

**MNPEF**  
Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**VALGNÉSIO BATISTA DA SILVA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM  
UTILIZAÇÃO DE UM APARATO EXPERIMENTAL**

**MOSSORÓ – RN**

**2019**

**VALGNÉSIO BATISTA DA SILVA**

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM  
UTILIZAÇÃO DE UM APARATO EXPERIMENTAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

**Orientador:** Dr. Rafael Castelo Guedes Martins

**Co-orientador:** Dr. Hivalyn Thedory Clemente Mattos de Souza

**MOSSORÓ – RN**

**2019**

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

S586s Silva, Valguesio Batista da.  
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE  
MICROGRAVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE UM APARATO  
EXPERIMENTAL / Valguesio Batista da Silva. - 2019.  
78 f. : il.

Orientador: Rafael Castelo Guedes Martins.  
Coorientador: Hídalyn Theodory Clemente Mattos  
de Souza.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal  
Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em  
, 2019.

1. Física Espacial. 2. Microgravidade. 3.  
Aprendizagem significativa. 4. Gravitação  
Universal. I. Martins, Rafael Castelo Guedes ,  
orient. II. Souza, Hídalyn Theodory Clemente  
Mattos de, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

**VALGNÉSIO BATISTA DA SILVA**

**SEQUENCIA DIDÁTICA PARA ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM  
UTILIZAÇÃO DE UM APARATO EXPERIMENTAL**

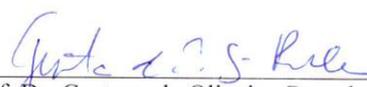
Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da UFERSA como pré-requisito para a obtenção do título de Mestre em Ensino Física.

APROVADA EM: 25/01/2019

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido – UFERSA  
Orientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Hivalyn Theodory Clemente  
Mattos de Souza  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido – UFERSA  
Coorientador

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Gustavo de Oliveira Gurgel  
Rebouças  
Universidade Federal Rural do Semi-  
Árido – UFERSA  
Examinador Interno

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. José Ronaldo Pereira da Silva  
Universidade do Estado do Rio Grande  
do Norte – UERN  
Examinador Externo

Aos meus pais, Zoé Batista da Silva e Valdenor Fernandes da Silva, por não terem medido esforços para me ofertar uma formação baseada em princípios humanos, éticos e profissionais e à minha filha, Ana Vitória, razão pela qual sigo em frente.

## **AGRADECIMENTOS**

À UFERSA por proporcionar a oportunidade de ampliar meus conhecimentos com os ensinamentos de seus professores.

Ao meu orientador Prof. Dr. Rafael Castelo Guedes Martins, por ter aceitado o desafio de me orientar neste mestrado.

Ao Prof. Dr. Hidalyn Theodory pelo imenso suporte que me foi dado nos momentos cruciais deste trabalho.

Aos meus amigos da Escola Helenita Lopes Gurgel Valente por ter me incentivado a seguir em frente nos momentos de dificuldades.

Aos meus colegas de mestrado, Cristiano, Bárbara e Wanderlei por ter compartilhado as idas e voltas no caminho à Universidade.

Aos meus alunos da Escola Helenita Lopes Gurgel Valente por ter aceitado participar deste trabalho tão prontamente.

Ao professor Carlos Alberto dos Santos por ter contribuído enormemente com este mestrado nos permitindo compartilhar de sua vasta gama de conhecimentos.

Ao meu amigo José Arlindo por ter contribuído na construção do aparato experimental.

Aos meus familiares por todo apoio, incentivo e credibilidade depositados em mim.

À secretária municipal de educação do município de Fortim-CE, Ivoneide de Araújo, por ter permitido minha ausência para construção deste trabalho.

*Se vi mais longe,  
foi por estar sobre ombros de gigantes.*

Isaac Newton

# SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM AUXÍLIO DE UM APARATO EXPERIMENTAL

Por

Valgnésio Batista da Silva

Submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física em xx de Janeiro de 2019, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

## RESUMO

A Física Espacial tem se desenvolvido bastante nas últimas décadas promovendo uma corrida pela exploração do espaço sideral. Assim, trazer para dentro da escola a discussão sobre temas relacionadas a esse campo da ciência é algo necessário. Desta forma, a sequência didática aqui apresentada tem o objetivo de desenvolver uma discussão entorno do tema Microgravidade com o auxílio de um aparato experimental que simula a queda livre permitindo que os alunos experimentem momentos que conduzem a uma aprendizagem significativa. Este trabalho foi desenvolvido em quatro momentos, sendo o último a realização de alguns experimentos já citados na literatura especializada para demonstrar os efeitos da microgravidade. A sequência didática abordará alguns conceitos físicos inerentes a sua compreensão como a Gravitação Universal. O aparato experimental é de fácil construção e está acessível ao professor. Este auxilia no desenvolvimento da sequência didática aqui apresentada, proporcionando resultados bastante satisfatório quanto ao participação e aprendizado dos alunos.

**Palavras-chave:** Física Espacial, microgravidade, aprendizagem significativa, Gravitação Universal.

# **DIDACTIC SEQUENCE FOR THE TEACHING OF MICROGRAPHY WITH AID OF AN EXPERIMENTAL APPARATUS**

By

Valgnésio Batista da Silva

Submitted to the Postgraduate Program in Physics Teaching in January of 2019, as a partial requirement to obtain a Master's Degree in Physics Teaching.

## **ABSTRACT**

Space Physics has developed a lot in the last decades promoting a race for the exploration of the sidereal space. Thus, bringing into the school the discussion on topics related to this field of science is something necessary. In this way, the didactic sequence presented here aims to develop a discussion around the theme Microgravity with the aid of an experimental apparatus that simulates the free fall allowing students to experience meaningful learning. This work was developed in four moments, the last being the accomplishment of some experiments already cited in the specialized literature to demonstrate the effects of microgravity. The didactic sequence will address some of the physical concepts inherent in its understanding as Universal Gravitation. The experimental apparatus is easy to construct and accessible to the teacher. This aids in the development of the didactic sequence presented here, providing quite satisfactory results regarding the participation and learning of the students.

**Keywords:** Space Physics, microgravity, meaningful learning, Universal Gravitation.

## LISTA DE GRÁFICOS

5.1	Resposta a questão 01 .....	36
5.2	Resposta a questão 02 .....	37
5.3	Resposta a questão 03 .....	38
5.4	Resposta a questão 04 .....	39
5.5	Resposta a questão 05 .....	40

## LISTA DE FIGURAS

3.1	Concepção artística de um Buraco Negro sugando uma estrela .....	7
3.2	Raio da órbita da Lua entorno da Terra .....	8
3.3	Interação gravitacional entre duas massas $M$ e $m$ .....	10
3.4	Modelo da Balança de Cavendish .....	12
3.5	Ilustração da Balança de Cavendish utilizada para determinar o valor de $G$ .....	12
3.6	Corpos de massas $m_1$ e $m_2$ interagindo gravitacionalmente .....	13
3.7	Interação gravitacional entre dois corpos de massas $m_1$ e $m_2$ , por separadas por uma distância $r_{12}$ .....	14
3.8	Astronauta experimentando a Microgravidade em avião Zero G .....	16
3.9	Movendo objeto em regime de microgravidade na ISS.....	16
3.10	Pessoa no elevador em queda livre.....	17
3.11	Diagrama de corpo livre .....	17
3.12	Avião Zero G em voo de simulação de queda livre .....	18
4.1	Mapa conceitual da aprendizagem significativa .....	22
5.1	Posicionamento de vela na base .....	29
5.2	Liberação da caixa com uma vela acesa .....	29
5.3	Comparativo entre as chamas da vela antes e durante a queda livre ....	30
5.4	Ímãs em repulsão em ambiente de gravidade .....	31
5.5	Posicionamento de ímãs sobre uma base .....	32
5.6	Filmagem dos ímãs .....	32
5.7	Ímã em microgravidade .....	32
5.8	Alunos realizando experimento da deformação da mola .....	33
5.9	Mola na posição original, Mola distendida pela massa, Mola em microgravidade .....	34
5.10	Pêndulo oscilando sob ação da aceleração da gravidade .....	35
5.11	Pêndulo oscilando em queda livre .....	35
A1	Estrutura do aparato experimental montada .....	3A
A2	Indicação dos encaixes do <i>kit</i> experimental .....	5A

A3	Fixação dos ganchos .....	5A
A4	Base de apoio .....	6A
A5	Fixação das roldanas e cabos de elevação .....	7A
A6	Montagem final do aparato experimental .....	7A

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
1.1 Objetivos .....	1
1.1.1. Objetivos Gerais .....	2
1.1.2. Objetivos específicos .....	2
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1. O estudo da ciência espacial no Ensino Médio .....	4
3. REVISÃO DE FÍSICA .....	7
3.1. A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL.....	7
3.1.1. Lei de Newton da Gravitação.....	8
3.1.2. A Determinação de $G$ .....	10
3.1.3. Estimativa da Massa da Terra .....	11
3.1.4. A Medida direta de $G$ .....	11
3.1.5. Universalidade da Lei da Gravitação Universal.....	13
Figura 3.6: corpos de massas $m_1$ e $m_2$ interagindo gravitacionalmente. ....	13
3.1.6. A Gravidade e o Princípio da Superposição .....	13
3.1.7. O Campo Gravitacional.....	14
3.1.7. MICROGRAVIDADE .....	15
4. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL.....	20
5. APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	23
5.1. Primeiro momento.....	23
5.2. Segundo momento .....	26
5.3. Terceiro momento.....	27
5.4. Quarto momento .....	29
5.5. Os resultados .....	35
6. CONSIDERAÇÃO FINAL.....	42
7. REFERÊNCIAS.....	43
ANEXO I .....	47
APÊNDICE A .....	50

# **SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM AUXÍLIO DE UM APARATO EXPERIMENTAL**

## **1. INTRODUÇÃO**

A ciência de forma geral tem evoluído bastante nas últimas décadas, proporcionando mudanças significativas no comportamento humano, permitindo o desenvolvimento de novas tecnologias e alterando a forma como o homem se relaciona com o ambiente e com os outros de sua espécie. Um exemplo disso é a exploração espacial alcançada com a evolução das ciências espaciais, que tem buscado cada vez mais respostas sobre perguntas relacionadas ao espaço sideral. Assim, consideramos importante trazer para dentro da sala de aula temas que promovam uma discussão acerca dessa área da ciência.

A proposta deste trabalho é contextualizada para o desenvolvimento de uma sequência didática abordando a temática da microgravidade. Várias pesquisas nessa mesma linha de raciocínio podem ser encontradas na literatura, porém, com objetivos diferentes da nossa proposta. Por outro lado, usamos muitos desses trabalhos para nortear a descrição desta dissertação, como por exemplo, os experimentos realizados pelo Professor Marcelo M. F. Saba, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, em particular aqueles publicados na Revista Física na Escola em 2000, por considerar que tais experimentos seriam de fácil confecção, adaptação e observação (SABA, 2000).

Para embasar este trabalho, levamos em consideração a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel (1973), pois acreditamos que tal teoria se enquadra perfeitamente no modelo de proposta elaborado nesta pesquisa, além de verificarmos nessa teoria elementos de fácil identificação ao longo do desenvolvimento da sequência didática apresentada nesta dissertação.

### **1.1 OBJETIVOS**

Pensamos nos objetivos como uma forma de direcionar este trabalho e, com esse intuito, elaboramos uma sequência didática onde expomos nosso

planejamento como um modo de esclarecer a real finalidade a que nos propomos desenvolver nesta dissertação.

### **1.1.1. Objetivos Gerais**

Construir uma sequência didática com auxílio de vídeos, filmes e um aparato experimental que possa ser utilizado em sala de aula para o ensino da temática de microgravidade e que deem suporte ao desenvolvimento do tema abordado além de facilitar a sua compreensão.

### **1.1.2. Objetivos específicos**

Desenvolver experimentos laboratoriais para o Ensino de Física relativo a temática da microgravidade buscando:

- i) melhorar a observação da microgravidade;
- ii) observar os efeitos num ambiente de microgravidade;
- iii) realizar abordagens metodológicas que possamos adotar para o ensino de microgravidade;
- iv) associar a teoria da aprendizagem significativa na abordagem da temática microgravidade.

Logo abaixo apresentamos uma síntese dos capítulos que compõem esta dissertação com o intuito de destacar sucintamente o que foi realizado e discutido na nossa pesquisa.

Dedicaremos o capítulo 2 para uma revisão da literatura sobre os estudos da ciência espacial, sobretudo aquela voltada para o Ensino Médio. Esse capítulo indicará a direção na qual estaremos em relação as discussões desse campo da ciência no Ensino Médio regular, abordado também dentro de uma perspectiva crítica dessa temática.

A microgravidade, o tema que direciona este trabalho, terá destaque no capítulo 3, onde é apresentado uma revisão sobre Física da Gravitação Universal, dando destaque a esse tópico. Nesse capítulo descrevemos a lei da

gravitação universal de Isaac Newton e suas deduções sobre a fórmula para a atração gravitacional.

A teoria da aprendizagem que substancia este trabalho é apresentada no quarto capítulo. Os estudos de David Ausubel são, em particular para esta dissertação, considerados fundamentais para o desenvolvimento da proposta deste trabalho.

Reservamos o capítulo 5 ao produto educacional. Nele apresentamos o passo a passo da construção do produto educacional desde sua concepção até a sua aplicação na escola Helenita Lopes Gurgel Valente.

O sexto e último capítulo estão as considerações finais sobre o produto educacional aqui apresentado, bem como as principais impressões sobre todo o processo laboral deste trabalho.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. O ESTUDO DA CIÊNCIA ESPACIAL NO ENSINO MÉDIO

A ciência espacial tem ganhado destaque no meio especializado da área em virtude de novas tecnologias terem sido aprimoradas e produzido resultados muito animadores para os cientistas espaciais. A exemplo disso pode-se citar o lançamento do foguete mais potente até o momento, o *Falcon Heavy*, fabricado pela empresa norte americana *SpaceX* que lançou um carro elétrico na órbita do Sol para atingir a órbita de Marte recentemente. Esse lançamento teve o objetivo de testar uma nova tecnologia. A tecnologia usada é a reutilização dos foguetes, ou seja, a recuperação dos foguetes propulsores através do retorno vertical dos mesmos, o que barateia os lançamentos. Diante do exposto observa-se que se faz necessário trazer para os bancos escolares as discussões que envolvem esse campo da ciência.

O termo Ciências Espaciais se refere “a um conjunto de disciplinas básicas e específicas, como a Geologia, a Física, a Astrofísica, a Astronomia e a Física Espacial, e tem como objetivo estudar o espaço que nos cerca, desde a alta atmosfera da Terra até as galáxias mais distantes” (LIMA, 2008).

A educação espacial consiste numa aprendizagem peculiar, pois:

“a educação espacial é capaz de propiciar ao estudante uma compreensão integrada de fatos e fenômenos científicos e tecnológicos. Ela consiste no despertar da curiosidade e do interesse dos alunos acerca dos processos, produtos e serviços oriundos da exploração do ambiente espacial, oferecendo uma compreensão interdisciplinar da ciência e tecnologia e da forma como elas afetam o cotidiano” (REIS; GARCIA, 2006, p. 363).

Assim, a exploração espacial através de suas atividades pode contribuir como ferramenta de contextualização no conteúdo de disciplinas como a Física, a Matemática, a Biologia, a Química e a Geografia, por exemplo. Dessa forma, segundo Reis e Garcia (2006), a educação espacial é ferramenta importante para não só formar, como também dar continuidade à alfabetização científica do sujeito aprendente.

Conforme declara Sausen (1999), no Brasil, a demanda por indivíduos capazes de realizar atividades espaciais propiciou o surgimento da educação espacial, cuja formação desse profissional passaria inicialmente pela familiarização e exploração do novo objeto de estudo (Ensino Fundamental e Médio) para posteriormente, aprofundar-se a nível de mestrado e doutorado, formando dessa maneira, os recursos humanos necessários aos programas espaciais realizados em agências espaciais internacionais como é o caso da NASA.

A partir da década dos anos de 1990 foram iniciadas práticas em educação espacial, lançando mão de espaços formais e não formais de escolarização objetivando além de contribuir com a formação científica e tecnológica dos estudantes, disseminar os programas espaciais realizados em outros países, despertando assim o interesse pelas mesmas devido às vantagens profissionais que uma formação dessa natureza poderia oferecer.

