

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE**  
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Mestrado Profissional em Ensino de Física  
Polo 10 IFRN – Campus Natal Central



## CONSTRUÇÃO DE UM EXPERIMENTO PARA O ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM USO DE VÍDEOS.

**RONEY ROBERTO DE MELO SOUSA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:  
Calistrato Soares da Câmara Neto, DSc

Natal, RN  
Dezembro de 2015

# **CONSTRUÇÃO DE UM EXPERIMENTO PARA O ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM USO DE VÍDEOS.**

**RONEY ROBERTO DE MELO SOUSA**

Orientador:  
Calistrato Soares da Câmara Neto, DSc

Dissertação de mestrado apresentada ao Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

---

Calistrato Soares da Câmara Neto, DSc  
(Presidente)

---

George Santos Marinho, DSc  
(Examinador Externo)

---

Jacques Cousteau da Silva Borges, DSc  
(Examinador Interno)

---

Melquisedec Lourenço da Silva, DSc  
(Examinador Interno)

Natal, RN  
Dezembro de 2015

S725c Sousa, Roney Roberto de Melo.

Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos / Roney Roberto de Melo Sousa – 2015.

79 f : il. color.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2015.

Orientador(a): Prof. Dr. Calistrato Soares da Câmara Neto.

1. Física - Ensino - Dissertação. 2. Microgravidade - Dissertação. 3. Teoria Interacionista - Dissertação. I. Câmara Neto, Calistrato Soares da. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte. III. Título.

CDU 53:37

Ficha elaborada pela Seção de Processamento Técnico da Biblioteca Setorial Walfredo Brasil (BSWB) do IFRN.

Dedico esta dissertação a minha mãe Maria Ilzeny de Melo Sousa, ao meu pai Romildo Filgueira de Sousa e ao meu tio Wellington Nogueira de Melo (*in memoriam*) por todo o esforço que fizeram em prol da minha educação.

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente, agradeço à minha mãe Maria Ilzeny de Melo Sousa, por sempre ter me incentivado nos estudos. Em todos os momentos, bons ou ruins, ela sempre acreditou em mim e nunca deixou de dizer palavras de afeto e incentivo. Obrigado por tudo, mãe.

A minha esposa Aline de Carvalho Cruz, um agradecimento especial pelo incentivo que ela me deu desde o dia da prova de seleção até os últimos momentos deste curso.

Agradeço também aos meus familiares. Meu pai Romildo Figueira de Sousa e a minha irmã Malena Maria de Melo Sousa, pela compreensão e o apoio em todos os momentos que eu precisei.

Aos professores de Física do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte pela dedicação constante e pela paciência e compreensão ao longo de todo o curso.

Um agradecimento especial ao meu orientador Calistrato Soares da Câmara Neto, pelo empenho, paciência e pelos ensinamentos durante os encontros de orientação.

Ao professor Jacques Cousteau da Silva Borges pelo auxílio tanto na ideia quanto no desenvolvimento do experimento e ao técnico de laboratório Jailson Luiz da Silva pela presteza com que me atendeu sempre que precisei.

Aos colegas da turma 2013.2 do MNPEF pelo companheirismo sem igual.

Agradeço a CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro que foi de suma importância para um bom aproveitamento do curso.

Ao professor e amigo Rhodriggo Mendes Virgínio pelas conversas sempre proveitosas e construtivas.

Aos alunos dos cursos técnicos de eletrotécnica e têxtil das turmas de primeiro ano integrado 2015 do IFRN Campus Caicó.

## RESUMO

### CONSTRUÇÃO DE UM EXPERIMENTO PARA O ENSINO DE MICROGRAVIDADE COM USO DE VÍDEOS.

Roney Roberto de Melo Sousa

Orientador:

Calistrato Soares da Câmara Neto, DSc

No ensino de física e das ciências naturais, existem várias pesquisas que indicam a forte presença de concepções espontâneas na estrutura cognitiva dos estudantes do ensino médio e até entre docentes desse nível da educação básica. Este trabalho tem como objetivo diagnosticar as concepções espontâneas e provocar nos alunos, dentro de alguns limites e de algumas possibilidades, o conflito cognitivo acerca do tema microgravidade. Na revisão da literatura, destacamos somente as concepções que estão relacionadas ao tema microgravidade. Trabalhando numa perspectiva construtivista, baseada na teoria da equilibração de Piaget, abordamos questões relacionadas ao tema proposto por meio de vídeos que foram produzidos em laboratório a partir de um experimento desenvolvido para simular o ambiente de microgravidade. Também foram utilizados outros vídeos para contextualização do assunto. O uso de vídeos em sala de aula, somado à possibilidade de disponibilizá-los virtualmente, se apresenta atualmente como uma ferramenta poderosa no processo de ensino e aprendizagem. A eficácia do produto, no tocante à aprendizagem em sala de aula, foi testada por meio da aplicação de um questionário. Os resultados obtidos serviram para mostrar a evolução na estrutura cognitiva dos alunos por meio de gráficos. Concluímos que estratégias inovadoras para o ensino de uma forma geral e mais especificamente para o ensino de física são ações que contribuem consideravelmente para melhoria da educação básica.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Vídeo em sala de aula; Microgravidade; Piaget.

## **ABSTRACT**

### **CONSTRUCTION OF AN EXPERIMENT FOR MICROGRAVITY TEACHING WITH VIDEOS OF USE.**

Roney Roberto de Melo Sousa

Supervisor:

Calistrato Soares da Câmara Neto, DSc

In teaching physical and natural sciences, there are several studies that indicate the strong presence of spontaneous concepts in cognitive structure of high school students and even among teachers that level of basic education. This study aims to diagnose spontaneous conceptions and cause the students, within limits and some possibilities, cognitive conflict on the subject microgravity. In reviewing the literature, only we highlight the concepts that are related to the theme microgravity. Working in a constructivist perspective, based on the theory of Piaget balancing, discussing issues related to the theme proposed by videos that have been produced in the laboratory from an experiment designed to simulate the microgravity environment. Were also used Other Videos paragraph contextualization do subject. The use of videos in the classroom, In addition to the possibility of offers - them virtually, is currently presented as a powerful tool in the process of teaching and learning. The effectiveness of the product with regard to learning in the classroom, was tested by applying a questionnaire. The results were used to show the evolution of the cognitive structure of students by means of graphs. We conclude that innovative approaches to teaching in general and more specifically to the teaching of physics are actions which contribute significantly to improving basic education.

