvolvido a competência e habilidades dos alunos resolverem problemas sobre lançamento de projéteis.

ANEXO A – QUESTIONÁRIOS

Neste Anexo são apresentados todos os questionários que foram usados na aplicação da sequência didática.

Questionário 2

Grupo: _____

Primeiramente escolha um representante do grupo que fará a caminhada

Atividade: Acesse a playstore no seu celular e baixe o aplicativo Strava. Depois acesse <https://www.youtube.com/watch?v=6k9F0gOk19k>, e assista o vídeo como tutorial.

Inicie uma atividade. Faça uma caminhada no mínimo de 400m ou 0,4 km! Anote o tempo em segundos e calcule a velocidade média em metros por segundo.

A atividade pode ser realizada utilizando um relógio com GPS também.

Após terminar a atividade tire um “print” da tela do celular.

Distância percorrida em metros: _____

Tempo em segundos: _____

Velocidade média em metros por segundo: _____

Ganha o grupo que tiver a maior velocidade média!

Mande o print para XXXXXXXXXX (whatsapp).

Questionário 3

Grupo:

ATIVIDADE – QUEDA LIVRE

Um corpo em queda livre realiza um movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração da gravidade $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Nesta atividade você deve calcular a aceleração da gravidade através do seguinte procedimento.

1. Pegue a bola do professor e largue ela a uma altura h definida

- Altura $h =$

Meça o tempo de queda através do cronômetro no celular, ou no cronômetro acústico do aplicativo Phyphox.

- Tempo em segundos: _____

Calcule a aceleração da gravidade usando :

$$g = \frac{2h}{t^2}$$

Valor de g encontrado: _____

Por último calcule a velocidade atingida no final da descida usando:

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Valor de v encontrado: _____

PERGUNTAS:

3. O Valor de g encontrado está parecido com o valor da literatura ?
4. Quais as razões do resultado encontrado estar diferente com o valor da literatura ?

QUESTIONÁRIO 4

Grupo

Atividade 1: Cada grupo deverá trazer para sala de aula notícias sobre lançamento de projéteis no contexto de esportes, como por exemplo, questões de vestibulares sobre vôlei, basquete, futebol, lançamento de dardos, que descrevem um lançamento oblíquo. Portanto, vocês devem trazer problemas ou notícias a respeito de esportes que encontrem a física do lançamento de projéteis. **Traga a resolução desses exercícios.**

QUESTIONÁRIO 5

Grupo: _____

Atividade: Dada a equação

$$D = \frac{V_0^2 \operatorname{sen} 2\theta}{g} \quad (2)$$

Anote os valores que o grupo utilizará na simulação do PhetColorado.

V_0 : _____

θ : _____

g será $9,8 \text{ m/s}^2$

Calcule a distância D corretamente e faça a simulação.

Ache também a velocidade em y (V_{oy}) e a velocidade em x (V_{ox})

$V_{oy} =$ _____

$V_{ox} =$ _____

Calcule também a altura máxima, dada por:

$$H_{\text{máx}} = \frac{(V_0 \operatorname{sen} \theta)^2}{2g}$$

QUESTIONÁRIO 6

Grupo: _____

Este questionário será respondido virtualmente, através da plataforma Kahoot.

Questão 1) Desprezando a resistência do ar, qual a única força que age no projétil durante seu lançamento?

Questão 2) Que tipo de movimento ocorre na horizontal durante o lançamento?

Questão 3) Que tipo de movimento ocorre na vertical durante o lançamento?

Questão 4) Em qual ângulo ocorre o maior alcance horizontal durante o lançamento?

Questão 5) Em qual ângulo de lançamento o projétil alcança a maior altura?

Questão 6) Num lançamento de projéteis, desprezando a resistência do ar, notamos que ele descreve uma trajetória parabólica! Verdadeiro ou Falso.

Questão 7) A equação abaixo possibilita o cálculo da altura máxima! Verdadeiro ou Falso.

$$H_{m\acute{a}x} = \frac{(V_0 \sin \theta)^2}{2g} \quad (1)$$

Questão 8) A equação abaixo possibilita o cálculo do alcance máximo! Verdadeiro ou Falso.

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Questão 9) Desprezando a resistência do ar, o tempo de subida no lançamento é diferente do tempo de descida. Verdadeiro ou falso.

Questão 10) o ponto mais alto da trajetória a velocidade vertical se anula. Verdadeiro ou falso.

Questão 11) Na direção vertical a velocidade do projétil é constante. Verdadeiro ou falso.

Questão 12) Na direção horizontal a velocidade do projétil é constante. Verdadeiro ou falso.

Questionário 7 – Lançador de projéteis

Grupo:

Questão 1) Em qual ângulo ocorre o maior alcance horizontal ?

Questão 2) Qual o alcance horizontal D atingido pela pilha em metros, medido pela trena?

Questão 3) Qual ângulo de lançamento θ escolhido pelo grupo ? _____

Questão 5) Sabendo o alcance horizontal D, calcule a velocidade inicial através da equação abaixo:

$$V_0 = \sqrt{\frac{D \cdot g}{\text{sen } 2\theta}}$$

Questão 6) Calcule também a altura máxima atingida pela pilha, através da equação abaixo:

$$H = \frac{v_0^2 \cdot \text{sen}^2 \theta}{2g}$$

Questão 7) Calcule o tempo de voo da pilha durante o lançamento, usando:

$$T = \frac{2v_0 \text{sen}\theta}{g}$$

Questão 8) Descreva um relatório de como seu grupo fez para medir o alcance horizontal e de como acharam a velocidade.