No Brasil, existem iniciativas como a AEB (Agência Espacial Brasileira) que com o seu programa AEB espaço educação busca contextualizar e despertar o interesse dos estudantes nas áreas tecnológicas através do programa espacial brasileiro (REIS; GARCIA, 2006).

Um exemplo trata do estudo sobre o espaço sideral, tema que pelos mistérios e pela publicidade dada em inúmeros filmes de ficção científica, desperta naturalmente o interesse dos estudantes pelas ciências espaciais.

Nesse contexto, a AEB, através da Diretoria de Satélites, Aplicações e Desenvolvimento (DSAD), criou o Programa AEB Escola em 2003. Endereçado a todas as escolas do Brasil, o Programa abordou atividades como (AEB, 2018):

- Satélites e plataformas espaciais.
- Veículos espaciais.
- Astronomia.
- Aplicações espaciais.

A fim de viabilizar os temas acima descritos de maneira didática, foram realizadas formações através de palestras, oficinas e cursos para professores e alunos.

“Por meio da integração entre a comunidade escolar e as ações

brasileiras no campo espacial, a AEB fortalece uma cultura do saber que possibilita a compreensão da realidade tecnológica atual. Estabelecidas as diretrizes, as ações de um novo programa foram elaboradas para estimular os estudantes por meio de atividades práticas que incentivem a criatividade, alimentando o espírito de pesquisa e mantendo uma relação estreita com o cotidiano da ciência brasileira” (AEB, 2018).

Dessa forma, o programa através de sua rede de atualização entre as escolas, é capaz de atualizar e disseminar os conhecimentos inerentes à educação espacial de forma contínua, atingindo as escolas de Ensino Médio e de Ensino Fundamental tanto da rede particular como da rede pública.

Para que a educação em ciências espaciais seja realizada de maneira eficaz, são adotadas as ações seguintes (AEB, 2018):

- Ênfase na formação continuada dos professores.
- Atividades como palestras, cursos e oficinas com o objetivo de despertar o interesse dos estudantes pelas ciências espaciais.
- Formação de parcerias com elaboração e distribuição de material didático e paradidático.
- Organização da OBA (Olimpíada Brasileira de Astronomia), juntamente com a SAB (Sociedade Astronômica Brasileira).

Machado (2006) exemplifica o conteúdo de Física referente às Leis de Newton contextualizando-as em um ambiente não formal de aprendizagem, isto é, no CLBI (Centro de Lançamentos da Barreira do Inferno). A prática consiste na coleta e pesquisa acerca de conhecimentos sobre as ciências espaciais e das possibilidades de se levar esta temática às salas de aula inserindo-as no conteúdo da disciplina.

O Grupo de Foguetes Experimentais do Paraná é outra iniciativa que se destaca por incentivar estudantes do Ensino Médio a se interessarem pelos assuntos da área de tecnologia. O grupo possui um site na *internet* no qual são tratados e propostas diversas atividades relacionadas à ciência espacial (MACHADO, 2006).

### 3. REVISÃO DE FÍSICA

#### 3.1. A GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

No século XVII, ao estudar o movimento da Lua e dos planetas, Newton percebeu o caráter fundamental da atração gravitacional que existia entre os corpos de qualquer natureza. Essa observação lhe permitiu estabelecer a Lei da Gravitação Universal. Essa lei é assim enunciada por Young e Fredman (2008): *“cada partícula do universo atrai qualquer outra partícula com uma força diretamente proporcional ao produto das respectivas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as partículas.”*

A gravidade domina grandes distâncias, no entanto é muito fraca em pequenas escalas. De fato, suas leis básicas foram somente testadas a distâncias da ordem de um milímetro. A gravidade também é consideravelmente mais difícil de se ajustar com a Mecânica Quântica do que todas as outras forças (BARDEEN; CARTER; HAWKING, 1973).

Um dos objetivos mais antigos da Física consiste na compreensão da força gravitacional, isto é, a força que mantém os objetos presos à Terra, que faz com que a Lua orbite em torno do nosso planeta e que, por sua vez, a Terra gire em torno do Sol (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012).

A força gravitacional exerce a sua influência sobre uma das mais misteriosas estruturas do universo, isto é, o buraco negro, que é a consequência do colapso total de uma estrela sobre si mesma, onde a força gravitacional é tão intensa que nem mesmo a luz consegue escapar (Figura 3.1). Assim, qualquer estrela que se aproxima de um buraco negro pode ser estilhaçada pela imensa força gravitacional e ser totalmente tragada pelo mesmo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012)

**Figura 3.1:** Concepção artística de um Buraco negro sugando uma estrela



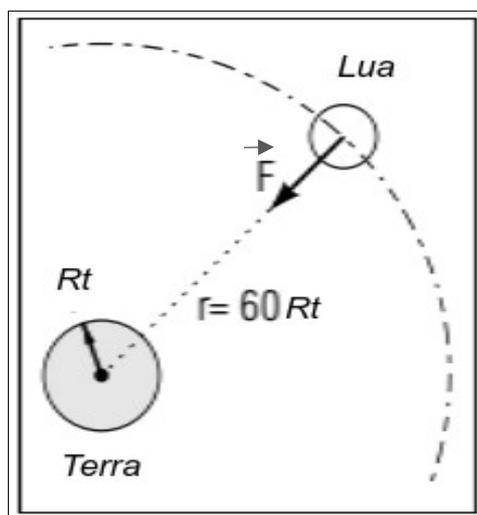
Fonte: NASA

### 3.1.1. Lei de Newton da Gravitação

Newton percebeu que a Terra não somente atraía os objetos e a Lua, mas também que cada corpo do universo atraía todos os demais corpos. A essa tendência de os corpos moverem-se uns de encontro aos outros é chamada de gravitação (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012, p.28).

Newton foi um gênio ao ligar a aceleração gravitacional dos objetos sobre a superfície terrestre com o movimento lunar, quase circular, que esta realiza entorno da Terra. Sabendo-se o período desse movimento<sup>1</sup> e a proximidade entre Lua e Terra pode-se medir a distância entre esses astros através do efeito de paralaxe entre a Lua e a posição das estrelas atrás dela. Considerando essa distância como  $r$ , podemos dizer que esse é o raio da órbita da Lua em torno do centro da Terra (Figura 3.2), ou seja,  $r = 3,84 \times 10^8 \text{ m}$ , equivalente a  $r/R_T \cong 60$  vezes o raio da Terra ( $R_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$ ) (PARKER, 2002).

**Figura 3.2:** Raio da órbita da Lua entorno da Terra.



Fonte: PARKER (2002).

Sabe-se que para o movimento circular uniforme o período  $T$  é dado por

$$T = \frac{2\pi r}{v}, \quad (1)$$

onde por essa forma, a velocidade orbital da Lua pode ser encontrada quando se conhece  $T$  e  $r$ . Sabendo-se que a aceleração centrípeta é dada por  $a = v^2 / r$ ,

---

<sup>1</sup> Esse período é de 27,3 dias; o chamado ciclo lunar.

podemos escrever a força centrípeta associada a ela na forma<sup>2</sup>

$$F = ma = \frac{mv^2}{r} , \quad (2)$$

onde  $m$  é a massa da Lua. Considerando-se que a força atuante sobre a Lua, no caso a força centrípeta, é provocada pela força de interação gravitacional entre Terra-Lua, pode-se concluir que a aceleração centrípeta no ponto onde a Lua está situada é a aceleração da gravidade  $g$  que a Terra exerce sobre aquele ponto.

Realizando-se esse cálculo, pode-se perceber que a aceleração da gravidade da Terra no ponto considerado anteriormente é  $g = 2,72 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ , pois a distância entre Terra e Lua é cerca de 60 vezes o raio da Terra (PARKER, 2002; TIPLER; MOSCA, 2000).

Assim, uma vez que a uma distância da superfície da Terra até um ponto situado a uma distância igual a sessenta vezes o raio da Terra, encontrará a aceleração da gravidade nesse ponto reduzida de um fator igual a  $(60)^2$ .

Dessa forma Newton pode concluir que a força gravitacional da Terra exercida sobre um objeto de massa  $m$  é inversamente proporcional ao quadrado da distância desse objeto até o centro da Terra e diretamente proporcional a sua massa  $m$  (NEWTON, 1999), podendo ser expressa por:

$$F = constante \times \frac{m}{r^2} . \quad (3)$$

Aplicando a terceira lei de Newton para os corpos interagentes, cujo força possui mesma intensidade, mas de sentidos contrários, podemos escrever a relação como

$$F = constante \times \frac{M}{r^2} , \quad (4)$$

em que  $M$  representa a massa da Terra.

Por fim, admitindo a gravitação como uma interação universal para todo o tipo matéria, Newton deduziu que para uma forma de força de atração associada à uma interação central<sup>3</sup> entre dois corpos (Figura 3.3), a sua magnitude pode

---

<sup>2</sup> Rigorosamente, teríamos que levar em consideração a relação  $\mu = mM/(m + M)$  da massa reduzida do sistema composto pelas massas  $m$  e  $M$  dos corpos que interagem gravitacionalmente, porém, a simplificação  $m \ll M$  usada nesta dissertação não compromete nossas conclusões.

<sup>3</sup> Diz-se que uma força de interação é do tipo *central* quando essa força atua ao longo da linha de união dos corpos que interagem (ALONSO; FINN, 2014, p. 417).

ser obtida a partir da combinação dos requisitos (3) e (4), ou seja, da quantidade de matéria em cada corpo (ALONSO; FINN, 2014):

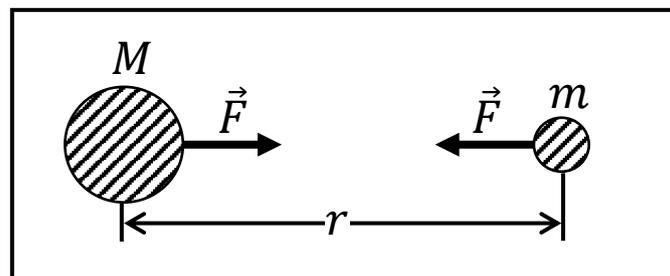
$$F = constante \times \frac{Mm}{r^2} . \quad (5)$$

Se atribuirmos convencionalmente uma constante de proporcionalidade a equação (5), podemos escreve-la na forma

$$F = -\frac{GMm}{r^2} , \quad (6)$$

em que  $G$  é a constante gravitacional e o sinal negativo indica uma força atrativa. (FILHO; SARAIVA, 2014).

**Figura 3.3:** Interação gravitacional entre duas massas  $M$  e  $m$ .



Fonte: PARKER, 2002.

### 3.1.2. A Determinação de $G$

Segundo Parker (2002), para se determinar o valor da constante gravitacional  $G$  é preciso saber a massa e o raio da Terra, além do valor da aceleração da gravidade do local. Assim, se considerarmos um objeto qualquer de massa  $m$  que se encontre a uma distância  $r$  do centro da Terra ( $r > R_T$ ), a força  $F$  que a gravidade exerce sobre esse objeto é dado pelo produto  $mg$ , que aplicado na equação (6) nos permite escrever a seguinte relação:

$$mg = G \frac{Mm}{r^2} , \quad (7)$$

Eliminando  $m$  da igualdade e considerando que  $r \geq R_T$ , podemos encontrar a aceleração da gravidade local a uma distância  $r$  do centro da Terra por

$$g = G \frac{M}{r^2} . \quad (8)$$

Assim, usando essa equação em um ponto na superfície da Terra, onde podemos usar (no *SI*) os valores  $r = R_T = 6,37 \times 10^6 \text{ m}$  (raio da Terra) e  $g = g_T = 9,81 \text{ m/s}^2$ , encontra-se:

$$G = 3,98 \times 10^{14} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-1} \times \frac{1}{M} . \quad (9)$$

Dessa forma, conhecendo-se a massa da Terra  $M$ , o valor de  $G$  pode ser encontrado.(PARKER, 2002).

### 3.1.3. Estimativa da Massa da Terra

De acordo com Parker (2002), Newton não sabia o valor da massa da Terra, mas detinha informações suficientes para poder obter uma estimativa. Ele usou, portanto, a massa de uma esfera, o raio da Terra e a densidade média da Terra. Aplicando a equação da densidade, obteve

$$M = \left( \frac{4}{3} \pi R_T^3 \right) \rho , \quad (10)$$

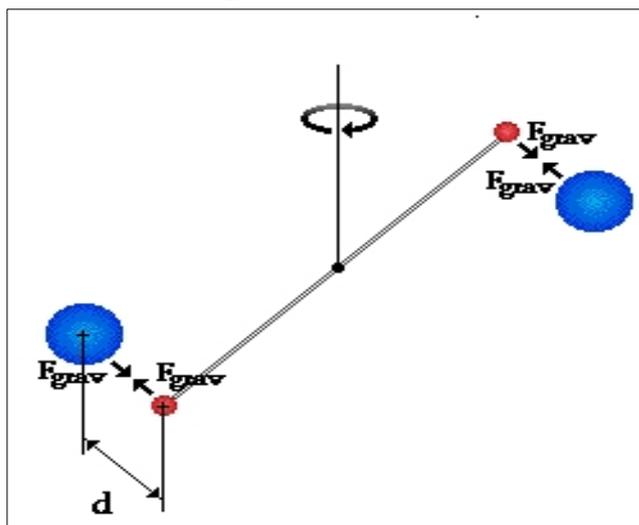
em que  $\rho$  é a densidade média da Terra e  $R_T$  o seu raio.

### 3.1.4. A Medida direta de $G$

A primeira medida de  $G$  realizada em laboratório foi executada pelo cientista britânico H. Cavendish, em 1797, setenta anos após o falecimento de Newton. O experimento consiste de uma balança de torção na qual duas pequenas massas estão presas nas pontas de uma barra suspensa por um fio conectado ao centro de massa da barra. Duas outras esferas maiores são mantidas fixas, próximas às esferas de menor massa. A distância inicial entre as massas é  $d$  (Figura 3.4).

Através da equação (9) é possível encontrar o valor de  $G$  a partir da massa da Terra; aliás, o seu valor pode ser utilizado para se determinar a massa de qualquer planeta caso ele possua ao menos um satélite natural cujo período orbital possa ser avaliado.

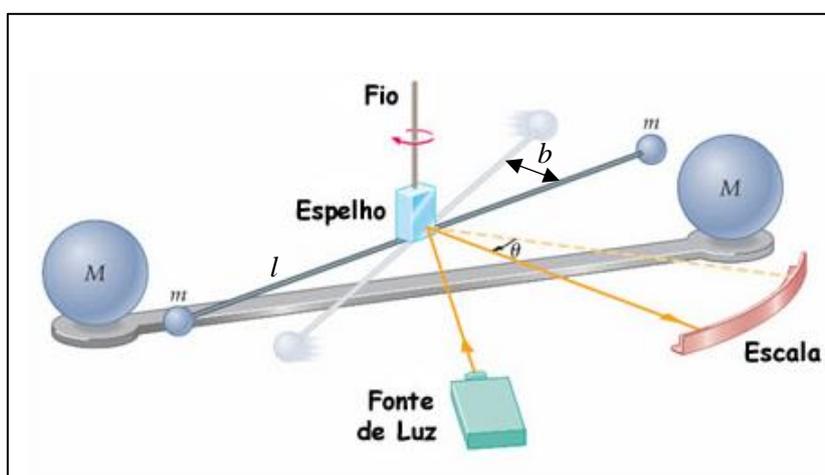
**Figura 3.4:** Modelo da Balança de Cavendish



Fonte: (SANTOS, 2002).

A atuação da força gravitacional entre as duas massas diferentes causará uma torção no fio, propiciando o deslocamento da massa menor em direção à massa maior. Assim, a medida do ângulo de torção permitirá o cálculo da constante de gravitação universal  $G$  (Figura 3.5).