**Palavras-chave:** Physics Education. Video in the classroom; Microgravity, Piaget.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Estrutura metálica utilizada como sustentação do elevador.....	20
Figura 2 Desenho esquemático do experimento.....	21
Figura 3 Estrutura montada sobre as bancadas.....	22
Figura 4 Roldanas, cabo de sustentação do elevador e cabos-guia. ....	23
Figura 5 Vista lateral da caixa. Câmera digital e Dinamômetro com uma massa de 0,5 kg fixada. ....	24
Figura 6 Detalhes da fixação da câmera digital.....	24
Figura 7 Detalhes da fixação do dinamômetro.....	25
Figura 8 Enquadramento da imagem do experimento (dinamômetro) na câmera digital. ....	26
Figura 9 Vídeo 1 – Introdução.....	29
Figura 10. Vídeo 2 – Satélites em órbita. ....	29
Figura 11. Vídeo 3 – Dinamômetro em repouso.....	30
Figura 12. Vídeo 3 – Dinamômetro em queda com contrapeso de 0,5 kg. ....	30
Figura 13. Vídeo 3 - Dinamômetro em queda com contrapeso de 0,2 kg.....	31
Figura 14. Vídeo 4 – Dinamômetro em queda sem contrapeso. ....	31
Figura 15. Vídeo 4 – Ambiente de microgravidade. Astronauta na estação espacial. .	32
Figura 16. – Vídeo 4 – Ambiente de Microgravidade. Avião ZeroG.....	32
Figura 17. Vídeo 5 – Dinamômetro subindo com contrapeso de 2 kg. ....	33
Figura 18. Vídeo 5 – Dinamômetro subindo com contrapeso de 3 kg. ....	33
Figura 19. Vídeo 5 – Decolagem do ônibus espacial. ....	34
Figura 20. Vídeo 6 – Pêndulo oscilando com o elevador em repouso.....	35
Figura 21. Vídeo 6 – Pêndulo em repouso antes da queda livre. ....	35
Figura 22. Vídeo 6 – Pêndulo oscilando antes da queda. ....	36
Figura 23. Vídeo 6 – Pêndulo durante a queda livre. ....	36
Figura 24. Diagrama de forças – Elevador em repouso ou M.R.U. Imagem do boneco do Einstein disponível em <a href="http://cafundoestudio.com.br/trabalhos/fgv-personagens/">http://cafundoestudio.com.br/trabalhos/fgv-personagens/</a> ..	59
Figura 25. Diagrama de Forças - Elevador subindo acelerado.....	60
Figura 26. Diagrama de Forças - Elevador subindo retardado. ....	61
Figura 27. Diagrama de Forças - Elevador descendo retardado. ....	62
Figura 28. Diagrama de Forças - Elevador descendo acelerado.....	63
Figura 29. Diagrama de Forças - Elevador em queda livre. ....	64
Figura 30. Gráfico da trajetória do voo zero G. ....	66
Figura 31. Foguete suborbital VS-30/EPL. Voo parabólico simulando Microgravidade. ....	67
Figura 32. O canhão de Newton. Figura da obra “Princípios” de Isaac Newton. ....	68
Figura 33. Satélite em órbita. A força gravitacional atua como resultante centrípeta... 70	



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Respostas à quinta questão do questionário aplicado antes da aula sobre <i>História da Gravitação</i> (DIAS, SANTOS E SOUZA 2004) .....	11
Tabela 2 Respostas à quinta questão do questionário aplicado depois da aula sobre <i>História da Gravitação</i> (DIAS, SANTOS E SOUZA 2004) .....	11
Tabela 3. Respostas da questão 10 no pré-teste.....	53
Tabela 4. Respostas da questão 10 no pós-teste. ....	53

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Comparativo da média geral de acertos. ....	47
Gráfico 2. Comparativo de acertos por questão. ....	47
Gráfico 3. Respostas do Pré-Teste na Turma 1. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida. ....	48
Gráfico 4. Respostas do Pós-Teste na Turma 1. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida. ....	49
Gráfico 5. Respostas do Pré-Teste na Turma 2. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida. ....	51
Gráfico 6. Respostas do Pós-Teste na Turma 2. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida. ....	51

# Sumário

1 INTRODUÇÃO.....	3
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	7
2.1 Microgravidade.....	7
2.2 Hipergravidade e força G .....	7
2.3 Concepções espontâneas acerca do tema Microgravidade.....	8
2.4 A proposta do Experimento .....	12
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
3.1 A Teoria Interacionista e Construtivista de Jean Piaget (A Teoria da Equilibração).....	14
3.2 Sobre o uso de vídeos em sala de aula.....	16
4 O PRODUTO EDUCACIONAL.....	19
4.1 O aparato experimental .....	19
4.2 Dificuldades enfrentadas .....	26
4.3 Produção e edição dos vídeos .....	28
5 METODOLOGIA E RESULTADOS.....	37
5.1 A aplicação do produto.....	37
5.2 Análise das questões e dos resultados .....	39
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	55
Apêndice A. Unidade Didática: Entendendo a Microgravidade. ....	58
A.1 O ambiente de microgravidade. ....	58
A.2 O elevador. ....	58
A.3 O avião zero G e os foguetes suborbitais.....	65
A.4 Os satélites em órbita. ....	68
Apêndice B. Plano de Aula .....	71
Apêndice C. Questionário .....	74
Referências Bibliográficas .....	77

# 1 INTRODUÇÃO

O processo de ensino e aprendizagem sofre influência direta das novas tecnologias disponíveis para o uso por parte do professor e acessíveis aos alunos. Existe uma gama de possibilidades para traçar estratégias inovadoras utilizando mídias digitais e a popularização da internet trouxe consigo a facilidade e a rapidez no acesso aos mais variados tipos de informação. Diante deste cenário, é interessante que o professor utilize métodos inovadores na sua prática pedagógica, pois, cada vez mais, os ambientes virtuais ganham espaço nas escolas, permitindo que as interações entre os próprios alunos e entre o professor e os alunos extrapolem o ambiente de sala de aula e proporcionando um melhor aproveitamento do tempo de aula, como afirma Pires e Veit (2006). Em consequência disso, é comum vermos professores disponibilizando materiais para estudo em páginas pessoais na internet como blogs e redes sociais possibilitando a prática do *e-Learning*<sup>1</sup>, de acordo com Gomes (2005).

O objetivo geral neste trabalho foi diagnosticar concepções espontâneas e provocar o conflito cognitivo acerca do tema microgravidade. Os objetivos específicos deste trabalho são: Discutir alguns termos científicos no âmbito das ciências espaciais, como força g, imponderabilidade e órbita. Servir como ferramenta para o professor dentro da temática de gravitação universal, possibilitando uma ampla discussão a respeito desse tema e despertar nos alunos o interesse pela área das ciências espaciais, levantando questões pertinentes nesse âmbito.

A estratégia de abordagem do tema microgravidade foi planejada com base em pesquisas a respeito das concepções espontâneas presentes entre alunos do ensino médio, alunos da graduação em licenciatura em física e entre professores de física que já atuam no ensino médio. Nas pesquisas citadas na revisão da literatura constatou-se que a ideia da ausência de gravidade para corpos em órbita ainda faz parte do pensamento de grande parte das pessoas que responderam aos questionários propostos. (GATTI, 2000, DIAS, SANTOS e SOUZA, 2004 e MELO, 2000).

---

<sup>1</sup> Estratégia de ensino onde o professor disponibiliza materiais, sugere recursos e interage on-line com os alunos

Os resultados dessas pesquisas apontam que, além dos conteúdos referentes às ciências espaciais serem pouco trabalhados em sala, muitas vezes a aula restrita ao quadro e aos livros não desencadeia uma evolução no pensamento sobre algumas questões interessantes e importantes. Acreditamos que, além de contribuir para internalização do conhecimento, a abordagem proposta neste trabalho pode despertar o interesse dos alunos pela ciência de uma forma geral e mais especificamente pelas ciências espaciais.

Explicar como a Lua e os satélites artificiais se mantêm em órbita quase sempre é uma tarefa árdua para o professor. É comum vermos imagens de astronautas e objetos “flutuando” na estação espacial internacional (ISS) e ouvirmos a expressão “ausência de gravidade” como explicação para aquele fenômeno. Então, surge uma contradição com o fato de que a Lua e os satélites artificiais estão “presos” por ação da força gravitacional.

O produto educacional desenvolvido consiste de um conjunto de vídeos onde são abordadas situações relacionadas à microgravidade acompanhado de uma unidade didática<sup>2</sup> sobre o assunto. Utilizamos vídeos da Estação Espacial Internacional (ISS)<sup>3</sup>, de voos simuladores de “zero G”<sup>4</sup>, de animações de corpos em órbita e vídeos, que produzimos, de experimentos didáticos em situação análoga à orbital. Para produzir os experimentos, montamos uma estrutura no laboratório do IFRN - Campus Natal Central, e adaptamos uma caixa plástica, que serviu como pequeno elevador, onde fixamos uma câmera digital e os experimentos que foram filmados. Utilizamos esta estratégia experimental, pois acreditamos que o uso da tecnologia no processo de ensino e aprendizagem é eficiente e tem se tornado cada vez mais frequente, como afirma Corveloni (2009).

“A tecnologia está cada vez mais presente no nosso cotidiano e ao se pensar nela, é praticamente inevitável associá-la a vários recursos modernos que contam com uso de sistemas eletrônicos de controle, telas de projeção, mecanismos de gravação de dados, entre outros, como computadores, câmeras, máquinas fotográficas digitais, etc. E esses

---

<sup>2</sup> A unidade didática é composta pelos apêndices A e B.