REFERENCIAS

AUSUBEL, David. **The acquisition and retention of knowledge**. Springer: Editora Kluwer Academic Publisher, 2000. 212 p.

ALVES, Lynn Rosalina Gama; MINHO, Marcelle Rose da Silva; DINIZ, Marcelo Vera Cruz. Gamificação: diálogos com a educação. In: FADEL, Luciane Maria et al.(Org.). Gamificação na educação. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014, p. 74-97

BONJORNO, Regina de Fátima Souza Azenha. **Física 1 - Mecânica**. São Paulo: FTD, 2016.

CARNEVALLE, Maíra Rosa. **Araribá Mais Ciências**. São Paulo: Editora Moderna, 2018.

COSTA, Thiago Machado, VERDEAUX, Maria de Fátima. GAMIFICAÇÃO DE MATERIAIS DIDÁTICOS: UMA PROPOSTA PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DA MODELAGEM DE PROBLEMAS FÍSICOS. Brasília: Experiências em Ensino de Ciências, v. 11, n. 2, 2016.

Dellos, R. (2015) Kahoot! A Digital game resource for learning. *International Journal Of Instructional Technology And Distance Learning*,12(4),49---52.

FARDO, Marcelo Luis. A GAMIFICAÇÃO APLICADA EM AMBIENTES DE APRENDIZAGEM. Caxias do Sul: Cinted-ufrgs, 2013.

FARDO, M. L. Resenha do livro The Gamification of Learning and Instruction. *Conjectura: Filos. Educ.*, Caxias do Sul, v. 18, n. 1, p. 201-206, jan./abr. 2013.

GASPAR, A. Física. Mecânica. Vol. 1. São Paulo: Ática, 2000.

GONÇALVES F. A. e TOSCANO, C. Física e realidade. Vol. 1. São Paulo: Scipione, 1997. 367 p

HELERBROCK, Rafael. **Conceitos fundamentais da Cinemática Escalar**. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/cinetica-escalar.htm>. Acesso em: 11 abr. 2020.

HELERBROCK, Rafael. **Movimento uniforme**. Disponível em: <https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/movimento-uniforme.htm>. Acesso em: 12 abr. 2020.

Halliday, D., Resnick R. e Walker, J., Fundamentos de Física, Vol. 1, 7a edição, Ed.

JESUS, Marco Antonio Santos de. **A TEORIA DE DAVID AUSUBEL – O USO DOS ORGANIZADORES PRÉVIOS NO ENSINO CONTEXTUALIZADO DE FUNÇÕES.** 2004. 14 f. Tese (Doutorado) - Curso de Matemática, Unicamp, Recife, 2004.

JUNIOR, Joab Silas da Silva. "Lançamento oblíquo"; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lancamento-obliquo.htm>. Acesso em 12 de abril de 2020

LIMA, F. D. A. As disciplinas de física na concepção dos estudantes do Ensino Médio na rede pública de Fortaleza/CE. 2011. 36 f. Dissertação (Graduação) - Curso de Licenciatura em Física, UEC, Fortaleza, 2011

LUZ, A. R.; LEAL, L. W. G. As concepções sobre física dos estudantes do Ensino Médio. In: SNEF, 18. 2007, São Luís. Resumos. São Paulo: SBF, 2007. p. 1 - 10.

MEDINA, Bruno, et. al. **Gamification, Inc.**, como reinventar empresas a partir de jogos. Rio de Janeiro: MJV Press, 2013.

MORAES, J. U. P. A visão dos estudantes sobre o ensino de física: um estudo de caso. *Scientia Plena*, Aracaju, v. 5, n. 11, p.1-7, 2009

MOREIRA, Marco Antonio. **O QUE É AFINAL APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA?** 2010. 27 f. Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais) - Curso de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Porto Alegre, 2010.

MCGONIGAL, Jane. *Reality Is Broken: Why Games Make Us Better and How They Can Change The World.* Nova Iorque: The Penguin Press, 2011.

PEDUZZI, M. Trabalho em equipe. In: PEREIRA, I. B., LIMA, J. C. F. *Dicionário da educação profissional em saúde*. 2.ed. rev. ampl. Rio de Janeiro: EPSJV, 2008

PELIZZARI, 2001. **TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA SEGUNDO AUSUBEL.** Curitiba: Rev. Pec, v. 2, n. 1, 01 jun. 2001.

PORTILHO, E. **Como se aprende?** Estratégias, Estilo e Metacognição. 2. ed. Rio de Janeiro: WAK, 2011. 164 p.

PÔNCIO, Henry; GOUVEIA, Tuago. O Lançamento de projéteis na Física Aristotélica e na Física Newtoniana. Disponível em

<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/02aProjeteisMovimento/site/texto_abordagem.htm>, acesso em 15/02/2018.

n

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C.A. A concepção dos estudantes sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 2, 2007 .

RONCA, Antônio C. Caruso; ESCOBAR, Virgínia Ferreira. Técnicas pedagógicas.domesticação ou desafio à participação. Rio de Janeiro: Vozes, 1980.

SALLEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. Regra do Jogo – **Fundamentos do Design de Jogos**. Blucher, Vol. 1, Ed. 1, 2012.

SOARES, Claudio. **Ciência dos movimentos**. Disponível em:

https://play.google.com/store/apps/details?id=com.evobooks.CinematicaDemo&hl=pt_BR. Acesso em: 10 maio 2020.

ZICHERMANN,Gabe; CUNNINGHAM, Christopher. Gamification by Design. Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps. Canada: O'ReillyMedia, 2011.