**Figura 3.5.** Ilustração da Balança de Cavendish utilizada para determinar o valor de  $G$ .



Fonte: [http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/523SF/05\\_teor%C3%ADa\\_frame.htm](http://www.fisicavivencial.pro.br/sites/default/files/sf/523SF/05_teor%C3%ADa_frame.htm)

Conhecendo-se a distância  $b$  entre os centros das duas esferas de massas diferentes, o comprimento  $l$  da barra e o ângulo de torção  $\Delta\theta$ , o período  $T$  e a massa  $M$ , a constante  $G$  é determinada por (MIT, 2001):

$$G = \frac{b^2 l}{8M} \left( \frac{2\pi^2}{T} \right) \Delta\theta . \quad (11)$$

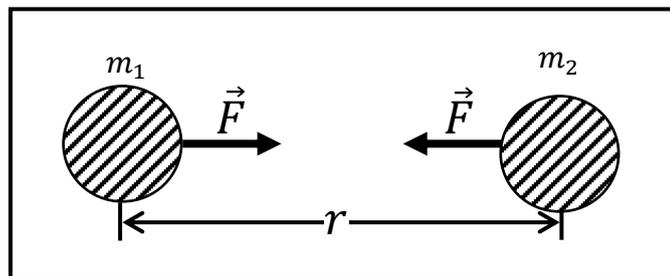
### 3.1.5. Universalidade da Lei da Gravitação Universal

Para Parker (2000), a lei de Newton da gravitação universal tem validade em todo o Universo, por isso o valor de  $G$  é considerado uma constante universal, pois não existe qualquer evidência de que o valor de  $G$  tenha se modificado dentro de uma escala temporal geológica ou cósmica.

Dessa forma, quaisquer dois corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$  que interajam em qualquer lugar do universo terá uma força  $F$  de intensidade dada por (ver Figura 3.6):

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2} . \quad (12)$$

**Figura 3.6:** corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$  interagindo gravitacionalmente.



FONTE: Próprio autor

### 3.1.6. A Gravidade e o Princípio da Superposição

Sendo a força gravitacional o resultado da interação entre dois corpos com forças iguais e opostas atuando sobre cada um desses corpos, segundo Halliday, Resnick e Walker (2012), se mais do que dois objetos estiverem presentes, o somatório da força gravitacional é o vetor soma de cada efeito individual sobre os demais objetos presentes, ou seja:

$$\vec{F}_1 = \vec{F}_{12} + \vec{F}_{13} + \vec{F}_{14} + \dots + \vec{F}_{1n} . \quad (13)$$

Se  $n$  partículas estiverem presentes, então:

$$\vec{F}_1 = \sum_{i=2}^n \vec{F}_{1i} . \quad (14)$$

Se o objeto for uma esfera ou uma casca esférica, podemos considerar que toda a sua massa esteja concentrada em seu centro (visão Newtoniana). Para o caso de um objeto extenso (um objeto real), esta força é determinada dividindo-se o objeto em pedaços suficientemente pequenos para que possam ser tratados como partículas e assim, aplicar a equação (15) e determinar o vetor soma (resultante) da força sobre a partícula causada por todos os outros pedaços. No caso limite, divide-se o objeto extenso em pedaços infinitesimais, cada um deles com uma massa  $dm$ , e cada um produzindo uma força infinitesimal  $d\vec{F}$  sobre a partícula. Nesse limite, o somatório da equação (15) torna-se uma integral (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2012), escrita

$$\vec{F}_1 = \int d\vec{F} . \quad (15)$$

### 3.1.7. O Campo Gravitacional

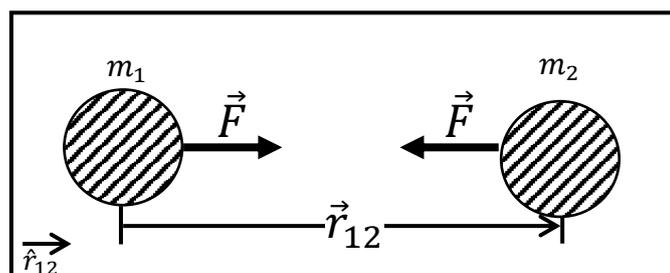
A região do espaço que sofre perturbação devido a presença de um corpo de massa  $M$  é denominado campo gravitacional vetorial que exerce uma força gravitacional sobre os corpos ao seu entorno.

A força gravitacional que uma partícula pontual de massa  $m_1$  exerce sobre outra partícula pontual de massa  $m_2$ , afastada de uma distância  $r_{12}$  (Figura 3.7) é dada pela expressão:

$$\vec{F}_{12} = \frac{Gm_1m_2}{r_{12}^2} \hat{r}_{12} , \quad (16)$$

onde  $\hat{r}_{12} = \vec{r}_{12}/r_{12}$  é o versor com sentido da *partícula 1* para a *partícula 2*.

**Figura 3.7:** Interação gravitacional entre dois corpos de massas  $m_1$  e  $m_2$ , separadas por uma distância  $r_{12}$ .



FONTE: Próprio autor.

O campo gravitacional em um ponto  $P$  pode ser determinado colocando-se uma partícula pontual de massa  $m$  em  $P$  e calculando a força gravitacional  $\vec{F}$  sobre ela devido à todas as demais partículas (TIPLER; MOSCA, 2000). Assim, a razão da força gravitacional  $\vec{F}$  e a massa  $m$  fornece o valor do campo gravitacional  $\vec{g}$  sobre o ponto  $P$ , isto é:

$$\vec{g} = \frac{\vec{F}}{m} . \quad (17)$$

Segundo Tipler e Mosca (2000), o ponto  $P$  é chamado de ponto de campo e, dessa forma, o campo gravitacional sobre um ponto de campo devido às massas de um conjunto de partículas pontuais é o vetor resultante de todos os campos devido à cada uma dessas massas no ponto  $P$ , ou seja,

$$\vec{g} = \sum_i \vec{g}_i . \quad (18)$$

Os pontos aonde as demais partículas estão situadas são denominados pontos fonte.

Para determinar o campo gravitacional em um ponto de campo devido a um objeto contínuo (real), é necessário determinar o campo infinitesimal  $d\vec{g}$  devido a um elemento infinitesimal de volume de massa  $dm$  e integrar sobre toda a distribuição de massa do objeto, ou seja, todos os pontos fontes do objeto contínuo. Então,

$$\vec{g} = \int d\vec{g} . \quad (19)$$

O campo gravitacional da Terra a uma distância  $r \geq R_T$  tem uma magnitude  $g(r)$  dada pela expressão

$$g(r) = \frac{F}{m} = \frac{GM_T}{r^2} . \quad (20)$$

### 3.1.7. MICROGRAVIDADE

Microgravidade é a condição na qual pessoas ou objetos aparentemente perdem o seu peso (SANDRA, 2017). Os efeitos da microgravidade podem ser observados quando os astronautas e objetos flutuam no espaço (Figura 3.8).

"Por definição, um ambiente de microgravidade é aquele onde o peso aparente de um sistema é muito pequeno, comparado com o seu peso real. A qualidade deste ambiente de microgravidade depende do mecanismo usado para criá-lo" (BALISCEI, 2011, p. 16).

A palavra "micro" tem o significado de algo muito pequeno, assim, microgravidade indica uma situação na qual a força da gravidade é muito pequena. Nesse contexto, o prefixo "micro" indica que o peso aparente de um sistema deve ser muito menor do que o seu peso real (ROGERS; COHEN, 1994). Nessa condição, os astronautas podem flutuar dentro de um veículo espacial ou fora dele.

**Figura 3.8:** Astronauta experimentando a Microgravidade em avião Zero G.



Fonte: NASA

**Figura 3.9:** Movendo objeto em regime de microgravidade na ISS. Fonte: (SANDRA, 2017)



Fonte: (SANDRA, 2017)

Em um regime de microgravidade, por exemplo, é possível mover facilmente objetos que têm massas elevadas. A Figura 3.9 ilustra um astronauta em microgravidade movendo facilmente um objeto de 300 kg de massa.

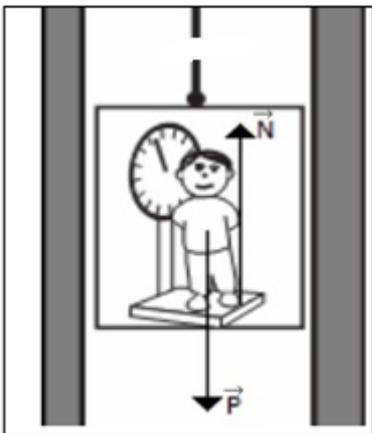
Segundo declara Sandra (2017), é possível encontrar estados de microgravidade em qualquer lugar do espaço. A gravidade é a força que mantém a Lua girando em torno da Terra e que faz com que a Terra permaneça em órbita ao redor do Sol e que mantém o Sol em sua posição dentro da Via Láctea.

A influência da gravidade vai ficando menor com a distância; é por isso que a partir de uma certa distância os astronautas no interior de sua espaçonave podem sentir uma força da gravidade muito mais fraca. Contudo, esse não é o motivo pelo qual os objetos flutuam dentro da espaçonave.

Um exemplo encontra-se na Estação Internacional Espacial (*International Space Station, ISS*), orbitando na faixa de 300 a 400 km da Terra, aonde a gravidade apresenta um valor igual a 90% (8,8 N/kg) daquele existente na superfície da Terra. Assim, se existe gravidade no interior da estação, como é possível que os astronautas e os objetos flutuem em seu interior? Os astronautas flutuam porque eles se encontram em queda livre, ou seja, no vácuo, a gravidade faz com que todos os objetos caiam ao mesmo tempo (SANDRA, 2017). Dessa maneira, se uma pessoa deixa cair um martelo e uma pena, ambos da mesma altura, o ar fará com que a pena atinja o solo depois do martelo, porém se não existir ar, ou seja, ambos estiverem no vácuo, o martelo e a pena atingirão o solo ao mesmo tempo.

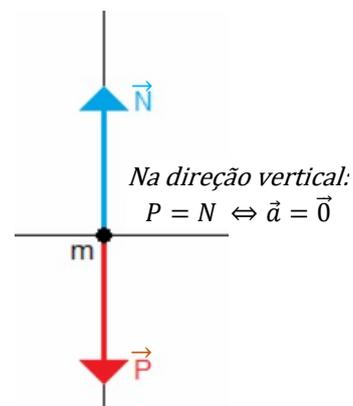
Um exemplo para ilustrar a queda livre é aquele da pessoa no interior de um elevador quando o cabo se rompe. (Figura 3.10).

**Figura 3.10:** Pessoa no elevador em queda livre.



Fonte: Rogers (1997).

**Figura 3.11:** Diagrama de corpo livre



Fonte: Autor

Aplicando a 2ª Lei de Newton a situação mostrada na Figura 3.10, o diagrama de corpo livre ilustrado na Figura 3.11 informa que (supondo o eixo orientado para cima):

$$\begin{aligned}
 N - P &= m \cdot a \\
 N - m \cdot g &= m \cdot a \\
 N &= m \cdot (a + g),
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

onde  $N$  é o módulo da reação normal do piso do elevador sobre a pessoa,  $P$  é o peso da pessoa,  $m$  é a massa da pessoa e  $g$  é a aceleração da gravidade.

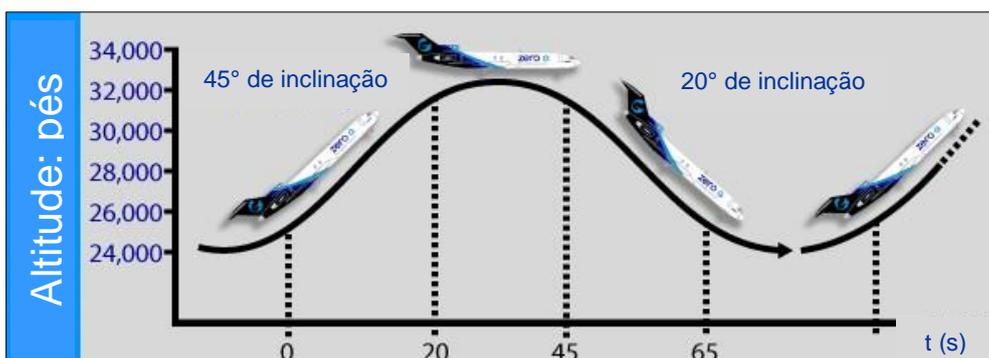
Em uma situação na qual o cabo venha a se romper, teremos a queda livre, onde  $a = -g$ , logo  $N = 0$ . Nesse contexto, a pessoa sente-se como se não possuísse peso, isto é, o seu peso aparente é nulo, caracterizando assim, um ambiente de microgravidade (BALISCEI, 2011). Essa é a situação experimentada pelos astronautas. Assim, "*a sensação de falta de peso não se dá pela ausência da força gravitacional, pois a mesma não se faz ausente, mas sim pelo fato de que a pessoa e o seu veículo estão em queda livre com a mesma aceleração*" (BALISCEI, 2011).

Uma forma de simular um ambiente de microgravidade é através da queda livre de uma espaçonave. Nessa situação as pessoas e os objetos dentro da espaçonave estariam caindo em direção à Terra, mas também em volta dela; e uma vez que todos estão caindo juntos, a tripulação e os objetos parecem flutuar quando comparados com a espaçonave.

Conforme explica Sandra (2017), em certos parques de diversão existem aparelhos que reproduzem a queda livre. Eles consistem em uma cabine no alto de uma torre. A cabine é abandonada em queda livre e se uma pessoa no início da queda abandonar um objeto, ambos cairão com a mesma aceleração e parecerá que o objeto flutua ao lado da pessoa. Essa é a mesma situação da espaçonave.

Para criar ambientes de microgravidade por um curto período de tempo, a NASA utiliza aviões que sobem e descem realizando trajetórias em forma de arcos de parábola (Figura 3.12). No topo da parábola, as pessoas e os objetos experimentam por 20 a 25 segundos, a sensação de queda livre.

**Figura 3.12:** Avião Zero G em voo de simulação de queda livre.



Fonte: NASA

Existem situações em que a força gravitacional pode ser utilizada de forma vantajosa, como em experimentos em diversos campos de estudos. Segundo Baliscei (2011), dentre as áreas estudadas em ambientes de microgravidade estão a Biotecnologia, Física dos Fluidos, Física Fundamental, Ciência de Combustão e Ciência de Materiais.

Um exemplo desse estudo foi realizado em 2006, quando o Tenente-coronel aviador Marcos César Pontes, primeiro brasileiro a ir ao espaço sideral, teve a tarefa de levar à bordo da Estação Espacial Internacional 9 experimentos científicos produzidos por universidades, EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) e Escolas de São Paulo. O objetivo era analisar o comportamento dos experimentos em ambiente de microgravidade. Os experimentos foram: Efeito da gravidade na cinética das enzimas, Danos e reparos no DNA na microgravidade, Teste de evaporadores capilares em ambiente de microgravidade (Cemex), Minitubos de calor, Nuvens de interação proteica, Nanosonda para ambiente de microgravidade: nanotecnologia no espaço, Germinação de sementes em microgravidade e Cromatografia da Clorofila: Experimento Educacional em Microgravidade.

#### 4. TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE AUSUBEL

David Paul Ausubel foi um psicólogo americano cuja contribuição mais significativa para os campos da psicologia educacional, ciência cognitiva e educação científica foi a teoria da aprendizagem significativa (CAJAMARCA; PIÑA, 2010).

O termo “aprendizagem significativa” tornou-se conhecido no campo da ciência da educação devido ao trabalho de Ausubel que lançou mão desse termo, em 1960, para designar uma teoria de aprendizagem que é totalmente contrária a forma mecanizada de aprendizagem (GUNSTONE, 2015).

Sua teoria propõe que:

os conhecimentos prévios dos alunos sejam valorizados, para que possam construir estruturas mentais utilizando, como meio, mapas conceituais que permitem descobrir e redescobrir outros conhecimentos, caracterizando, assim, uma aprendizagem prazerosa e eficaz (PELIZZARI, 2002, p. 01).

Assim, de acordo com sua teoria, os estudantes eram considerados o ponto central no processo de aprendizagem e os professores, os facilitadores do processo. Dessa forma, a aprendizagem significativa ocorria quando um novo conhecimento se relacionava com um conhecimento anterior ou antigo, conforme declara (CAJAMARCA; PIÑA, 2010).

Dentro desse contexto, a aprendizagem adquirindo um significado a partir de um conhecimento prévio, configura-se mais eficaz do que aquela aprendida de forma mecânica ou repetitiva, características do método clássico de ensino no qual o novo conteúdo é armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva do sujeito aprendente.