<sup>3</sup> Sigla em inglês para *International Space Station*.

<sup>4</sup> Voos parabólicos realizados por aviões comerciais que simulam o ambiente de Microgravidade.

materiais podem ser utilizados como recursos didáticos para auxiliar em práticas experimentais. " (CORVELONI, 2009)

Além da eficiência do uso da tecnologia como ferramenta didática, a estratégia escolhida agilizou a aplicação do produto, visto que, o aparato montado para servir como sustentação do elevador (caixa plástica) não podia ser deslocado com facilidade, dificultando a realização do experimento em sala de aula. Outra vantagem em gravar os experimentos em vídeo ao invés da reprodução do experimento durante a aula é a possibilidade de mostrar o experimento em "câmera lenta". Assim, foi possível destacar os momentos mais importantes do vídeo, facilitando a compreensão dos experimentos.

O produto foi testado em aulas para duas turmas do IFRN - Campus Caicó. Um questionário foi elaborado e aplicado antes da exposição dos vídeos, composto por nove questões objetivas e uma questão discursiva, afim de diagnosticar se nas ideias prévias dos alunos daquelas turmas existiam concepções espontâneas a respeito do tema abordado nos vídeos. Foram propostos debates em grupo, intercalados com os vídeos. Após a exposição do último vídeo foi proposto um debate mediado pelo professor seguido de uma nova aplicação do questionário. A análise das respostas dos alunos após a exposição serviu de base para avaliar a eficácia do produto. Ressaltamos que a metodologia utilizada na aplicação do produto juntamente com o questionário pode ser adaptada de acordo com as necessidades e condições de cada professor e/ou escola.

Os capítulos a seguir estão organizados da seguinte forma: no capítulo 2 apresentamos uma revisão da literatura onde destacamos alguns trabalhos que tratam das concepções espontâneas a respeito do tema e também alguns trabalhos semelhantes ao trabalho descrito nessa dissertação. No capítulo 3 expomos o referencial teórico que serve como ancoradouro para a metodologia que propomos.

Já no capítulo 4 descrevemos o nosso produto educacional desde a fase de construção do experimento até a produção dos vídeos e do material instrucional disponibilizado virtualmente. O capítulo 5 traz a descrição da metodologia utilizada

na aplicação do produto e a análise dos resultados dos questionários aplicados. O sexto capítulo é dedicado às considerações finais.

Apresentamos ainda, no Apêndice A, a unidade didática que tem o objetivo de esclarecer como se obtém o ambiente de microgravidade. Nela, mostramos como é possível obter a microgravidade através de três exemplos: O elevador em queda livre, o avião “zero G” e a estação espacial internacional. Esperamos que este material auxilie o professor na utilização dos vídeos e nas discussões com os alunos em sala de aula.

O apêndice B o plano de aula que foi elaborado para a aplicação o produto e que fica como sugestão para a utilização dos professores que tiverem a intenção de utilizar os vídeos, cabendo inclusive as adaptações que julgarem necessárias. No apêndice C temos o questionário utilizado durante a aplicação do produto.

## 2 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo vamos expor a pesquisa que realizamos sobre a literatura que trata da microgravidade no ensino de física, sobre os trabalhos referentes às concepções espontâneas a respeito do tema e os trabalhos que trazem propostas semelhantes à que foi aqui proposta.

### 2.1 Microgravidade

Microgravidade é o termo utilizado para uma situação em que o peso aparente de um corpo é muito pequeno se comparado ao peso real devido à gravidade (SABA 2000). Ou seja, o termo microgravidade não significa uma gravidade “*micro*”. Para se ter uma ideia, o módulo do campo gravitacional na estação espacial é de aproximadamente 8,7 N/kg e lá se encontra um ambiente de microgravidade. Sendo assim, é preciso tomar cuidado com a interpretação que se dá ao termo “gravidade zero” corriqueiramente veiculado na mídia com referência ao ambiente de microgravidade. O indivíduo que, assistindo uma matéria na TV ou na internet, escuta esse termo ao mesmo tempo em que vê um astronauta flutuando, pode facilmente assimilar essa informação e construir uma ideia equivocada sobre o assunto, tendo, naquele momento, a convicção que não existe força gravitacional atuando sobre o astronauta. Os astronautas que se encontram na estação espacial têm uma sensação de **imponderabilidade**. Essa palavra é utilizada para expressar a sensação de ausência de peso, de acordo com Pires e Veit (2006).

### 2.2 Hipergravidade e força G

A gravidade terrestre é utilizada como referência para classificar a intensidade da aceleração gravitacional. Ambientes que possuem valores desta aceleração maiores que 1 G são conhecidos como ambiente de hipergravidade. Além de ser encontrada em outros planetas ou corpos celestes, a hipergravidade pode ser produzida em situações de acelerações que ocorrem na Terra e que também são comparadas com a aceleração gravitacional terrestre. Na decolagem de um foguete, por exemplo, são alcançados aproximadamente 6G (Vernikos, 2009, p. 26-27 Apud Albuquerque, M.P.).



Adotando o valor da gravidade na superfície da Terra como uma unidade padrão, é possível expressar qualquer força em função da força gravitacional. Como exemplo, se o peso aparente de um corpo corresponde a duas vezes o seu peso, quando em repouso na superfície da Terra, podemos afirmar que este corpo está submetido a uma força igual a 2G. Se um astronauta estiver a bordo de uma nave durante uma decolagem que alcança 6G, ele sentirá seu corpo seis vezes mais pesado que o normal, em repouso na superfície da Terra.

### **2.3 Concepções espontâneas acerca do tema Microgravidade**

De acordo com Nardi e Gatti (2004), a partir da década de 70, os investigadores em ensino de ciências se empenharam no estudo das noções prévias ao ensino formal que os estudantes trazem para sala de aula. Entre as denominações usadas para tais noções os autores citam “conceitos espontâneos”, “conceitos intuitivos”, “formas espontâneas de raciocínio”, “estruturas alternativas” (DORAN, 1972; VIENNOT, 1979; DIVER, 1985 e WATTS e ZYLBERSZTAJN, 1981 *apud* NARDI e GATTI, 2004).

Peduzzi, Zylbersztajn e Moreira (1992) afirmam que a mente do aluno não é um quadro em branco que o professor pode preencher como quer. O aluno constrói o conhecimento a partir de observações de fenômenos físicos do seu dia a dia. Assim, estas construções são chamadas pelos autores de concepções espontâneas, conceitos ou ideias intuitivas e concepções alternativas. Ainda segundo os autores, essas concepções são encontradas em um grande número de estudantes, em qualquer nível de escolaridade. Além disso, são muito persistentes e resistem ao ensino de conceitos que entram em conflito com elas e não se debilitam, mesmo quando confrontadas com evidências experimentais que as contrariam. Os autores afirmam que as concepções espontâneas:

Interferem no aprendizado da Física, sendo responsáveis, em parte pelas dificuldades que os alunos encontram em disciplinas desta matéria, acarretando nestas um baixo rendimento quando comparado com disciplinas de outras áreas. (PEDUZZI, ZYLBERSZTAJN e MOREIRA, 1992)

As ideias prévias que os alunos trazem a respeito de determinado assunto, e que foram construídas com base nas observações de fenômenos do cotidiano, recebem várias denominações. Teodoro (2000), Melo (2012), Gatti, Nardi e Silva (2010), Dias, Santos e Souza (2004) utilizam as expressões “**concepções espontâneas**” ou “**concepções alternativas**” para se referirem às ideias prévias dos alunos sobre o tema aqui trabalhado. Seremos coerentes com estes autores, utilizando apenas estas duas expressões destacadas acima.