Dessa forma, o aluno aprende de forma mecânica, pois não consegue relacionar a nova informação recebida com algum conhecimento prévio que possua, ou seja, sem interagir com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva passando a decorar fórmulas, resoluções de problemas e leis, mas logo esquecendo-as após alguma avaliação (PELIZZARI, 2002).

Segundo Pelizzari (2002), para que a aprendizagem significativa surta efeito é preciso que duas condições principais sejam atendidas: a primeira consiste em que o aluno esteja disposto a efetivamente aprender e não partir para a decoreba pura e simples de conteúdo. A segunda condição é a de que o professor deve passar o conteúdo da disciplina de forma significativa, isto é, deve possuir uma sequência lógica e deve ser relacionado com as experiências de cada indivíduo, adquirindo assim, um significado psicológico.

Segundo Masini e Moreira (2008), significados servem de pontos de referência ou de partida para a atribuição de outros significados que formando uma rede constituem dessa forma a estrutura cognitiva do indivíduo.

Uma vez que a estrutura cognitiva é capaz de processar as informações recebidas pelo estudante e conseqüentemente, realizando a operação cognitiva, conforme relata Sani e Schirlo ( 2014):

O conteúdo previamente apropriado pelo educando representa um fator que influencia o processo de aprendizagem, pois novas informações serão entendidas e armazenadas na proporção qualitativa da estrutura cognitiva prévia do aluno, construindo uma aprendizagem significativa.

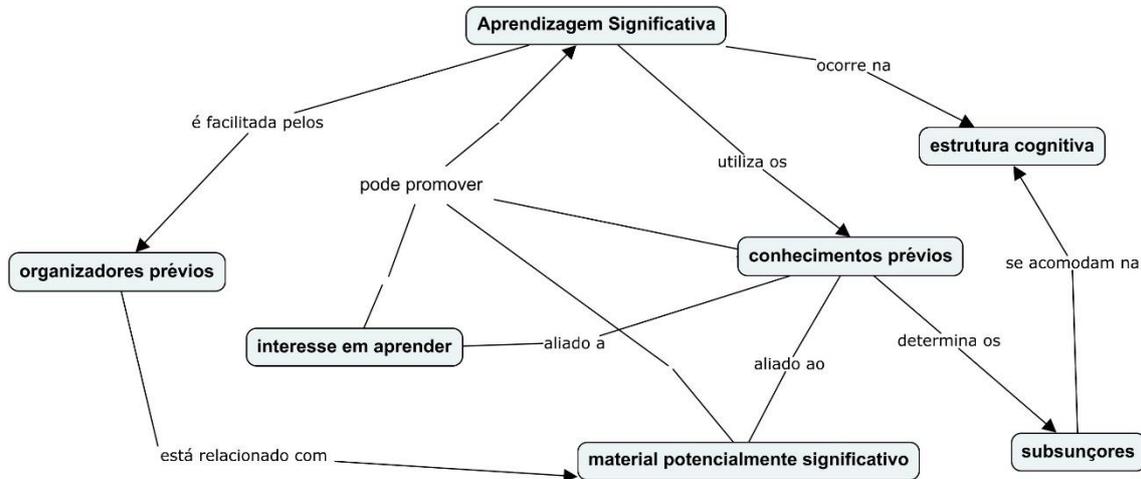
Dessa forma, a organização cognitiva do aluno é um aspecto importante na aprendizagem de conceitos científicos, pois estes são organizados a partir de proposições que vão formando um conjunto de novas relações. Esta estrutura de conhecimento foi denominada por Ausubel subsunçor (AUSUBEL,1973).

Segundo Ausubel (1973) “subsunçor é uma estrutura específica na qual uma nova informação pode se agregar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual, que armazena experiências prévias do sujeito”. Por exemplo, se já existir na estrutura cognitiva do aluno o conceito de deslocamento e de tempo, eles servirão como subsunçores para uma nova informação, referente ao conceito de velocidade.

Ausubel, Novak e Hanesian (1980) explicam que “a aprendizagem significativa envolve a aquisição de novos significados e estes, por sua vez, são produtos da aprendizagem significativa”.

Vejamos um mapa conceitual simplificado (Figura 4.1) que procura apresentar a aprendizagem significativa e alguns de seus principais elementos interconectados.

**Figura 4.1.** Mapa conceitual da aprendizagem significativa.



Fonte: Próprio autor.

Assim, o estudo da microgravidade em um ambiente simulador, irá proporcionar ao aluno um momento de aprendizagem que reformulará seu conhecimento sobre o tema, dando-lhe maior significado, pois passará a compreender o tema microgravidade com mais riqueza de informações. Para que haja uma diferenciação progressiva na estrutura cognitiva do estudante é preciso que ele utilize por diversas vezes o subsunçor Microgravidade. E para que isso ocorra, as atividades com filmes e vídeos são usadas como ancoradouros, permitindo que o conhecimento seja reforçado e alimentado com as informações necessárias.

## **5. APLICAÇÃO DO PRODUTO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS**

O produto foi aplicado em uma turma da 1ª série do Ensino Médio, do turno da tarde, na Escola de Ensino Médio Helenita Lopes Gurgel Valente, localizada no município de Fortim-CE. A turma é composta por 42 alunos com faixa etária entre 15 e 17 anos todos oriundos de escolas municipais. Em sua maioria, são filhos de famílias de baixa renda com faixa salarial até dois salários mínimos.

A aplicação do produto foi dividida em quatro momentos que seguiram uma lógica racional de complementariedade e aconteceu no segundo semestre do ano de 2018.

Antes do produto ser desenvolvido junto a referida turma, formalizamos o interesse da proposta desta dissertação à coordenação da escola, assim como informar que a aplicação produto educacional pensado para esta pesquisa não traria qualquer prejuízo ao programa curricular da escola, uma vez que o assunto abordado faz parte do programa curricular da turma.

### **5.1. PRIMEIRO MOMENTO**

A primeira aula destinada ao produto foi organizada de forma que os alunos formassem grupos de três e quatro componentes, o que totalizou em onze grupos, sendo nove grupos com quatro componentes e dois grupos com 3 componentes (Figura 5.1). Foi entregue um questionário composto de seis perguntas que almejava identificar o grau de conhecimento dos alunos sobre os conceitos pertencentes ao tema microgravidade (identificação dos conhecimentos prévios). O grupo deveria responder as perguntas com base em seus conhecimentos prévios e não poderiam usar qualquer fonte de pesquisa. O questionário serviu como pré-teste para uma avaliação posterior. Houve a necessidade de ratificar que as respostas deveriam ser baseadas nos conhecimentos que eles traziam até o momento. A seguir irei relatar as respostas dos alunos sem emitir nenhuma análise ainda. Não foi feita nenhuma intervenção nesse momento, pois isso será feito durante as etapas posteriores.

A primeira pergunta do questionário indagava sobre a diferença entre peso e massa. A maioria respondeu que não havia diferença entre as duas

grandezas. E os que responderam que eram diferentes não conseguiram definir com clareza a diferença. Segue a pergunta e algumas respostas transcritas de alguns grupos.

*Existe diferença entre Peso e massa? Explique.*

*“...o peso é quando pesa o objeto e a massa é o que é feito.”*

*“...peso é tudo aquilo que ocupa massa e massa é tudo aquilo que ocupa espaço.”*

*“Acreditamos que não, pois se há peso é preciso de uma massa independente do corpo.”*

*“...o peso é o quanto tal objeto possui e a massa é o conteúdo existente nele.”*

A segunda pergunta foi um questionamento sobre o motivo dos objetos caírem espontaneamente em direção ao centro da Terra. A maioria dos alunos, quase 100%, relacionaram o fato dos objetos caírem sempre em direção ao centro da Terra devida à força da gravidade que puxa os objetos nessa direção. Segue a pergunta e algumas transcrições das respostas de alguns grupos.

*Porque os objetos caem espontaneamente em direção ao centro da Terra?*

*“...a Terra possui um centro de gravidade que puxa os objetos para o seu centro.”*

*“...existe uma força que puxa tudo para o centro da Terra.”*

*“...existe uma gravidade na qual empurra tudo para o centro da Terra...”*

*“Porque existe uma força gravitacional puxando ele para baixo.”*

Na terceira pergunta foi indagado sobre o porquê da Lua não se chocar com a Terra. Quase a totalidade dos alunos relacionaram o fato da Lua não se chocar com a Terra devido à fraca gravidade existente entre os dois corpos. Apenas um grupo citou a queda livre contínua como razão para a Lua não se chocar com a Terra. Segue a terceira pergunta e algumas respostas que demonstram essa conclusão.

*Porque a Lua não se choca com a Terra?*

*“...a gravidade da Lua segura ela lá em cima.”*

*“...lá não tem como a gravidade puxar porque é fraca.”*

*“...ela é uma espécie de movimento de queda perpétua e nunca atingirá a superfície terrestre.”*

*“...existe uma gravidade entre a Terra e a Lua muito pequena.”*

A pergunta da quarta questão aborda o significado de um corpo em queda livre. Para essa pergunta a maioria dos alunos associaram ao fato do corpo cair livremente sem resistência devido à força gravitacional. Outros responderam que um corpo em queda livre significa que o corpo está caindo sem nenhuma força atuar. Um grupo relacionou a queda livre com a queda sem resistência devido o campo gravitacional da Terra. Vejamos a quarta pergunta e algumas das respostas dadas.

*O que significa um corpo em queda livre?*

*“...um corpo caindo em direção ao centro da Terra sem influência de nada.”*

*“... um objeto totalmente solto caindo livremente.”*

*“... quando um objeto cai sem nenhum impedimento.”*

*“... objeto puxado pelo campo gravitacional sem resistência nenhuma.”*

A quinta pergunta foi direcionada para o conhecimento sobre microgravidade. A maioria associou o termo microgravidade a pouca gravidade ou gravidade fraca. Alguns grupos associaram o termo microgravidade com o peso e um grupo respondeu que microgravidade era uma experiência de queda livre onde não há peso aparente. Segue a quinta pergunta e a transcrição de algumas respostas.

*Você sabe o que é microgravidade? Explique.*

*“... baixa gravidade que existe em um corpo e que está sendo puxado pela força peso.”*

*“... experiência de pessoas e objetos com origem na queda livre onde não se possui peso aparente.”*

*“... um nível muito pequeno de gravidade.”*

*“... uma pequena quantidade de gravidade localizada em algum ponto específico.”*

A sexta e última pergunta questionou o motivo pelo qual os astronautas flutuam no interior da Estação Espacial Internacional. Todos os grupos responderam que na Estação Espacial Internacional não possui gravidade ou a gravidade é muito pequena. Vejamos a sexta questão e algumas das respostas transcritas.

*Porque os astronautas flutuam no interior da Estação Espacial Internacional?*

*“... no espaço possui um mundo muito pequeno de gravidade que permitem que corpos com grande massa flutuem no interior da estação espacial.”*

*“... pela falta de gravidade.”*

*“... lá possui uma pequena gravidade.”*

*“... não existe gravidade na estação espacial que atrai ele para o centro.”*

De posse das respostas dos alunos, observou-se que a maioria deles não detinha conhecimentos substanciais sobre o tema Microgravidade. Havia muita ingenuidade entre uma parte da turma e muita confusão conceitual entre outros. Esse cenário foi ideal para iniciar a aplicação da sequência didática que construímos, pois poderíamos, assim, verificar a eficácia de nosso produto.

Ainda na primeira aula foi apresentado aos alunos a metodologia que seria trabalhada com eles a fim de ajuda-los a compreender o tema microgravidade. Foi informado que teriam quatro momentos a partir daquele para trabalhar o tema citado. Percebi que houve uma certa motivação e uma certa ansiedade pelo início das atividades, principalmente quando falei que utilizaríamos um aparato experimental. Um dos alunos de um dos grupos falou o seguinte: *“Professor estou ansioso para ver como vai ser este experimento, porque gosto muito de mexer nessas coisas.”*

## **5.2. SEGUNDO MOMENTO**

O segundo momento (segunda aula) tinha como objetivos: reconhecer a gravitação como uma lei de caráter universal; identificar as variáveis que participam da lei da gravitação universal e reconhecer a microgravidade como um fenômeno da ausência de peso aparente. Para que tais objetivos fossem

alcançados foram preparados *slides* que abordavam os conceitos de gravitação universal nos quais priorizavam a lei universal de Newton para todos os corpos.

Neste momento foi apresentada a equação da Lei da Gravitação Universal que relaciona as massas dos corpos com o inverso do quadrado da distância entre eles, mas em um nível de compreensão adequado a maturidade da turma e sem abordagem matemática. Isso pode ser aprofundado em um momento específico para tal finalidade. Foi apresentado nos *slides* imagens de astronautas “flutuando” da Estação Espacial Internacional, imagens de pessoas a bordo do avião Zero G realizando voos parabólicos, imagens de satélites orbitando a Terra, além de imagens de torres de queda livre e vídeos sobre o tema. Essa abordagem é necessária para reforçar o subsunção gravidade que foi apresentado como um dos conhecimentos ancoradouro demonstrado na atividade inicial (pré-teste).

Após este momento, os mesmos grupos do pré-teste se reuniram para discutir algumas situações apresentadas na aula, referentes as explicações dadas que foram retiradas do livro Física Conceitual de Paul G. Hewitt (2015), 12ª edição, capítulo 9. Tais situações exigiam dos alunos que tentassem construir um raciocínio que demonstrassem o entendimento sobre o que foi abordado nos *slides*. Foi necessário a intervenção em alguns momentos devido à necessidade de informações complementares para a compreensão das situações propostas. Alguns grupos tiveram dúvidas sobre a relação entre as massas dos corpos envolvidos na equação da força gravitacional. Foi necessário reforçar que a força gravitacional é dependente do produto das massas, assim se uma das massas aumentar ou as duas massas aumentarem, a força gravitacional aumenta proporcionalmente ao produto delas. Assim como se houver diminuição das massas ocorrerá a redução da força gravitacional. Quanto a distância foi enfatizado que a força gravitacional é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as massas. Assim, se aumentarmos a distância entre elas em 3 vezes, por exemplo, a força gravitacional diminui em 9 vezes.

### **5.3. TERCEIRO MOMENTO**

O terceiro momento, reservado ao produto educacional, foi pensado para ajudar aos alunos a identificar os conceitos físicos trabalhados no segundo

momento (Aula 02). Para isso, foi exibido o filme GRAVIDADE de Alfonso Cuarón protagonizado pelos atores Sandra Bullock e George Clooney. O filme foi lançado em 2013 e foi muito bem recomendado pelos cientistas espaciais em virtude de ter sido capaz de retratar com muita fidelidade o que de fato acontece com corpos em movimento no espaço.

Obviamente que existem alguns equívocos científicos como toda ficção científica, mas em linhas gerais o filme retrata de forma realística muitos momentos de um movimento espacial vivido pelos personagens, principalmente a microgravidade. O filme tem uma duração de 90 minutos, portanto foram necessárias duas aulas de 50 minutos. Reforcei a necessidade da atenção para os momentos em que o filme retrata os conceitos físicos trabalhados nas aulas anteriores.

Após a exibição do filme, foi promovida uma discussão acerca dos conceitos de gravidade zero (imponderabilidade), queda livre, movimento orbital e efeitos da microgravidade no ser humano. A participação foi bastante intensa, uma vez que boa parte da turma queria expor suas contribuições. Alguns alunos questionaram sobre o porquê da nave não cair se não estava com os motores ligados. Outros perguntaram sobre o movimento dos astronautas fora da nave usando os trajes espaciais. Algumas perguntas foram direcionadas sobre porque a personagem principal não conseguia andar normalmente quando aterrissou na Terra. Para responder aos questionamentos foi perguntado quem gostaria de tentar responder as indagações dos colegas. Alguns alunos tentaram responder a primeira pergunta dizendo que a nave não caía porque estava no espaço, então a nave ficava parada. Outros lembraram da aula anterior e disseram que a nave estava em queda livre constante, por isso não caía na Terra. Quanto aos questionamentos sobre o movimento dos astronautas foi explicado que é possível usar os propulsores dos trajes para corrigir as rotas, mas não exageradamente como foi abordado no filme. Sobre a pergunta voltada para a personagem quando o módulo aterrissou na Terra, foi explicado que isso de fato ocorre com os astronautas que passam um certo tempo no espaço, pois a falta de atividade física e a ação da gravidade tende a atrofiar a musculatura.