Nos trabalhos dos autores citados no parágrafo anterior, há relatos de concepções espontâneas em assuntos relacionados com o tema central abordado aqui. As concepções mais recorrentes nas pesquisas realizadas nos referidos trabalhos estão listadas a seguir:

1. A força gravitacional da Terra atua limitada pela atmosfera do planeta;
2. Os corpos celestes como o Sol e a Lua não caem porque estão fora do alcance da força gravitacional da Terra;
3. Os astronautas a bordo da estação espacial estão em gravidade zero;
4. O astronauta flutua porque a gravidade dentro da estação é menor
5. No espaço quase não há gravidade;
6. Não há gravidade no espaço.

Teodoro (2000) afirma que uma grande parte dos estudantes do ensino fundamental e médio acredita que a força gravitacional da Terra tem um limite. Por exemplo, a concepção de que a gravidade depende da presença da atmosfera. Assim, os astronautas “flutuam” devido à ausência de atmosfera. No mesmo trabalho, o autor faz um levantamento sobre as concepções alternativas e conclui que existe certa semelhança entre aquelas apresentadas pelos estudantes e por alguns docentes atuantes no ensino médio. Alguns padrões de pensamento que se repetem nas respostas às questões propostas no trabalho são relatados:

A força da gravidade possui um limite de atuação, que pode coincidir com o fim da atmosfera. Os corpos celestes como o Sol, a Lua e as estrelas não

'caem' porque estão fora do alcance da força atrativa da Terra. Força age sempre na direção do movimento. Força gravitacional age em um corpo somente durante seu movimento descendente (TEODORO, 2000).

Observando ainda as concepções espontâneas sobre a força gravitacional da Terra, Melo (2012) analisa os resultados de testes de diagnóstico realizados em algumas turmas de licenciatura em física do Instituto Federal de Goiás no Campus Jataí e detecta a presença das mesmas ideias de senso comum existentes entre alunos da educação básica. De acordo com este autor, nas turmas onde foram aplicados os testes foi percebida, em um número considerável de alunos, a concepção de que astronautas a bordo de veículos espaciais orbitando a Terra têm uma experiência de “gravidade zero”.

Gatti, Nardi e Silva (2010) relataram resultados de uma pesquisa que envolveu a análise de concepções alternativas sobre o tema atração gravitacional presentes entre alunos de um curso de licenciatura em física. Destacamos aqui, a concepção de que, no espaço, não há ou quase não há gravidade, presente nas respostas da maioria dos alunos da amostra pesquisada.

Dias, Santos e Souza (2004) também relatam em sua pesquisa fortes evidências das concepções espontâneas a respeito do tema. O artigo com o título “Gravitação Universal (um texto para o ensino médio) ” traz uma proposta que aborda o assunto com o enfoque da história da física e, além disso, analisa quais as possíveis concepções presentes no pensamento dos alunos, através de um questionário, composto por questões abertas, aplicado antes e depois da intervenção. Quando é feita a comparação das respostas dos alunos antes e depois da intervenção proposta, os resultados mostram que, em quase todas as questões, houve uma evolução no número de respostas corretas, evidenciando uma evolução no processo de construção do conhecimento científico em detrimento das concepções espontâneas que permeavam o raciocínio dos estudantes. A exceção foi na quinta e última pergunta. A seguir vamos dar destaque para a análise, feita pelos autores, da referida questão.

A quinta questão proposta foi “**Por que o astronauta flutua dentro de sua nave, quando se encontra em órbita?** ”. As respostas dos alunos antes de trabalharem o texto ficaram distribuídas conforme mostra a tabela 1. Já na tabela 2 temos a análise das respostas após a intervenção feita com o texto proposto.

<b>Respostas</b>	<b>Alunos</b>
<b>Porque não há gravidade</b>	48%
<b>Por falta de força de gravidade</b>	24%
<b>Porque em órbita a gravidade é menor</b>	11%
<b>Por causa da falta de oxigênio</b>	3%
<b>Porque sua massa diminui</b>	3%
<b>Porque não tem força nele</b>	3%
<b>Não souberam responder</b>	8%

**Tabela 1** Respostas à quinta questão do questionário aplicado antes da aula sobre *História da Gravitação* (DIAS, SANTOS E SOUZA 2004)

<b>Respostas</b>	<b>Alunos</b>
<b>Porque não há gravidade</b>	79%
<b>Por falta de força de gravidade</b>	15%
<b>Porque não tem força nele</b>	6%

**Tabela 2** Respostas à quinta questão do questionário aplicado depois da aula sobre *História da Gravitação* (DIAS, SANTOS E SOUZA 2004)

Os autores analisaram as respostas e explicaram que, apesar dos alunos terem fixado o conceito de força, ficou evidente uma persistência da concepção espontânea sobre ausência de gravidade em uma nave espacial. Os autores justificaram o resultado informando que, apesar dos aprendizes terem fixado o conceito de força, eles não se referiram à força centrípeta, pois o material

instrucional correspondente a este assunto não havia, ainda, sido incluído na ocasião da apresentação do material instrucional de história da gravitação.

Diante desse quadro, onde percebemos um padrão de pensamento que se repete em várias pesquisas, sempre trazendo as mesmas concepções, tentamos trazer uma proposta diferente para abordar o assunto. Acreditamos que nosso produto - uma aula baseada em vídeos - pode auxiliar no diagnóstico das concepções, além de provocar um conflito cognitivo que pode servir como ponto inicial para uma mudança conceitual, em relação ao tema microgravidade.

## **2.4 A proposta do Experimento**

A etapa experimental do nosso trabalho é inspirada em Saba (2000). O projeto propõe desenvolver um “elevador” que simula o ambiente de microgravidade. Saba (2000) relata a construção de um dispositivo simples para produzir em sala de aula o ambiente de microgravidade experimentado pelos astronautas. Com o dispositivo construído foi possível reproduzir em pequena escala o ambiente obtido em “torres de queda livre” e nos voos parabólicos de aeronaves adaptadas para esta finalidade.

No mesmo trabalho, o autor ressalta a importância da discussão do tema com os alunos afim de leva-los a uma correta compreensão dos termos usados.

“O termo Microgravidade utilizado em astronáutica corresponde apenas a uma situação em que o peso aparente do sistema é pequeno se comparado ao peso real devido à gravidade.” (SABA, 2000)

Nos relatos finais do autor, percebemos que através da atividade proposta foi possível melhorar a compreensão dos estudantes sobre um tema que parecia vago e distante da realidade. Além disso, foram discutidos os seus usos e a sua importância da microgravidade em ciência espacial.

Em Saba (2000), encontramos sugestões para a realização de vários experimentos didáticos no ambiente de Microgravidade, simulado pelo elevador em queda. Porém, no nosso produto, não realizamos todos os experimentos. Devido à nossa intenção de tentar facilitar a compreensão do que vem a ser a microgravidade, fizemos algumas adaptações na proposta original do projeto. No

Capítulo 4, destinado à descrição do nosso produto, entraremos nos detalhes sobre a montagem do aparato experimental e a produção dos vídeos.

Outro trabalho que também traz a proposta da explicação da microgravidade de uma forma semelhante à que propomos é o de Baliscei (2011). Ele propõe a queda de uma caixa contendo uma câmera digital que registra a mudança no formato da chama de uma vela quando colocada em Microgravidade. A mudança na aparência da chama se explica a partir da não existência de correntes de convecção no ambiente de Microgravidade. Outra proposta do autor é o experimento intitulado “O filete de um líquido”. Nessa experiência, um líquido é colocado em um recipiente com um furo no fundo por onde se percebe o vazamento do líquido formando um “filete”. Quando posto em queda livre, o vazamento cessa, dando a impressão que a gravidade não está atuando sobre o líquido. Por fim, o autor propõe a construção do “elevador de Einstein”. Uma espécie de brinquedo que também evidenciava o peso aparente dos corpos em queda livre. Mais detalhes desse mesmo aparato encontra-se em Medeiros e Medeiros (2005), onde os autores descrevem como funciona o brinquedo que Einstein recebeu de presente ao completar 76 anos de idade.

Experimentos de queda livre também são o objeto de estudo do Zarm Drop Tower. Uma torre de queda livre do Centro de Tecnologia Espacial e Microgravidade (ZARM). O ZARM faz parte do Departamento de Engenharia de Produção da Universidade de Bremen na Alemanha. A torre possibilita o estudo dos efeitos da microgravidade em diversos experimentos gravados em vídeos. Estes vídeos estão disponíveis no endereço: <http://www.esa.int/spaceinvideos/content/search?SearchText=drop+tower&SearchButton=Go>.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

As estratégias de ensino adotadas pelos docentes são peças fundamentais para uma aprendizagem de qualidade. Além disso, uma boa estratégia metodológica aliada às teorias de aprendizagem permite a ampliação do horizonte dos conteúdos trabalhados em sala de aula, saindo dos limites do que já é tradicionalmente abordado para dar espaço aos questionamentos dos estudantes acerca de temas que são interessantes para eles. Segundo Henriques *et al.* (2014), o professor deve deixar de ser um mero transmissor de informações para levar o estudante a construir seu conhecimento através da participação ativa. O discente deve...

Responsabilizar-se pelo estudo prévio e pelo trabalho, em sala de aula, com perguntas voltadas a uma interpretação conceitual de diferentes situações, e pela construção de respostas a problemas propostos, em lugar da “imitação” de técnicas de resolução de problemas (HENRIQUES *et al.* 2014).

A proposta central deste trabalho é provocar um conflito cognitivo nos alunos a partir das concepções espontâneas que os mesmos têm sobre a microgravidade e proporcionar discussões que auxiliem na correta compreensão deste termo. Como já foi mencionado no capítulo anterior, as pesquisas mostram que a ideia da ausência da força gravitacional em uma nave em órbita, como a estação espacial, é muito forte na estrutura cognitiva de grande parte dos estudantes.

Diante desse cenário nos vimos inseridos na teoria interacionista e construtivista do desenvolvimento da inteligência de J. Piaget, pois estávamos provocando um conflito cognitivo nos estudantes. Dentro dessa perspectiva, adotamos a teoria de Piaget como norteadora do nosso trabalho.

#### 3.1 A Teoria Interacionista e Construtivista de Jean Piaget (A Teoria da Equilibração)

De acordo com a teoria da equilibração da escola Piagetiana, a aprendizagem é produzida quando ocorre um desequilíbrio ou conflito cognitivo. Segundo Faria e Nuñez (2004),

O conflito cognitivo é um estado psicológico que contradiz a experiência (as estruturas cognitivas), ou seja, entra em contradição com as ideias que o aluno tem sobre o objeto ou fenômeno. (FARIA E NUÑEZ 2004)

As palavras “assimilação”, “acomodação” e “equilíbrio” surgem como conceitos-chave da teoria de Piaget. A assimilação ocorre quando o sujeito incorpora, em seu esquema sensório-motor ou conceitual, um elemento exterior como um objeto ou acontecimento (Piaget, 1977 apud Faria e Nuñez, 2004). O indivíduo constrói esquemas de assimilação mentais para abordar a realidade. Porém, a mente do indivíduo não se modifica durante esse processo de assimilação. Quando ocorre uma modificação na mente do sujeito (aluno) pode-se afirmar que ocorreu uma acomodação. É por meio das acomodações que se dá o desenvolvimento cognitivo. Para Piaget, a mente tende a funcionar em equilíbrio, em um constante aumento de organização interna. Entretanto, quando se depara com experiências não assimiláveis, a mente se reestrutura a fim de construir novos esquemas de assimilação e atingir novo equilíbrio. É nesse processo de reestruturação da mente que se dá a acomodação.

No nosso trabalho, enxergamos os indícios da teoria de Piaget, quando colocamos para o aluno as imagens do ambiente de Microgravidade e o levamos a refletir sobre algumas questões como “ por que a estação espacial não cai na superfície da Terra? ”, “naquele ambiente a gravidade não existe? ” Acreditamos que nesse momento estamos provocando um conflito cognitivo, pois a mente do discente se depara com uma situação que não é facilmente assimilada. Esperamos então que os vídeos produzidos auxiliem no processo de acomodação (reestruturação cognitiva).

Ainda sobre Piaget, destacamos o que Moreira coloca:

As implicações dessas proposições para o ensino (e para a educação, de um modo geral) são óbvias e de grande importância: ensinar significa, pois, provocar o desequilíbrio na mente da criança para que ela, procurando o reequilíbrio, se reestruture cognitivamente e aprenda. (MOREIRA 2014)



No capítulo 4 abordaremos de forma mais detalhada as concepções espontâneas que surgiram nos questionamentos dos alunos e que diagnosticamos nas respostas às questões propostas.

### **3.2 Sobre o uso de vídeos em sala de aula.**

Apesar de ter sido produzido um aparato experimental, o produto final deste trabalho consiste em um conjunto de vídeos que exemplificam e simulam o ambiente de Microgravidade. Assim, dedicamos este tópico a argumentação sobre o uso de vídeos em sala de aula.

Moran (1995) traz propostas de uso do vídeo em sala de aula e alerta para os usos inadequados. Segundo Moran, é preciso tomar cuidado com o uso de vídeo como “tapa buraco” para preencher o horário de um professor que faltou. Outra forma errada para o uso do vídeo é o “vídeo-enrolação”. Acontece quando um vídeo é exibido sem muita ligação com a matéria. Segundo Moran (1995), o aluno percebe quando o vídeo é usado para camuflar a aula. Além dessas estratégias erradas, tem o uso inadequado que Moran chamou de “só vídeo”. Ele afirma que “não é satisfatório exibir o vídeo sem discuti-lo, sem integra-lo com o assunto de aula, sem voltar e mostrar alguns momentos mais importantes”.

Nas propostas de uso em sala de aula colocadas por Moran (1995), destacamos o “*vídeo como sensibilização*”. Este tipo de vídeo pode ser usado para “*introduzir um novo assunto, despertando a curiosidade e motivando para abordar novos temas*”. Outra classificação dada por Moran é o “*vídeo como ilustração*”. Neste caso, “*o vídeo ajuda a mostrar o que se fala em aula e a compor cenários desconhecidos dos alunos*”. Por fim, destacamos o “*vídeo como simulação*” e o “*vídeo como produção*” onde, por exemplo, gravamos alguma experiência em laboratório e mostramos aos alunos em sala de aula.

Dentre as propostas para o uso adequado do vídeo em sala de aula, destacamos as quatro que citamos acima, pois entendemos que o nosso produto se utiliza dessas estratégias para tentar facilitar a compreensão dos conceitos abordados: estimular os alunos durante a aula e despertar a curiosidade sobre o

assunto tratado. Ressaltamos ainda que durante a exposição dos vídeos são feitas intervenções com alguns questionamentos sobre o tema tratado. Evitando assim, que nos encaixemos na classificação do “só vídeo” colocada por Moran (1995).

Os dois primeiros vídeos são utilizados para introduzir e contextualizar o assunto trazendo imagens da Terra feitas a partir da estação espacial e uma animação de um satélite sendo colocado em órbita. Eles também têm o objetivo de despertar a curiosidade dos discentes. Em seguida mostramos os vídeos produzidos em laboratório com os experimentos em microgravidade. O quarto vídeo mostra o ambiente de microgravidade na estação espacial, mais uma vez, com a finalidade de contextualizar o assunto. O quinto vídeo mostra o experimento feito no laboratório, desta vez, mostrando uma situação de hipergravidade junto com as imagens da decolagem de um ônibus espacial. Por fim, o sexto vídeo traz o experimento do pêndulo em queda.

Ainda sobre o uso do vídeo em sala de aula, Ferrés (1998) *apud* Domingues e Vicentini (2008), escrevem

Usar o vídeo como recurso audiovisual não significa abandonar os meios didáticos tradicionais, porém, sugere um redirecionamento da função destes. Um bom uso dos recursos didáticos na prática pedagógica – seja de tecnologias avançadas ou tradicionais – deve levar em consideração as condições e atributos de cada meio, a adequabilidade ao conteúdo e as características do aluno. (FERRÉS, 1998. *Apud* DOMINGUES e VICENTINI, 2008).