#### 5.4. QUARTO MOMENTO

O último momento dedicado ao desenvolvimento do produto educacional foi realizado em duas aulas de 50 minutos no laboratório de ciências da escola onde estava montado o aparato experimental.

Mais uma vez a turma foi dividida em pequenos grupos, desta vez em grupos de cinco componentes. Foram entregues a cada grupo um roteiro com quatro experimentos que deveriam ser realizados usando o aparato experimental, que por sua vez, consistia em uma estrutura de madeira na qual estava associada uma caixa plástica que continha uma base de realização dos experimentos e um celular para registrar o que acontecia no interior da caixa.

Os experimentos realizados pelos alunos foram retirados do artigo de Marcelo Saba publicado na revista Física na escola em 2000. Os experimentos são *i)* a chama da vela, *ii)* repulsão entre ímãs, *iii)* deformação de uma mola e *iv)* o pêndulo simples.

*i)* Iniciamos os experimentos com a chama da vela, que consistia em colocar uma vela acesa dentro da caixa plástica e elevar a uma altura de aproximadamente 2,66 m para em seguida abandoná-la (Figuras 5.1 e 5.2). O celular foi acoplado a caixa plástica no modo de câmera lenta e registrou todo o movimento da queda, possibilitando identificar o momento exato que ocorria o fenômeno de microgravidade.

**Figura 5.1:** Posicionamento da vela na base



Fonte: Próprio autor

**Figura 5.2:** Liberação da caixa com uma vela acesa



Fonte: Próprio autor

Antes dos alunos realizarem o experimento, era feito um questionamento sobre o que eles achavam que iria ocorrer. Alguns diziam que a chama da vela iria apagar, outros achavam que não aconteceria nada, outros especulavam que a chama da vela iria crescer. Após as falas dos alunos o experimento era realizado e eles deveriam observar que alterações ocorriam ou não ocorriam.

A chama da vela sob a ação da gravidade tem um formato característico. A chama evolui para cima devido à presença das correntes de convecção que surgem devido ao aquecimento dos gases. Ocorre uma diferença de densidade entre os fluidos envolvidos o que provoca o formato alongado. No ambiente de microgravidade não há presença das correntes de convecção o que provoca alteração no formato da chama para uma chama esférica. Isso era o que se esperava observar.

Após algumas tentativas conseguimos imagens do fenômeno ocorrendo, embora de forma discreta (Figura 5.3). Uma das causas que julgamos ser responsável pela curta duração do fenômeno foi a altura em que ficamos limitados, que foi o teto do ambiente onde foi instalado a estrutura da câmera de simulação. Mesmo assim, o fenômeno de microgravidade, aconteceria em um curtíssimo intervalo de tempo.

**Figura 5.3:** Comparativo entre as chamas da vela antes (a esquerda) e no exato momento em que ocorre a queda livre (a direita).



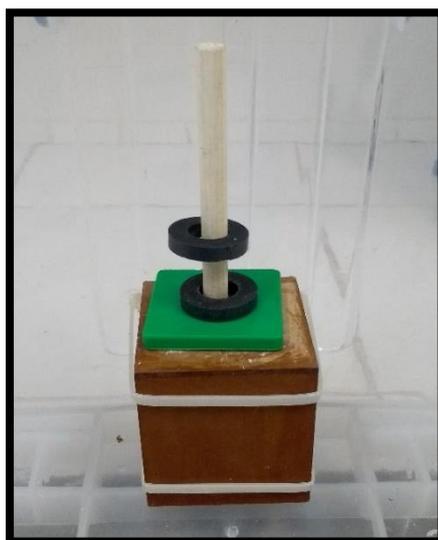
Fonte: Próprio autor.

Os alunos ficaram impressionados com o que acontecia com a chama da vela. Era muito evidente o entusiasmo deles ao realizar o experimento. Tiveram alunos que queriam repetir a queda mais vezes na tentativa de melhorar

o resultado. Outro aluno propôs usarmos um software para ver o quanto a chama diminuiu. Essa proposta foi excelente, mas por questões de tempo, não foi possível a análise via software.

*ii)* O segundo experimento a ser realizado pelos alunos foi a repulsão entre os ímãs. A força de repulsão que existe entre os ímãs é provocada pelo campo magnético que os ímãs produzem ao seu redor. Quando um ímã está posicionado um sobre o outro com os mesmos polos percebemos essa força de repulsão muito facilmente. Quando esses ímãs estão sob ação da gravidade, um sobre o outro, essa força é adicionada da força Peso, o que intensifica a força de repulsão magnética diminuindo a distância que separa os ímãs (Figura 5.4).

**Figura 5.4:** Ímãs em repulsão em ambiente de gravidade



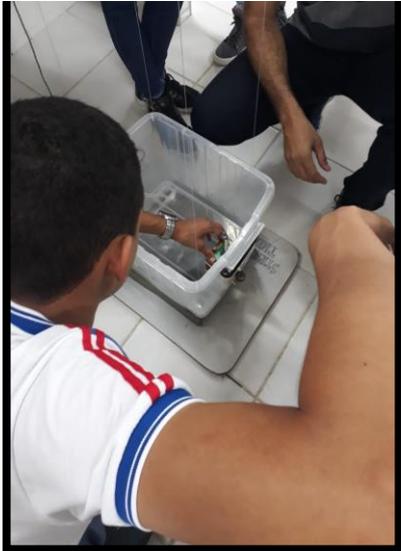
Fonte: Próprio autor

No ambiente de microgravidade, a força Peso é quase ausente. Assim, a força de repulsão magnética atua exclusivamente sobre os ímãs aumentando a distância entre eles em relação a distância inicial.

Assim como foi feito no experimento anterior, os alunos foram chamados a pensar no que deveria ocorrer com os ímãs naquela situação. Alguns alunos disseram que os ímãs sairiam do suporte porque o suporte cairia primeiro. Outros disseram que os ímãs se uniriam porque a gravidade forçaria a união. Alguns alunos propuseram que os ímãs iriam se afastar porque a queda os jogaria para cima.

Os alunos realizaram a montagem do experimento e o registro da queda livre da caixa (Figuras 5.5 e 5.6).

**Figura 5.5:** Posicionamento de ímãs sobre uma base.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 5.6:** Filmagem dos ímãs.



Fonte: Próprio autor.

O ímã superior foi deslocado para cima apenas pela atuação da força magnética de repulsão. O registro da câmera do celular nos permitiu visualizar todo o processo nitidamente (Figura 5.7). Os alunos ficavam bastante admirados

**Figura 5.7:** Ímã em microgravidade.



Fonte: Próprio autor.

com o resultado que era explicado após a realização do experimento, pois fugia a suas expectativas.

*iii)* O terceiro experimento realizado pelos alunos foi a deformação de uma mola ( Lei de Hooke). Quando penduramos uma massa em uma mola, esta fica sob a ação da força gravitacional que deforma a mola na direção do centro da Terra. Resistindo a ação da força peso existe a força de resistência da mola que tende a fazer a mola a voltar a posição de equilíbrio original. Se não houvesse a ação da força peso, a deformação da mola não existiria, pois não haveria mais uma força atuando para baixo deformando a mola.

No experimento realizado os alunos deveriam observar esse fenômeno (Figura 5.8).

**Figura 5.8:** Alunos realizando experimento da deformação da mola.



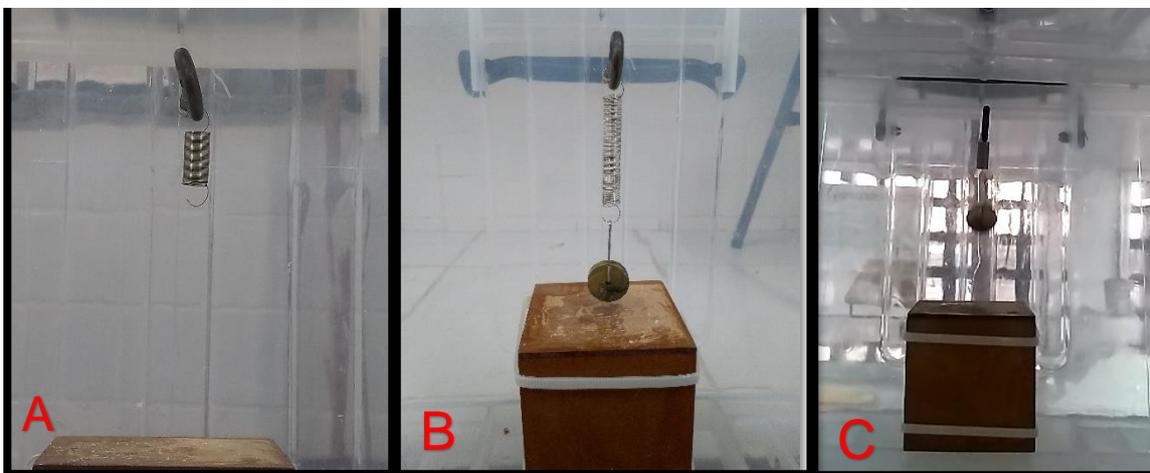
Fonte: Próprio autor.

Antes do experimento ser realizado foi questionado sobre o que aconteceria com a mola distendida quando a caixa fosse abandonada. Alguns alunos disseram que a mola iria aumentar de tamanho porque a massa presa na mola puxaria para baixo. Outros disseram que a mola diminuiria de tamanho, pois seria jogada para cima.

Os alunos fixaram o gancho autofixante na lateral da caixa em uma posição acima da base de apoio e prenderam uma mola de constante elástica baixa ( $k = 4,9 \text{ N/m}$ ). Na extremidade da mola os alunos prenderam uma massa de 15 g e deixaram repousar para observar a deformação da mola. Em seguida, elevaram a caixa plástica com a mola distendida até a posição de abandono.

Ao soltarem a caixa, ela entra em queda livre. Com o celular fixo na caixa plástica e filmando todo o trajeto da queda, foi possível observar, nitidamente, o momento exato em que a microgravidade ocorre e a mola perde a atuação da força peso, fazendo-a retornar a seu tamanho original (Figura 5.9).

**Figura 5.9:** A) Mola na posição original, B) Mola distendida pela massa, C) Mola em microgravidade.



Fonte: Próprio autor

Os alunos demonstravam muito entusiasmo quando visualizavam a ocorrência do fenômeno. Cada um do grupo queria realizar a soltura da caixa para ver se conseguiria melhores resultados.

*iv)* O último experimento realizado pelos alunos foi o pêndulo simples. O pêndulo simples possui uma oscilação específica que é controlada pela força gravitacional. A medida que o movimento do pêndulo atinge determinada altura, ele perde velocidade devido, dentre outras coisas, à força da gravidade que o puxa pra baixo. Se esse pêndulo simples estiver em um local onde a força peso não atuasse, o alcance do pêndulo seria maior, pois a força que o puxa pra baixo deixaria de atuar e por inércia, o pêndulo tenderia a girar inclusive. Isso seria possível em ambiente de microgravidade. O experimento realizado com o pêndulo tinha o objetivo de demonstrar a situação descrita acima. Para tanto, os alunos prenderam um pêndulo simples composto de uma massa de 22 g em um fio rígido (Figura 5.10) e deram início a um movimento oscilatório. Antes de iniciar o experimento, foi feito um questionamento sobre o que aconteceria com o pêndulo quando a caixa fosse solta. Alguns alunos disseram que o pêndulo

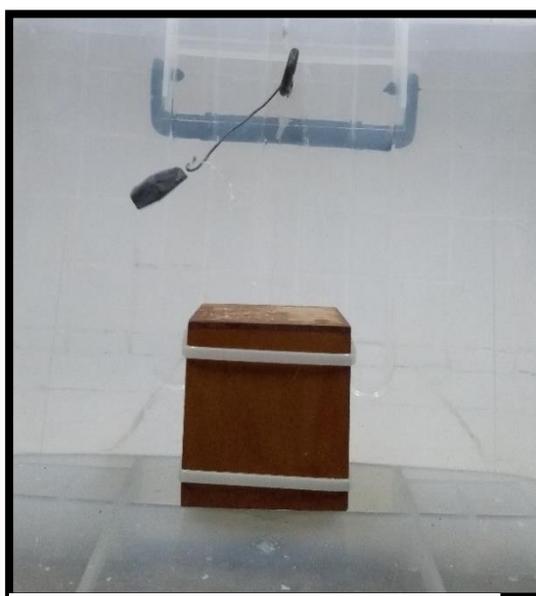
pararia de oscilar, pois a queda iria puxá-lo para baixo. Outros achavam que o pêndulo iria aumentar a frequência de oscilação porque a queda interferiria nisso. Após isso, iniciaram a filmagem e realizaram a queda livre (Figura 5.11). Foi observado que o pêndulo aumentou sua amplitude em um certo instante, comprovando o que foi explicitado anteriormente.

**Figura 5.10:** Pêndulo oscilando sob ação da aceleração da gravidade.



Fonte: Próprio autor.

**Figura 5.11:** Pêndulo oscilando em queda livre.



Fonte: Próprio autor.

Assim como em todos os experimentos realizados pelos alunos, eles ficavam admirados com o resultado, sempre seguido pelas explicações necessárias. Um aluno relatou o seguinte: *“realizando estes experimentos eu consegui observar que a gente tem muito o que aprender, porque a gente errou muito quando falava antes do experimento. Prestar atenção nas aulas e aplicar aqui é muito bom. A gente sente vontade de estudar.”*

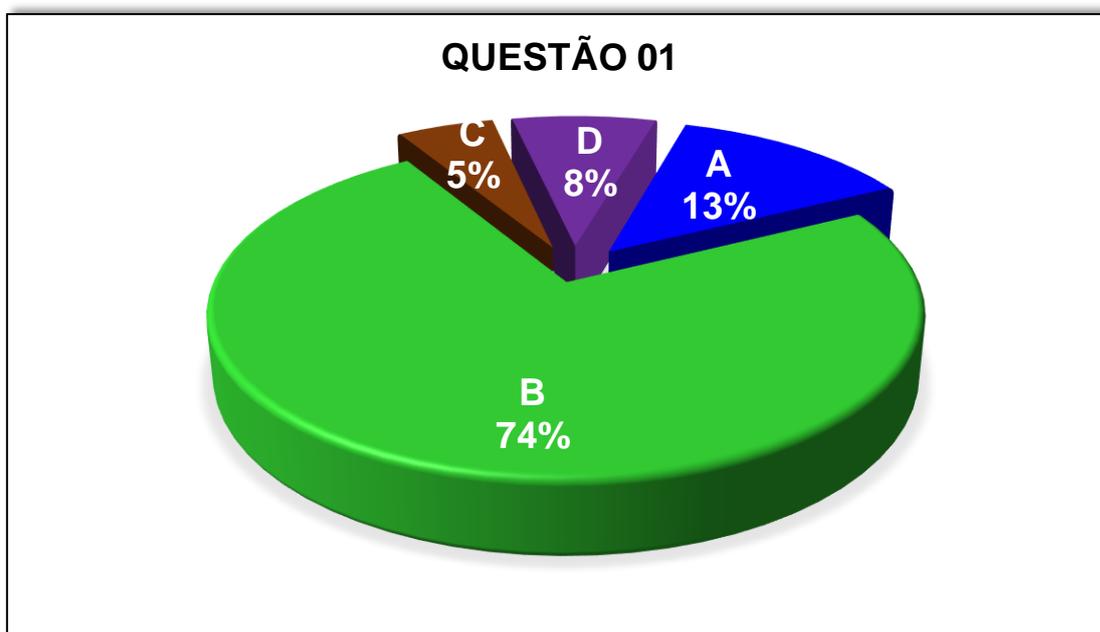
## 5.5. OS RESULTADOS

A sequência didática apresentada como produto educacional para trabalhar o ensino de microgravidade mostrou resultados satisfatórios, como será demonstrado através das análises realizadas com o questionário aplicado após o desenvolvimento de todas as atividades que compõe a sequência didática.

O questionário é composto de seis questões (Anexo I), das quais quatro são objetivas e duas subjetivas, que visam identificar a melhoria do conhecimento dos conceitos abordados no pré-teste. Responderam ao questionário 38 alunos dos 42 matriculados na turma. Passaremos a discutir a partir daqui os resultados obtidos com o questionário aplicado. É importante salientar que não foi usado nenhuma fonte de pesquisa que auxiliasse os alunos além dos conhecimentos adquiridos durante as aulas da sequência didática.