Entendemos então que o vídeo em sala de aula é uma excelente ferramenta de auxílio ao processo de ensino aprendizagem, porém deve ser utilizada de uma forma adequada e bem planejada. No caso do produto desenvolvido neste trabalho, os vídeos produzidos foram de grande importância, pois permitiram, através do recurso da câmera lenta, a observação detalhada de uma experiência que ocorre em um intervalo de tempo muito curto. Assim, enxergamos mais uma potencialidade do vídeo. A possibilidade de analisar experiências de uma forma que não seria possível satisfatoriamente a olho nu. Os detalhes sobre todos os vídeos utilizados serão

expostos no próximo capítulo, onde explicamos, como produzimos e aplicamos o produto educacional.

## 4 O PRODUTO EDUCACIONAL

O produto educacional desenvolvido neste trabalho consiste em um conjunto de vídeos produzidos em laboratório e vídeos editados a partir de materiais disponíveis na internet, que tratam de temas relacionados com as Ciências Espaciais<sup>5</sup>. Neste capítulo vamos descrever como os vídeos foram produzidos desde a montagem do aparato experimental até a edição no computador além de explicar o papel de cada vídeo na proposta didática apresentada aqui.

### 4.1 O aparato experimental

Para produzir os vídeos que compõem o produto educacional, montamos um aparato experimental que consiste em um pequeno elevador sustentado por uma estrutura metálica. O elevador é uma caixa plástica transparente comercialmente chamada de organizador. Escolhemos uma caixa transparente para aproveitarmos a luminosidade do laboratório. A caixa tem medidas de 30 cm de largura, 29 cm de comprimento e 40 cm de altura, considerando a posição que ela fica durante a realização do experimento. Dentro da caixa colocamos uma câmera digital<sup>6</sup> para filmar os experimentos durante a queda e durante a subida do elevador. Os experimentos filmados foram dois. Um dinamômetro com escala de 0 a 10 N medindo o peso de um objeto com massa de 0,5 kg e um pêndulo físico com uma haste de 10 cm. A massa total da caixa com a câmera e o dinamômetro com a massa de 0,5 kg pendurada foi de 1,4 kg. A estrutura metálica é composta por duas barras verticais com as medidas de 1 m, cada, e uma barra horizontal de 1,2 m formando uma trave onde foram fixados dois conjuntos de roldanas duplas. Com esse material montamos um aparato semelhante à máquina de Atwood, como mostram as figuras 1 e 2.

Todo o aparato foi montado no laboratório de mecânica que faz parte do conjunto de laboratórios de Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN) – Campus Natal Central.

---

<sup>5</sup> Os vídeos estão disponíveis no Canal do Youtube:  
<https://www.youtube.com/channel/UCmcsORiro1sUckBoptVWJqg>.

<sup>6</sup> Câmera digital Sony Cyber-shot de 14.1 megapixels.

Para montar a estrutura utilizamos barras metálicas de diferentes tamanhos e com a mesma espessura que fazem parte do material disponível no laboratório citado anteriormente. As barras foram conectadas com junções metálicas apropriadas conforme mostram as imagens a seguir. Na figura 1, temos a imagem das barras conectadas e fixadas em pedestais, ainda no chão do laboratório. Um dos conjuntos de roldanas, que foi utilizado na experiência, está fixado na barra horizontal.

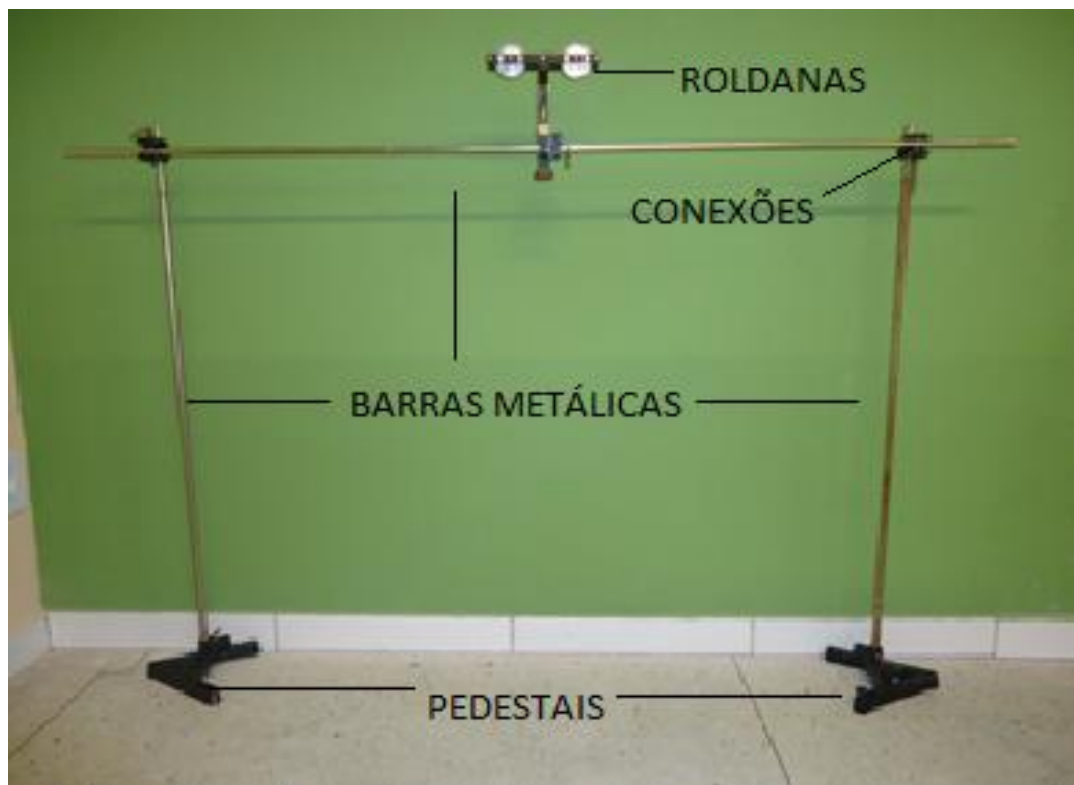
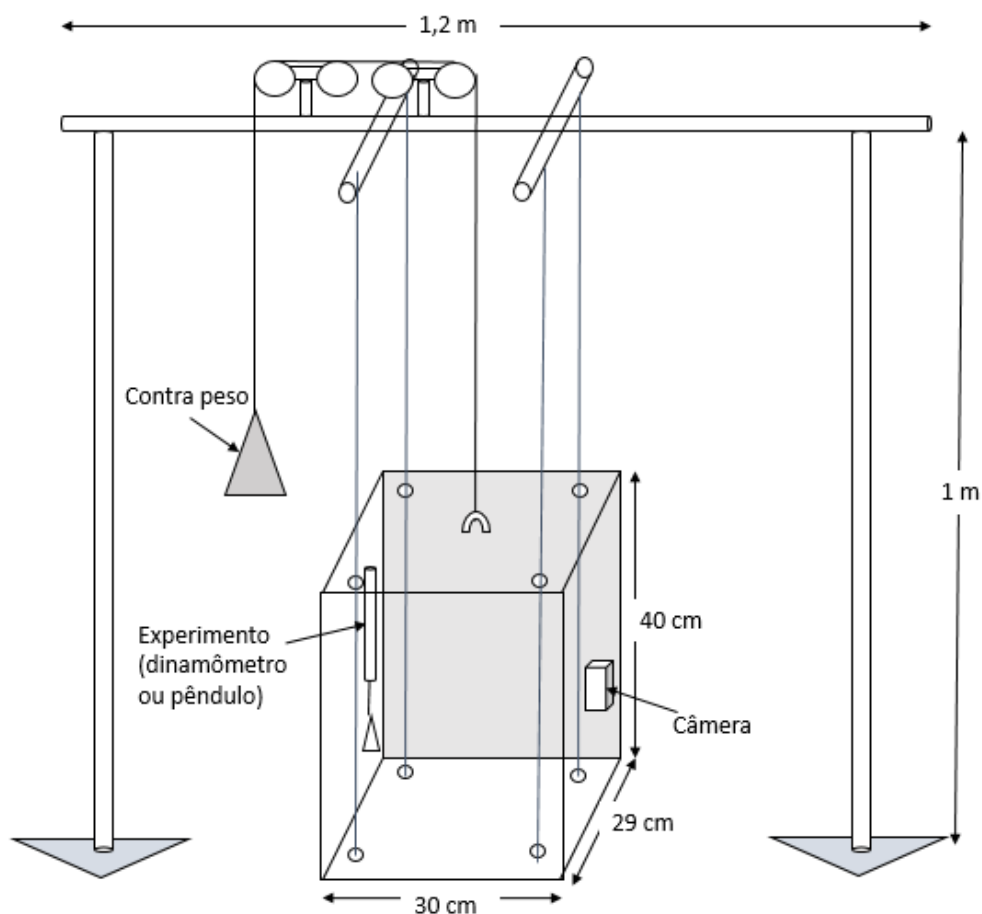


Figura 1 Estrutura metálica utilizada como sustentação do elevador.

Elaboramos um desenho esquemático, com algumas medidas importantes, para facilitar o entendimento da montagem da estrutura e o posicionamento da caixa, além da posição da câmera e do experimento filmado. O desenho está na figura 2.



**Figura 2** Desenho esquemático do experimento.

Para conseguirmos um intervalo de tempo mínimo de queda, suficiente para analisarmos as imagens, colocamos a estrutura em cima das bancadas do laboratório, obtendo uma queda de 2,1 m. A figura 3 mostra como ficou a estrutura montada sobre as bancadas com os conjuntos de roldanas fixadas e o elevador posicionado. A figura 4 mostra em detalhes os dois conjuntos de roldanas utilizados com a finalidade de permitir a movimentação vertical do elevador. Para controlar a aceleração do elevador durante a queda utilizamos objetos metálicos com massas diferentes que chamamos de “contrapeso”. Para permitir a movimentação do elevador e do contrapeso sem que houvesse uma colisão durante o movimento era necessário deixar um espaço entre eles. Por isso utilizamos dois conjuntos de roldanas ao invés de apenas um. Na figura 4 também percebemos como instalamos os cabos que serviram com guias para que o elevador se movimentasse sem

rotacionar. Utilizamos duas barras de 30 cm, cada uma, e ajustamos as posições dessas barras de uma forma que os cabos ficassem alinhados com os furos que fizemos nos quatro cantos do teto e do piso caixa. Os cabos guias foram esticados passando por esses furos e foram amarrados em ganchos fixados em uma base de madeira, visível na figura 3, pesada o suficiente para mantê-los tensionados.



**Figura 3** Estrutura montada sobre as bancadas.



**Figura 4** Roldanas, cabo de sustentação do elevador e cabos-guia.

Agora vamos descrever a parte interna do elevador, onde ficam a câmera digital e os experimentos que foram filmados. Ressaltamos aqui a importância de utilizarmos uma caixa transparente, pois a iluminação do próprio laboratório foi suficiente para visualização dos experimentos gravados em vídeo. A figura 5 mostra a vista lateral onde percebemos a câmera fixada do lado direito e o dinamômetro fixado do lado esquerdo.

O posicionamento da câmera e dos experimentos foi feito observando-se o enquadramento da imagem na câmera. Utilizamos abraçadeiras de nylon para fixarmos os objetos dentro da caixa. Na figura 6 podemos perceber as abraçadeiras já colocadas nas duas posições possíveis para a câmera. Os furos foram feitos utilizando uma furadeira e brocas de 5 mm para madeira.





**Figura 5** Vista lateral da caixa. Câmera digital e Dinamômetro com uma massa de 0,5 kg fixada.



**Figura 6** Detalhes da fixação da câmera digital.

As figuras 7 e 8 mostram os detalhes das adaptações feitas dentro da caixa, para obtermos os vídeos. Para o experimento com o dinamômetro, utilizamos um refil de apagador de quadro branco (o objeto azul na figura 7) para manter o dinamômetro afastado da parede da caixa, evitando que o objeto metálico tivesse contato com a parede. Fixamos esse experimento com as mesmas abraçadeiras que utilizamos na sustentação da câmera. Além disso, colocamos um pedaço de espuma no piso do elevador para amortecer o impacto da massa metálica que está presa ao dinamômetro.



**Figura 7** Detalhes da fixação do dinamômetro

Na figura 8 temos a imagem parte externa da parede onde está fixada a câmera. Essa era a nossa visão para verificarmos o enquadramento do experimento no campo visual da câmera digital.



**Figura 8** Enquadramento da imagem do experimento (dinamômetro) na câmera digital.

#### **4.2 Dificuldades enfrentadas**

O processo de gravação dos vídeos passou por várias etapas até chegarmos em um ponto satisfatório. Ao longo de quase seis meses de experimentação (de abril a setembro de 2015) encontramos vários problemas na tentativa de obter vídeos que permitissem uma boa visualização dos experimentos. A seguir listamos os principais problemas enfrentados:

- Luminosidade dentro do elevador;
- Tempo de queda do elevador;
- Correntes de ar;
- Fixação dos cabos-guia no solo;
- Amortecimento do impacto na queda do elevador;
- Visualização dos valores de medida do dinamômetro;
- A oscilação da mola do dinamômetro durante a queda.

A luminosidade foi o primeiro problema encontrado, pois inicialmente a caixa que foi adaptada para ser o elevador era de madeira. A solução foi instalar uma lâmpada de *led* dentro da caixa. No entanto, a caixa se desmontou na primeira queda. O elevador precisava ser leve o suficiente para não romper o cabo de sustentação e para que conseguíssemos realizar os movimentos de subida com contrapesos de 2 kg e 3 kg. Logo o ideal era que a caixa tivesse uma massa menor que 2 kg. Por isso a caixa havia sido construída com madeira de um perfil muito estreito e por esse motivo não podia levar pregos. Assim, foi utilizada cola para montar a caixa. Por esse motivo, ela não resistiu ao primeiro teste. A partir de então, decidimos utilizar uma caixa plástica e a melhor opção que encontramos foi a caixa chamada comercialmente de organizador. Além da resistência do plástico, estávamos contornando a dificuldade com a iluminação. Adquirimos uma caixa de plástico transparente e a própria iluminação do laboratório já era aparentemente suficiente para gravarmos os vídeos com a qualidade desejada.

Em relação ao tempo de queda do elevador, inicialmente tentamos levar o aparato experimental para um local, dentro do Campus Natal Central do IFRN, onde pudéssemos largar o elevador de uma altura maior que aquela limitada pelo teto do laboratório. Porém encontramos outro problema: as correntes de ar não permitiam a estabilidade do elevador, mesmo com os cabos-guia bem fixados. Contornamos esse problema levando o experimento para um outro local, também dentro do Campus, onde o vento era de baixa intensidade. Apesar do nosso esforço, após gravar os vídeos, percebemos que o ganho no tempo de gravação era muito pequeno e todo o esforço para levar o experimento sempre que fossemos gravar se

tornava muito grande para, no fim, obtermos praticamente o mesmo resultado que havíamos conseguido no laboratório. Assim, decidimos gravar no laboratório e utilizar o recurso da câmera lenta no momento da edição dos vídeos, para visualizarmos os experimentos por um tempo razoável.

A questão da fixação dos cabos-guia foi resolvida com o uso de ganchos aparafusados em uma tábua que possuía massa suficiente para manter os cabos esticados, como mostra a figura 4. O amortecimento foi feito com espumas colocadas sobre a tábua de fixação dos guias.