A primeira questão abordou a compreensão da razão pela qual os astronautas “flutuam” na Estação Espacial Internacional. Essa questão exigia do aluno que ele tivesse compreendido que tal situação acontece porque a Estação Espacial Internacional está em queda livre constante, mantendo-se assim por que a resultante das forças que atuam sobre a estação faz com ela desenvolva um movimento orbital em torno da Terra. Assim, a resposta correta estaria na alternativa B.

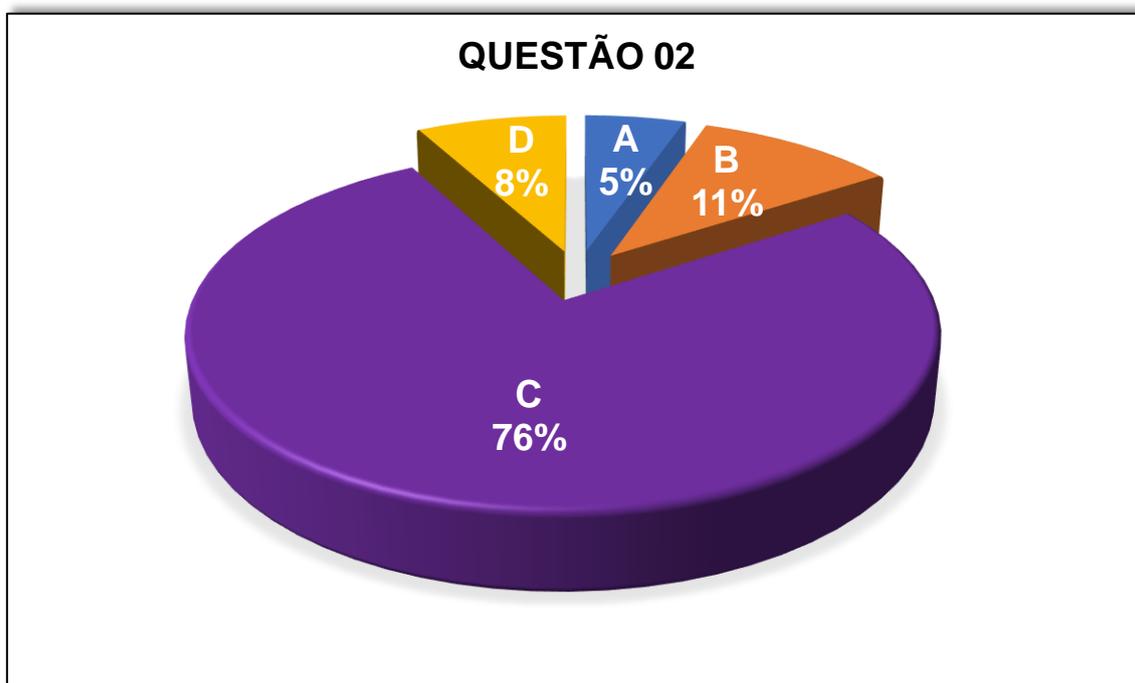
O gráfico 5.1 apresenta a distribuição das respostas para essa primeira questão. Pode-se observar que 74% da turma respondeu corretamente, o que demonstra que a maioria dos alunos conseguiram compreender que a situação de “flutuação” dos astronautas na estação espacial internacional e de tudo em seu interior está relacionada com a queda livre constante da nave em direção a Terra.



**Gráfico 5.1:** Resposta da questão 01.

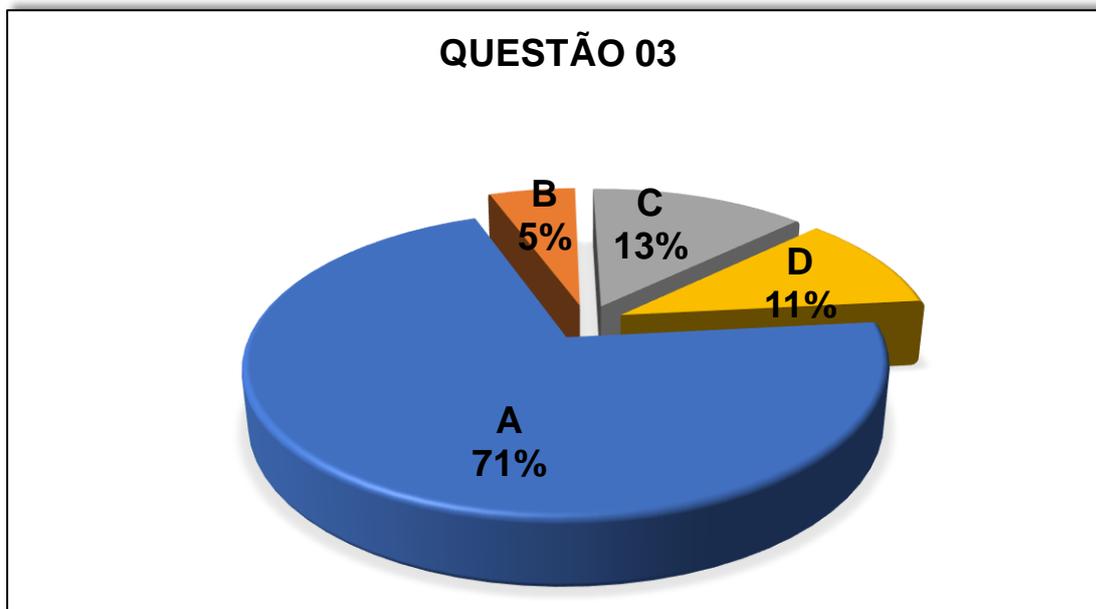
Na questão 02, onde foi questionado sobre o movimento orbital dos corpos, os alunos demonstraram desempenho satisfatório, como mostra o gráfico 5.2. O objetivo da questão era identificar se o aluno compreendeu que um corpo em órbita em torno da Terra está em queda livre perpétua, uma vez que o vetor velocidade tangencial e o vetor força gravitacional, que funciona como uma força centrípeta, se somam resultando em um movimento circular em torno da Terra.

Pode-se concluir, portanto, que os alunos conseguiram compreender essa informação de forma significativa, pois 76% dos alunos assinalaram corretamente a alternativa C. Os outros 24% não conseguiram compreender a relação entre velocidade tangencial e a força gravitacional existente nos corpos em órbitas.



**Gráfico 5.2:** Resposta a questão 02.

A questão 03 pretendia identificar se o aluno conseguia compreender o movimento de queda livre como uma situação em que a aceleração do corpo é igual a aceleração da gravidade. No gráfico 5.3 encontra-se a distribuição das respostas dos alunos.



**Gráfico 5.3:** Resposta a questão 03.

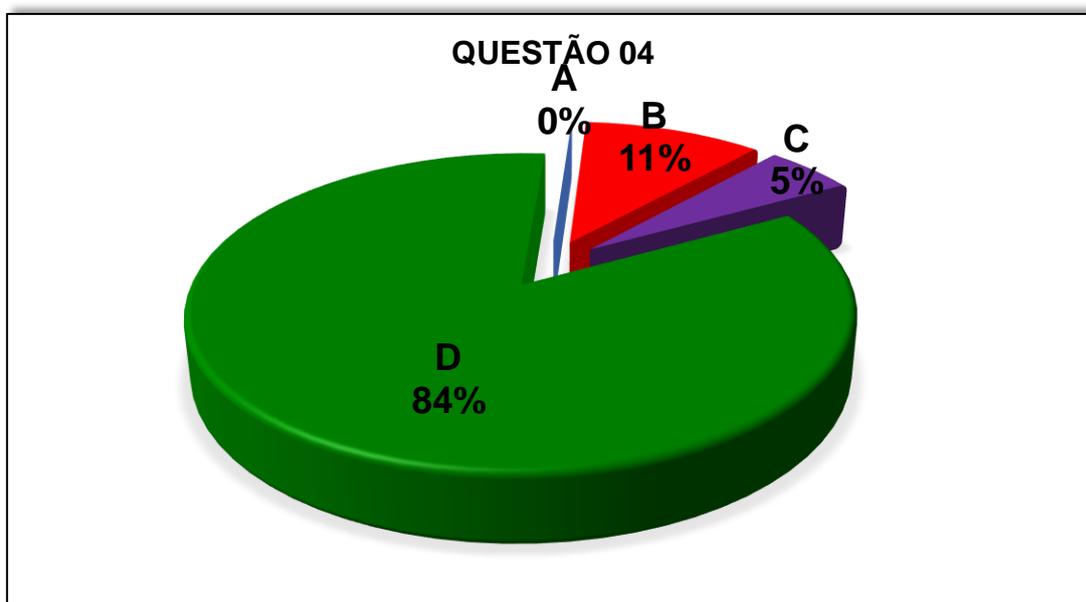
O gráfico 5.3 mostra que a maioria dos alunos conseguiram compreender que a condição de queda livre ocorre quando há uma igualdade entre a aceleração que o corpo adquire e a aceleração da gravidade imposta pelo campo gravitacional da Terra. Os alunos evoluíram bastante quando comparamos os resultados do pós-teste com os resultados do pré-teste.

Verificou-se que embora 71% dos alunos assinalaram a alternativa correta, a alternativa A, ainda houve um percentual desses que teve dificuldade de evoluir seu subsumção *queda livre*. Isso pode ter ocorrido por falta de elementos que conectasse o subsumção *queda livre* com a informação *aceleração* para esses alunos.

A questão 04 buscava o entendimento dos alunos sobre a diferença entre a massa de um corpo e o peso exercido por ele. Essa questão também exigia dos alunos o conhecimento sobre um caso particular do peso: o peso aparente de um corpo.

Essa questão foi a que os alunos mais tiveram êxito, pois como mostrado no gráfico 5.4, 84% dos alunos conseguiram assimilar que o peso aparente é

nulo quando não há força de sustentação atuando no corpo em estudo. A alternativa D era a alternativa correta dentre as que foram apresentadas. Alguns alunos, 16%, ainda associaram a massa de um corpo com a aceleração da gravidade local, confundindo as grandezas massa e peso.

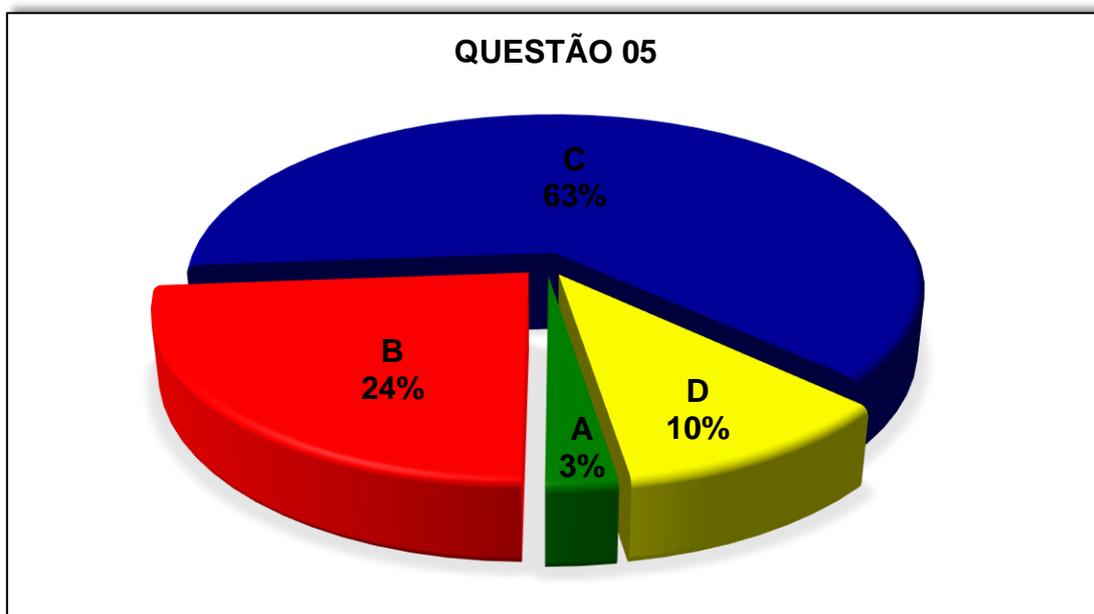


**Gráfico 5.4.** Resposta a questão 04.

A quinta pergunta do questionário foi relacionada a Lei da Gravitação Universal de Newton. A pergunta tinha a finalidade de identificar se os alunos haviam assimilado que a força de atração gravitacional entre dois corpos obedecia a lei da gravitação universal de Newton, ou seja, que a força de atração gravitacional é diretamente proporcional ao produto das massas dos corpos que interagem e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre esses corpos.

No gráfico 5.5 pode-se observar que 63% dos alunos da turma responderam corretamente ao questionamento referente a Lei da Gravitação Universal, identificando na alternativa C a resposta correta da pergunta 05. Isso permitiu concluir que os alunos assimilaram de forma correta a relação existente entre as massas dos corpos e a distância entre eles, porém 24% dos alunos perceberam que a força gravitacional entre os corpos está associada ao inverso da distância entre eles, mas não perceberam que essa relação de proporcionalidade ocorre com o inverso do quadrado da distância.

Além disso, 10% dos alunos não conseguiram perceber que a força gravitacional também se reduz se houver uma diminuição das massas dos corpos que interagem e 3% não assimilaram que a constante de gravitação universal é uma constante e, portanto, invariável. Isso pode ter sido ocasionado pela falta de atenção ou esses alunos não conseguiram conectar a sua estrutura cognitiva as informações de forma significativa.



**Gráfico 5.5:** Resposta a questão 05.

A última pergunta do questionário foi aberta e versou sobre a ajuda do aparato experimental como elemento facilitador na compreensão da microgravidade.

Os alunos relataram que o aparato ajudou a identificar situações de microgravidade, pois puderam visualizar através dos vídeos, o momento em que os experimentos sofriam as alterações em seu comportamento típico do ambiente de aceleração gravitacional. O aluno A1 relatou que “...*foi muito legal fazer os experimentos porque a gente viu como acontecia os fenômenos.*” A aluna A2 disse “*se as aulas tivessem mais aulas práticas seria melhor pra gente, porque a gente aprendia mais.*” Já o aluno A3 relatou que “*a gente consegue aprender mais quando a gente está fazendo também as coisas. Porque a gente se interesse mais.*” Também foi relatado que a realização dos experimentos foi o diferencial no processo da sequência didática, pois finalizou esse trabalho mostrando que a teoria e prática andam juntas. O aluno A4 disse que “...*a gente consegue entender as coisas que os professores explicam quando a gente ver*

*elas acontecendo. Tipo esse trabalho da aula de física que a gente discutiu em sala e depois foi fazer o experimento. Aí a gente consegue entender muito melhor.”*

Após a aplicação do questionário pós-teste, evidenciou-se que a utilização desta sequência didática ajudou a melhorar os conhecimentos prévios que os alunos tinham sobre o tema microgravidade e criou-se conexões cognitivas que permitiram aos alunos reorganizar as informações obtidas e transformá-las em novas estruturas, que se ampliaram e que estão prontas para novos conhecimentos.

## 6. CONSIDERAÇÃO FINAL

O ensino de Física tem apresentado muitas dificuldades quando trabalhado apenas de forma tradicional. Assim, cabe ao professor criar estratégias de ensino que tende conciliar os conhecimentos tradicionais com novas formas de ensino, possibilitando um maior engajamento e uma maior aceitação por parte dos alunos.

A sequência didática aqui apresentada como produto educacional se mostrou adequada enquanto estratégia de ensino. Embora simples, foi capaz de proporcionar aos alunos momentos de interação com conteúdo abordado de forma prazerosa. As atividades que compõe essa sequência didática foram suficientes para estimular aos alunos a participarem de todos os momentos dedicados a este trabalho. Os alunos demonstram muita empolgação durante todas as etapas da sequência didática, mas foi na etapa referente ao aparato experimental que os mesmos demonstraram maior participação e envolvimento.

Os resultados obtidos após a aplicação do produto foram bastante animadores, pois observamos que houve uma melhora significativa dos conhecimentos trabalhos com o produto.

Com o desenvolvimento deste trabalho fica muito perceptível que o ensino de Física ganha aceção, conforme sustenta a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel aqui trabalhada, quando conseguimos mostrar ao aluno que a Física está presente em nosso cotidiano.

Obviamente que este trabalho não se encerra aqui, pois permite que novas possibilidades de ensino sejam incrementadas, ampliando as possibilidades de uso deste produto educacional.

Assim, o produto educacional aqui aplicado pode ser utilizado com outros experimentos de mesma finalidade, ou pode ser usado para trabalhar outros assuntos da Física, como por exemplo, a determinação do valor da aceleração da gravidade local através da medida do tempo e da altura de queda. Também é possível adaptar o aparato experimental para trabalhar as oscilações de um pêndulo simples, dentre outras possibilidades que o professor possa visualizar.

## 7. REFERÊNCIAS

AEB. **Espaço Educação**. 2018. Disponível em: <<http://www.aeb.gov.br/espaco-educacao-e-tecnologia/espaco-educacao/>>, Acesso em: 26 nov. 2018.

ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física: um curso universitário**. Volume 1 – Mecânica. 2. ed. brasileira. São Paulo: Blucher, 2014.

AUSUBEL, D. P. **Alguns aspectos psicológicos de la estrutura del conocimiento**. Buenos Aires: El Ateneo, 1973.

AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J.; HANESIAN, H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Editora Interamericana, 1980.

BALISCEI, M. P. **EXPLICANDO A MICROGRAVIDADE**. 2011. 44 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2011.

BARDEEN, J. M.; CARTER, B.; HAWKING, S. W. **The four laws of black hole mechanics: *Communications in mathematical physics***, v. 31, n. 2, p. 161-170, 1973.

CAJAMARCA, A. R. C.; PIÑA, Z. J. L. **The use of concept maps for developing children´s reading and writing skills in a foreign-language classroom**. 2010. 203 f. Monografia (Licenciatura em Ciências da Educação) – Universidade de Cuenca, Cuenca, Equador, 2010.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. F. O. **ISAAC NEWTON**. 2014. Disponível em: <<http://astro.if.ufrgs.br/newton/index.htm>>, Acesso em: 25 dez. 2018.

GUNSTONE, R. **Meaningful Learning**. 2015. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/302567262\\_Meaningful\\_Learning](https://www.researchgate.net/publication/302567262_Meaningful_Learning)>, Acesso em: 22 nov. 2018.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WAKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação**,

ondas e termodinâmica, v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

LIMA, M. S. **As Ciências Espaciais, o saber e o fazer docente no ensino fundamental**. 2008. 110 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2008.

MACHADO, J. F. **Utilizando as ciências espaciais e a astronáutica na construção de atividades práticas em ensino de física**. 2006. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2006.

MASINI, E. F. S.; MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: condições para ocorrência e lacunas que levam a comprometimentos**. Vetor, 2008.

MIT. **The Cavendish Experiment**. 2001. MIT Physics Department. Disponível em: <<http://web.mit.edu/8.13/www/JLEperiments/JLExp006.pdf>>, Acesso em: 22 nov. 2018.

MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.

NASA. Disponível em: <<https://www.nasa.gov/centers/glenn/shuttlestation/station/microgex.html>>, Acesso em: 23 nov. 2018.

NASA. Images of a Black Hole eating a galaxy. 2016. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=RKwJG8gM1IE>>, Acesso em: 20 nov. 2018.

NEWTON, Isaac. **The Principia: mathematical principles of natural philosophy**. University of California Press, 1999.

PARKER, P. M. **Newton Law of Universal Gravitation**. Project Physnet. Michigan State University, 2002. Disponível em: <<http://www.physnet>.

org/modules/pdf\_modules/m101.pdf>, Acesso em: 23 nov. 2018.

PELIZZARI, A. et al. Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel. **Revista PEC**, v. 2, n. 1, p. 37-42, 2002.

REIS, N. T. O.; GARCIA, N. M. D. Educação espacial no Ensino Fundamental: Uma proposta de trabalho com o princípio da ação e reação. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 361-371, 2006.

ROGERS, E.; COHEN, B. **The Equivalence Principle Demonstrated**. In: JENNISON, B.; OGBORN, J. Wonder & Delight: Essays in Science Education in Honour of the Life and Work of Eric Rogers 1902-1990. Bristol: Institute of Physics Publishing, p. 233-235, 1994.

SABA, M. M. F. **Microgravidade na sala de aula**. Física na Escola. v. 1, n. 1, 2000.

SANDRA, M. **What Is Microgravity?**. 2017. Disponível em <<https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-microgravity-58.html>>, Acesso em: 23 nov. 2018.

SANI, C. R. S.; SCHIRLO, A. C. **Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel**: Reflexões para o Ensino de Física Ante a Nova Realidade Social. *Imagens da Educação*, v. 4, n. 1, 2014.

SANTOS, C. A. **O Experimento de Cavendish**. 2002. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/historia/cavendish.html>>, Acesso em: 22 nov. 2018.

SAUSEN, T. M. **A educação espacial na América Latina e a posição do Brasil no contexto regional**. *Parcerias estratégicas*, Brasília, v. 7, p. 151-164, 1999.

SOUSA, Roney R.M. **Construção de um experimento para o Ensino de Microgravidade com uso de vídeos**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e

Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2015.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. Vol. 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Grupo Gen-LTC, 2000.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008.

# ANEXO I

**Questionário de Pós teste**

**01) A imagem de um astronauta “flutuando” a bordo da estação espacial internacional é possível porque:**

- a) Não existe gravidade na estação espacial.
- b) A estação espacial está em queda livre e tudo em seu interior também.
- c) A estação espacial está em repouso em relação a Terra e muito distante dela.
- d) A estação espacial e o astronauta estão livres da ação de qualquer força.

**2) Sobre um corpo em órbita em volta da Terra, assinale a alternativa correta.**

- a) Ele orbita com velocidade vetorial constante.
- b) Ele não está sob a ação da força gravitacional da Terra.
- c) Ele está em queda livre.
- d) Ele não está acelerado em relação à Terra.

**3) Quando um corpo está em queda livre ele:**

- a) está submetido a uma aceleração igual à aceleração da gravidade local.
- b) está caindo com velocidade constante.
- c) está livre da ação de forças.
- d) está acelerado a  $9,8 \text{ m/s}^2$  em qualquer lugar do espaço.

**4) Sobre aos conceitos de massa e peso, qual a alternativa correta?**

- a) Representam a mesma grandeza.
- b) A massa de uma pessoa muda com a mudança da aceleração da gravidade.
- c) Em uma nave espacial a massa dos astronautas é menor do que na Terra.
- d) O peso aparente de um astronauta medido em nave espacial é zero, quando o mesmo está em repouso em relação a nave.

**5) Marque a alternativa correta a respeito da Lei da Gravitação Universal de Newton.**

- a) A constante de gravitação universal assume valores distintos para cada tipo de planeta envolvido na determinação da força de atração gravitacional.
- b) A força de atração gravitacional entre dois corpos quaisquer é inversamente proporcional à distância entre os corpos.
- c) Se a distância entre dois corpos for triplicada, a força de atração gravitacional entre eles será nove vezes menor.
- d) A única forma de reduzir a força de atração gravitacional entre dois corpos é alterando a distância entre eles.

**6) Os experimentos realizados com o aparato experimental lhe ajudaram a compreender o que é microgravidade? Como?**

# APÊNDICE A

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMIÁRIDO – UFRSA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
POLO DE MOSSORÓ – RN

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE  
MICROGRAVIDADE COM UTILIZAÇÃO DE UM APARATO  
EXPERIMENTAL**

VALGNÉSIO BATISTA DA SILVA  
ORIENTADOR: PROF. DR. RAFAEL CASTELO GUEDES MARTINS

**MOSSORÓ – RN**

**2019**

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1A
2. CONSTRUÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL .....	2A
3. EXPERIMENTOS.....	8A
3.1. CHAMA DA VELA .....	8A
3.2. REPULSÃO ENTRE OS ÍMÃS .....	8A
3.3. DEFORMAÇÃO DE UMA MOLA.....	8A
3.4. PÊNDULO SIMPLES .....	9A
4. AULA 01: APRESENTAÇÃO DO PROJETO.....	9A
5. AULA 02: CONCEITOS FÍSICOS SOBRE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL	10A
6. AULA 03: DISCUSSÃO DO FILME “GRAVIDADE” .....	11A
7. AULA 04: UTILIZAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL. ....	12A
8. CONCLUSÕES .....	14A
9. REFERÊNCIAS.....	15A

## 1. INTRODUÇÃO

O produto educacional aqui apresentado faz parte da dissertação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física e tem como título ***Sequência didática para o ensino de microgravidade com utilização de um aparato experimental***. Este produto educacional é uma sequência didática que visa trabalhar a microgravidade, um dos tópicos da Gravitação Universal, com alunos do Ensino Médio. Nele é possível demonstrar aos alunos do 1º ano do Ensino Médio como a microgravidade influencia o comportamento de alguns fenômenos físicos. Para isso foi construído um aparato experimental que simula a queda livre, criando um ambiente de microgravidade que pudesse ser utilizado para as demonstrações e comprovações já citadas na literatura científica. O aparato de simulação de ambiente de microgravidade foi construído com materiais de baixo custo acessível a qualquer professor ou pessoa interessada em aplicar o referido produto educacional.

A sequência didática é um conjunto de atividades que se articulam em torno de um objetivo didático, que no caso aqui é a apropriação dos conceitos de microgravidade. Esta estratégia de ensino precisa ser muito bem organizada para que os objetivos a que se propõe sejam atingidos. Assim, definir o assunto a ser abordado, o tempo dedicado a ele e as atividades que serão realizadas são etapas importantes, porque não dizer fundamental, na construção de uma sequência didática.

Como toda sequência didática eficiente, para que o resultado deste produto seja satisfatório é necessário adotar alguns procedimentos lógicos que irá orientar o professor ao longo da aplicação deste produto educacional. Estes procedimentos são:

1º) realizar diagnóstico dos conhecimentos prévios dos alunos para saber quais conceitos precisarão ser mais enfatizados;

2º) apresentar a proposta para os alunos para que eles tomem conhecimento de que fazem parte de um trabalho voltado ao seu aprendizado;

3º) realizar avaliação dos conhecimentos ao final das etapas para averiguar a eficácia do produto.

A escolha do tema microgravidade foi uma proposta do Professor Rafael Castelo da UFERSA que tinha como objetivo produzir um ambiente de

microgravidade que pudesse ser utilizado em sala de aula. Após essa proposta, realizamos uma pesquisa literária com a finalidade de identificar os trabalhos já produzidos com esse objetivo. Basicamente, usei a internet para a realização da pesquisa. Encontrei alguns trabalhos semelhantes ao que aqui desenvolvi, mas com finalidades diferentes.

Com a finalidade de orientar o professor na construção do aparato experimental iremos descrever passo a passo o que será necessário para a construção do aparato completo desde os materiais necessários até a aplicação do produto. É importante salientar que as adequações que o professor julgue necessário para a sua realidade estão livres, desde que não prejudique a finalidade para a qual o aparato experimental foi pensado.

## **2. CONSTRUÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL**

O aparato experimental é um simulador de queda livre que foi construído com o objetivo de trabalhar, nas aulas de Física, o tema microgravidade (Figura A1). Com ele os alunos conseguem observar o fenômeno de microgravidade de forma realística por alguns décimos de segundos. O aparato é constituído de uma parte estrutural que funciona como sustentação e a câmara, onde é realizado os experimentos. Assim, o aparato é composto por duas partes. Uma estrutural e a câmara.

Os materiais utilizados na construção da estrutura de sustentação foram adquiridos por menos de R\$ 50,00 e todos de fácil aquisição. Segue a relação do material necessário para a construção da estrutura. Os materiais são:

- ✓ 2 caibros de 1,85 m;
- ✓ 1 caibro de 2,10 m;
- ✓ 4 pedaços de madeira de 30 cm;
- ✓ 4 parafusos de 6 cm;
- ✓ 2 parafusos de 6 cm com espessura maior;
- ✓ 8 arruelas para os parafusos;
- ✓ 4 porcas para os parafusos;
- ✓ 5 ganchos pequenos;
- ✓ 4 parafusos auto fixante de 4 cm;
- ✓ Tábua de madeira de 40 cm x 80 cm;

- ✓ Nylon nº 0,70 mm (cabos guias);
- ✓ Cordão (cabo de elevação).

**Figura A1:** Estrutura do aparato experimental montada.



Serão necessárias algumas ferramentas para a realização do serviço. Furadeira e/ou parafusadeira, brocas de espessuras diversas, trena métrica, lápis, serra, lixa para madeira, formão, chaves de fenda ou Philips (caso não disponha de parafusadeira) e estile grande.

A seguir demonstrarei o passo a passo de como realizar a montagem da estrutura de sustentação que pode sofrer algumas adaptações dependendo da realidade a qual se encontra a escola ou o espaço onde será montada. Incluir o aluno no processo de construção do aparato experimental pode estimular a participação mais efetiva dos mesmos no processo, aumentando as chances de aprendizado. Afinal a aprendizagem significativa ocorre quando os alunos estão pré-dispostos a aprender e assim conseguem reformular seus conhecimentos prévios alcançando um novo patamar cognitivo.

**1º PASSO:** realização das medidas dos caibros.

Meça com a trena o tamanho exato dos dois caibros que servirão de base (neste trabalho 1,85 m). Em seguida meça o caibro que servirá de sustentação (neste trabalho 2,10 m). Meça quatro pedaços de madeira de 30 cm (aqui usei os restos dos caibros)( Figura A6).

**2º PASSO:** encaixe dos caibros.

Nas extremidades de cada caibro faça um corte até a metade da espessura do caibro e nivele para realizar o encaixe entre os caibros formando uma trave (Figura A2). Utilizando uma furadeira faça dois furos em cada extremidade dos caibros para em seguida fixar com os parafusos, arruelas e porcas. O mesmo deve ser feito com os pedaços de 30 cm que deverão servir de sustentação para os cabos guias e para a base da estrutura. A estrutura deve ficar com o formato da Figura A2.

**3º PASSO:** Fixação dos cabos guias

Com uma furadeira ou outra ferramenta de perfuração faça um furo em cada canto do fundo da caixa. Estes servirão de referência para os furos que deverão ser feitos na tampa da caixa por onde passarão os cabos guias. Isso é necessário para a caixa descer livre pelos cabos. Nos dois pedaços de madeira de 30 cm (resto dos caibros) faça os furos usando os furos da tampa da caixa como referência. Em seguida atarraxe os ganchos autofixante nos pedaços de madeira conforme Figura A3. Após isso, arrame os cabos guias (nylon nº 0,70 mm) nos ganchos e passe pelos furos na caixa. Os cabos deverão ser presos a parafusos que ficarão na tábua que servirá de apoio. Mas isso será feito apenas no final.

**Figura A2:** Indicação dos encaixes do *kit* experimental.



**Figura A3:** Fixação dos ganchos



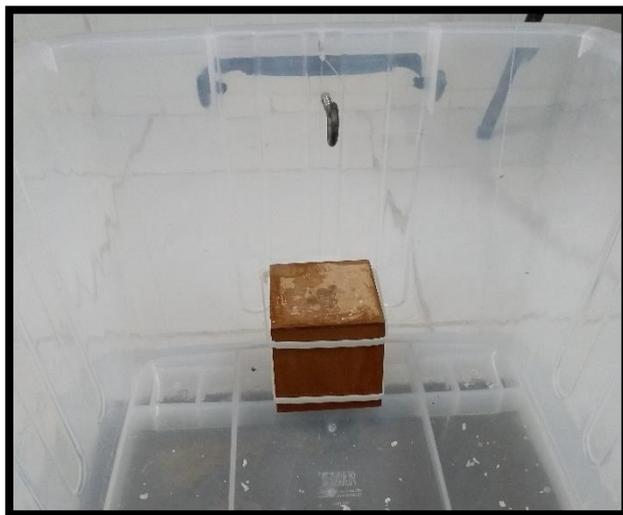
Para a câmara onde os experimentos serão realizados, serão necessários apenas adquirir:

- ✓ Caixa de plástico do tipo organizador;
- ✓ Abraçadeiras plásticas;
- ✓ Caixinha de MDF tipo porta bijuterias;

#### **4º PASSO:** a câmara

A montagem da câmara é muito simples. Reserve a caixa plástica e com o auxílio da furadeira ou outra ferramenta perfurante, faça furos na lateral da caixa (lateral mais estreita) por onde passarão as abraçadeiras plásticas que prenderão a caixinha de MDF que servirá de base para os experimentos da chama da vela e da repulsão dos ímãs. Na lateral oposta da caixa plástica faça outros furos para prender o equipamento que irá registrar os experimentos com as abraçadeiras, nesse trabalho usei o celular. Veja as Figuras A1 e A4.

**Figura A4:** base de apoio



#### **5º PASSO:** montagem final

Após a estrutura pronta, faça um furo no centro do caibro de sustentação, exatamente entre os dois pedaços de madeira que sustentarão os cabos guias, para fixar a roldana plástica (Figura A3). A 50 cm deste furo, faça outro para fixar a segunda roldana. Passe um cordão pelas roldanas e prenda a extremidade do cordão na tampa da caixa plástica conforme figura A5.

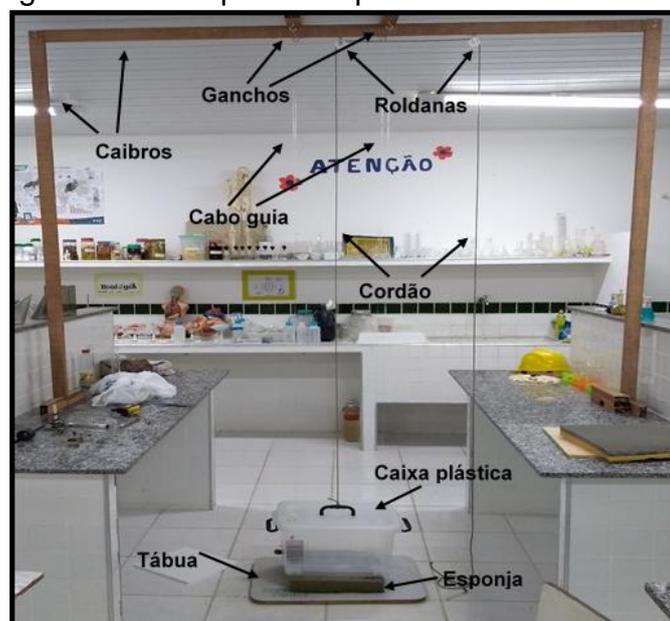
Para concluir a montagem do aparato experimental, deve-se posicionar a estrutura no local onde será realizado os experimentos, no meu caso foi na bancada do laboratório de ciências da escola (Figura A6). Após o posicionamento da estrutura, passar os cabos guias pelos furos da caixa plástica e prender nos parafusos fixados na tábua de madeira que deve ficar no solo.

**Figura A5:** Fixação das roldanas e cabos de elevação



Salientamos que a tábua deve ser pesada o suficiente para evitar o deslocamento da mesma durante a queda da caixa plástica. Após posicionar os cabos guias, prenda a extremidade do cordão de elevação na caixa de forma que ela fique equilibrada. Passe o cordão pelas roldanas e realize o movimento de elevação da caixa plástica para verificar os ajustes nos cabos guias, que devem permitir que a caixa plástica deslize livremente com o mínimo de atrito. Coloque a esponja na base da tábua para absorver o impacto quando a caixa plástica cair. A estrutura final deve ficar conforme a Figura A6.

**Figura A6:** Montagem final do aparato experimental.



### **3. EXPERIMENTOS**

Os experimentos realizados foram retirados do artigo do Professor Marcelo Saba publicado na revista Física na Escola de 2000. Foram escolhidos 4 experimentos que julgamos ser mais práticos e ser mais fácil a observação das alterações ocorridas. Os experimentos escolhidos foram a chama da vela, a força de repulso de ímãs, a deformação de uma mola e o pêndulo simples.

#### **3.1. chama da vela**

A chama da vela sob a ação da gravidade tem um formato específico. A chama evolui para cima devido a presença das correntes de convecção que surgem devido ao aquecimento dos gases. Ocorre uma diferença de densidade entre os fluidos envolvidos, o que provoca o formato alongado. No ambiente de microgravidade não há presença das correntes de convecção o que provoca alteração no formato da chama para uma chama esférica. É o que tentamos demonstrar com esse aparato experimental.

#### **3.2. Repulsão entre ímãs**

A força de repulsão que existe entre os ímãs é provocada pelo campo magnético que os ímãs produzem ao seu redor. Quando um ímã está posicionado um sobre o outro com os mesmos polos percebemos essa força de repulsão muito facilmente. Quando esses ímãs estão sob ação da gravidade, um sobre o outro, essa força é adicionada da força Peso, o que intensifica a força de repulsão magnética diminuindo a distância que separa os ímãs.

No ambiente de microgravidade a força Peso é quase ausente. Assim, a força de repulsão magnética atua exclusivamente sobre os ímãs aumentando a distância entre eles em relação a distância inicial.

#### **3.3. Deformação de uma mola**

Quando penduramos uma massa em uma mola, esta fica sob a ação da força gravitacional que deforma a mola na direção do centro da Terra. Resistindo

a ação da força peso existe a força de resistência da mola que tende a fazer a mola a voltar ao seu estado de equilíbrio original. Se não houvesse a ação da força peso, a deformação da mola não existiria, pois não haveria mais uma força atuando para baixando deformando a mola. No experimento realizado buscamos observar este fenômeno.

### **3.4. Pêndulo simples**

O pêndulo simples possui uma oscilação específica que é controlada pela força gravitacional. A medida que o movimento do pêndulo atinge determinada altura, ele perde velocidade devido dentre outras coisas, a força da gravidade que o puxa pra baixo. Se este pêndulo simples estivesse em um local onde a força peso não atuasse, o alcance do pêndulo seria maior, pois a força que o puxa pra baixo deixaria de atuar. Isso seria possível em ambiente de microgravidade.

## **4. AULA 01: APRESENTAÇÃO DO PROJETO**

### **Objetivos:**

- ✓ Identificar os conhecimentos prévios (subsunçores) dos alunos sobre microgravidade através de um pré-teste;
- ✓ Apresentar a sequência didática aos alunos, informando-os das atividades que serão desenvolvidas.

**Recursos:** Cópia dos pré-testes, notebook, projetor de imagem (*Datashow*).

**Tempo estimado:** 1 aula de 50 min

### **Orientações**

O professor deve organizar a turma para a aplicação do questionário (pré-teste) que servirá como parâmetro ao final dessa sequência didática para verificar a eficácia do produto educacional. O questionário deve ser respondido

individualmente ou em duplas ou em pequenos grupos de acordo com a intenção do professor. É importante não haver consulta a nenhuma fonte de pesquisa sob pena de mascarar o resultado. Estipule um tempo máximo de 30 minutos e recolha o questionário.

### **QUESTIONÁRIO DO PRÉ-TESTE**

- 01) Existe diferença entre Peso e massa? Explique.
- 02) Por que os objetos caem espontaneamente em direção ao centro da Terra?
- 03) Por que a Lua não se choca com a Terra?
- 04) O que significa um corpo em queda livre?
- 05) Você sabe o que é microgravidade? Explique.
- 06) Por que os astronautas flutuam no interior da Estação Espacial Internacional?

Após o recolhimento do questionário, o professor deve apresentar aos alunos a proposta de trabalho na qual eles iram participar. O professor deve chamar a atenção para o fato de que eles, os alunos, deverão ser os personagens principais deste processo didático, portanto devem participar ativamente

## **5. AULA 2: CONCEITOS FÍSICOS SOBRE GRAVITAÇÃO UNIVERSAL**

### **Objetivo:**

- ✓ Reconhecer a gravitação como uma lei de caráter universal;
- ✓ Identificar as variáveis que participam da lei da gravitação universal;
- ✓ Reconhecer a microgravidade como um fenômeno da ausência de peso aparente.

**Recursos:** Livro didático, notebook ou computador, projetor de imagem (*Datashow*).

**Tempo estimado:** 2 aulas de 50 min

### **Orientações**

O professor deve preparar *slides* sobre a Lei da Gravitação Universal de Newton focando nos conceitos de gravidade, atração gravitacional, peso aparente e peso real, microgravidade e movimento orbital. É importante que os alunos já tenham algum conhecimento sobre velocidade e as leis de Newton para facilitar a compreensão das discussões.

O foco aqui não é realizar cálculos matemáticos, muito embora o professor possa adequar aos seus objetivos, mas discutir os conceitos físicos que permeiam o conteúdo abordado. O aluno deve perceber que a gravidade é uma força atrativa e que atua a distância e nunca é eliminada. Também deve compreender que a força de atração gravitacional está relacionada com as massas e a distância que as separa. O aluno deve perceber que a força de atração entre os corpos na superfície terrestre é muito pequena que chega a ser imperceptível, mostrar que isso se deve ao fato de estarmos sobre a ação da força gravitacional da Terra e possuímos massas insignificante comparada a massa da Terra. O professor deve deixar claro a diferença entre peso aparente e peso real para que possa relacionar esta diferença com a imponderabilidade e com a microgravidade. O professor deve fazer uso de fotos e vídeos que abordem o assunto para facilitar a compreensão e a discussão acerca do assunto. Para concluir a aula o professor deve propor discussões em pequenos grupos com questões conceituais. Como sugestão de questões pode-se utilizar o livro Física Conceitual de Paul G. Hewitt da editora Bookman.

## **6. AULA 03: DISCUSSÃO DO FILME “GRAVIDADE”**

**Objetivo:** identificar os conceitos físicos discutidos na aula 02 no filme GRAVIDADE.

**Recursos:** Filme GRAVIDADE, notebook ou computador, projetor de imagem (*Datashow*) e caixa de som.

**Tempo estimado:** 2 aulas de 50 min

### **Orientações**

O professor deve providenciar o filme GRAVIDADE de Alfonso Cuarón protagonizado pelos atores Sandra Bullock e George Clooney. O filme foi

lançado em 2013 e foi muito bem recomendado pelos cientistas espaciais em virtude de ter sido capaz de retratar com muita fidelidade o que de fato acontece com corpos em movimento no espaço. Obviamente que existem alguns erros científicos, mas de forma geral o filme acertou mais do que errou.

O professor deve providenciar um espaço para a exibição do filme, que pode ser a própria sala de aula, e orientar os alunos que atentem para os conceitos físicos que foram discutidos em sala de aula até o momento.

Após a exibição do filme, o professor deve promover uma discussão acerca dos conceitos de gravidade zero (imponderabilidade), queda livre, movimento orbital, efeitos da microgravidade no ser humano dentre outros conceitos que o professor julgue pertinente.

## **7. AULA 04: UTILIZAÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL**

### **Objetivos:**

Realizar experimentos em ambiente de microgravidade;

Observar alterações provocadas em experimentos em microgravidade;

Identificar o fenômeno da microgravidade.

**Recursos:** aparato experimental, câmera fotográfica ou celular, vela, fósforo ou isqueiro, massa de 15 g, dois ímãs circulares, suporte para os ímãs, mola de constante elástica baixa e massa de 50 g.

**Tempo estimado:** 2 aulas de 50 min

### **Orientações**

O professor deve dividir a turma em pequenos grupos de no máximo cinco alunos e organizar a atividade. O aparato experimental deve estar montado no local onde serão realizados os experimentos. Cada grupo deve receber o roteiro de cada experimento, realizar os lançamentos e fazer os registros. Os materiais necessários para a realização de cada experimento devem estar disponíveis para cada grupo. Caso não tenha uma câmera fotográfica a disposição, pode-se utilizar o celular no modo câmera lenta. Segue abaixo os roteiros de cada experimento. É importante salientar que os procedimentos

adotados em cada roteiro a seguir, podem ser ajustados pelo professor para atender as suas necessidades e as necessidades da sua turma.

### **Chama da vela**

Levante a tampa da caixa plástica e posicione uma vela acesa sobre a base de apoio. Para fixá-la, pingue a parafina da vela na base de apoio e cole a base da vela na parafina. Posicione a câmera digital e prenda com as abraçadeiras plásticas de forma que a vela fique bem em frente a câmera. Tampe a caixa e inicie a gravação. Suspenda a caixa plástica com a vela acesa pelo cordão de elevação até o topo da estrutura. Solte o cordão de elevação permitindo a queda livre da caixa sobre a esponja na tábua de apoio. Pare a gravação e verifique as imagens para identificar o momento em que ocorre a ação da microgravidade. Se julgar necessário, repita o procedimento. Anote as observações para futuras discussões.

### **Repulsão entre ímãs**

Com a caixa no solo, levante a tampa da caixa e posicione os ímãs sobre o suporte de forma que fiquem com os polos de mesmo nome um de frente para o outro promovendo uma repulsão entre eles. Coloque o conjunto sobre a base de apoio dentro da caixa plástica e posicione câmera digital de acordo com o procedimento da chama da vela. Inicie a gravação e eleve a caixa até o topo da estrutura. Solte a caixa plástica deixando-a cair livremente até o solo sobre a esponja. Pare a gravação e veja o vídeo para identificar se os ímãs se distanciaram. Caso não esteja satisfeito com o resultado, repita o procedimento. Anote as observações para as discussões posteriores.

### **Deformação de uma mola**

Coloque a caixa plástica no solo sobre a esponja e com a tampa aberta perfure a lateral da caixa com o gancho autofixante do lado que fica a base de apoio. A fixação do gancho deve ficar a altura suficiente para que quando a mola distender não toque na base de apoio. Após a fixação do gancho, prenda uma das extremidades de uma mola no gancho e na outra extremidade da mola prenda uma massa de 15 g. Lembre-se de utilizar uma mola flexível (constante elástica baixa). Após esse procedimento, posicione a câmera digital conforme foi

feito nos procedimentos anteriores e acione a gravação no modo câmera lenta. Eleve a caixa plástica até o topo da estrutura e procure evitar que o conjunto massa-mola fique oscilando. Solte a caixa e quando ela atingir a esponja sobre o solo pare a gravação. Verifique em seguida o vídeo e observe se o efeito de microgravidade ficou visível. Caso contrário, repita o procedimento. Anote as observações para as discussões futuras.

### **Pêndulo simples**

Com a caixa plástica no solo, a tampa aberta e o gancho fixado na mesma altura que foi usada para a deformação da mola, prenda uma das extremidades de um fio rígido no gancho e na outra prenda uma massa de 50 g. Ponha o pêndulo para oscilar, posicione a câmera digital conforme procedimentos anteriores e acione a gravação no modo de câmera lenta, eleve a caixa até o topo da estrutura e realize a queda livre. Pare a gravação e observe o momento em que o pêndulo deve aumentar sua amplitude de oscilação. Caso julgue necessário repita o procedimento. Anote as observações realizadas para futuras discussões.

## **8. CONCLUSÕES**

O uso de sequências didáticas para desenvolver um tema específico ou até um tema mais abrangente é uma boa estratégia pedagógica, pois mobiliza diversas atividades que se complementam. Assim, o produto educacional aqui desenvolvido se mostrou uma ferramenta muito útil, apesar de bastante simples, nessa direção, pois conseguiu atingir o propósito ao qual foi pensado, que é ajudar o aluno na sua aprendizagem.

O produto educacional aqui desenvolvido pode ser utilizado com outros experimentos de mesma finalidade, ou pode ser usado para trabalhar outros assuntos da Física, como por exemplo, a determinação do valor da aceleração da gravidade local através da medida do tempo e da altura de queda. Também é possível adaptar o aparato experimental para trabalhar oscilação de um pêndulo simples, dentre outras possibilidades que o professor possa visualizar.

## 9. REFERÊNCIAS

BALISCEI, M. P. **EXPLICANDO A MICROGRAVIDADE**. 2011. 44 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WAKER, J. **Fundamentos de Física: gravitação, ondas e termodinâmica**, v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HEWITT, P. G. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

SABA, M. M. F. **Microgravidade na sala de aula**. Física na Escola. v. 1, n. 1, 2000.

SANDRA, M. **What Is Microgravity?**. 2017. Disponível em <<https://www.nasa.gov/audience/forstudents/5-8/features/nasa-knows/what-is-microgravity-58.html>>, Acesso em: 23 nov. 2018.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para cientistas e engenheiros**. Vol. 1: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica. Grupo Gen-LTC, 2000.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física II: Termodinâmica e ondas**. 12. ed. São Paulo: Pearson, 2008.