A dificuldade na visualização dos valores do dinamômetro foi superada com uma escala feita com um pedaço de papel e colada, ao lado do dinamômetro, no apagador que serviu de apoio para o dinamômetro. Nos vídeos, a escala aparece ao lado esquerdo do dinamômetro.

O problema da oscilação da mola durante a queda não foi totalmente resolvido, mas conseguimos amenizar o problema escolhendo um dinamômetro com maior constante elástica, dentro do limite das dimensões da caixa e das massas que estavam sendo utilizadas. Chegamos à conclusão que o melhor dinamômetro era aquele com constante elástica de aproximadamente 158 N/m.

### **4.3 Produção e edição dos vídeos**

Com todos os problemas contornados, dentro das nossas possibilidades, partimos para a gravação definitiva dos vídeos. Ainda assim, precisamos repetir os procedimentos várias vezes para cada vídeo que queríamos produzir. Após analisar os vídeos no computador, escolhemos aqueles que consideramos relevantes e de boa qualidade para tentarmos atingir os objetivos já citados neste trabalho. Nos próximos parágrafos, vamos descrever os vídeos editados a partir do material disponível na internet e os vídeos produzidos em laboratório<sup>7</sup>.

O primeiro vídeo do produto é um vídeo introdutório com o objetivo de despertar a curiosidade dos alunos sobre o tema. Enquanto são exibidas imagens

---

<sup>7</sup> Utilizamos o software editor de vídeos Movie Maker, que faz parte do pacote de softwares do Windows.

da Terra, filmadas a partir da Estação Espacial Internacional (ISS), algumas informações são passadas e algumas questões são propostas (figura 9).



**Figura 9** Vídeo 1 – Introdução.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1iJvWfShgFE>

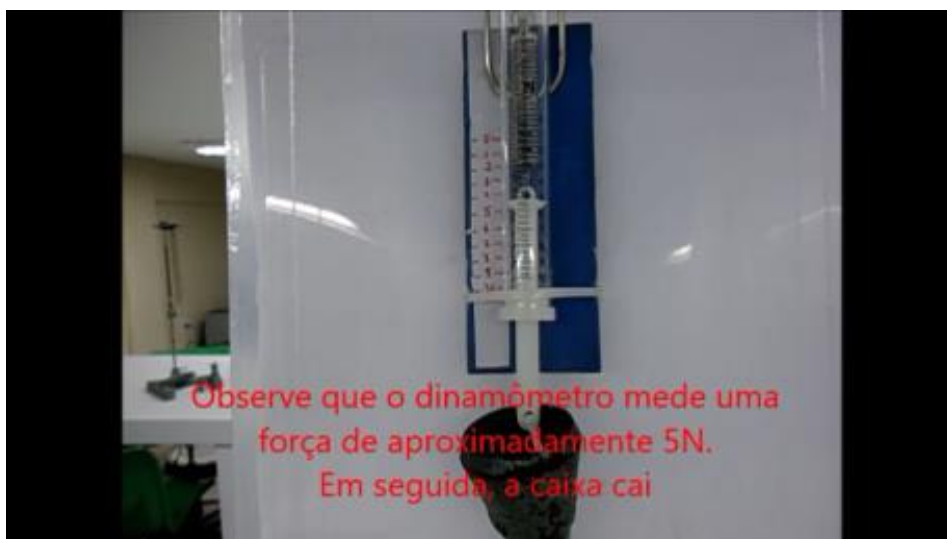
O segundo vídeo trata dos satélites em órbita, especialmente a Lua e a Estação Espacial. São exibidas algumas imagens do ambiente da ISS e de alguns astronautas em órbita. Em seguida, é exibida uma animação, feita a partir do simulador de voos espaciais *Flight Simulator*, onde é mostrado um satélite sendo colocado em órbita (figura 10).



**Figura 10.** Vídeo 2 – Satélites em órbita.

Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=IIDau4UNfYg>

Na sequência da apresentação, o vídeo 3: Dinamômetro em queda. Nesse vídeo temos três quedas do elevador com acelerações diferentes. Dentro do elevador, temos um dinamômetro com uma massa de 0,5 kg. Com o elevador ainda em repouso, percebemos que a medida de força peso indicada pelo dinamômetro é de aproximadamente 5 N (figura 11).



**Figura 11.** Vídeo 3 – Dinamômetro em repouso.

Na primeira queda, utilizamos um contrapeso de 0,5 kg, em quanto a massa total da caixa é de 1,4 kg e o dinamômetro marca uma força peso de aproximadamente 3 N (peso aparente) enquanto o elevador está caindo (figura 12).



**Figura 12.** Vídeo 3 – Dinamômetro em queda com contrapeso de 0,5 kg.

Em seguida, temos o vídeo do elevador em queda com um contrapeso de 0,2 kg. Percebemos que o dinamômetro marca um valor próximo de 2 N para o peso aparente da massa de 0,5 kg (figura 13).



**Figura 13.** Vídeo 3 - Dinamômetro em queda com contrapeso de 0,2 kg.

Por fim, o elevador é posto em queda sem contrapeso. Devido à resistência do ar, os atritos do cabo com as roldanas e o momento de inércia das roldanas não conseguimos produzir uma situação de queda livre. No entanto, quando não utilizamos o contrapeso, nos aproximamos bastante da queda livre e observamos então que o dinamômetro marca entre 0 N e 1 N (figura 14).



**Figura 14.** Vídeo 4 – Dinamômetro em queda sem contrapeso.



Após a primeira sequência de vídeos do dinamômetro, exibimos um vídeo que mostra dois ambientes de microgravidade. A estação espacial, através de um vídeo feito pelo astronauta Chris Hadfield (figura 15) e imagens captadas durante o voo de um avião conhecido como “avião zero G” que simula o ambiente de microgravidade através de voos parabólicos sub orbitais (figura 16).

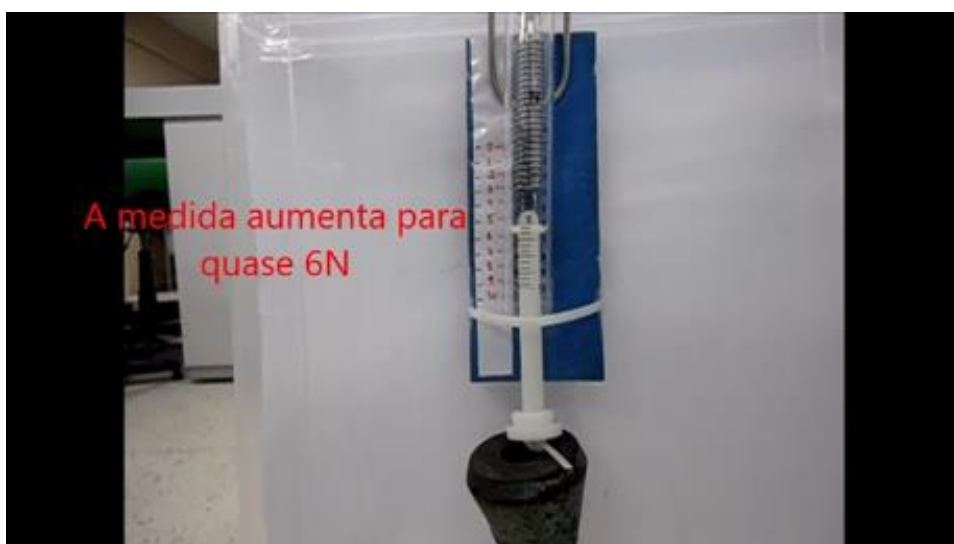


**Figura 15.** Vídeo 4 – Ambiente de microgravidade. Astronauta na estação espacial.  
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=KaOC9danxNo>



**Figura 16.** – Vídeo 4 – Ambiente de Microgravidade. Avião ZeroG.  
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1uOR7xUBhds>.

Os dois próximos vídeos da sequência também foram produzidos em laboratório. Correspondem a subida acelerada do elevador ainda com o mesmo dinamômetro e a mesma massa que utilizamos quando colocamos o elevador em queda. Como já vimos, em repouso o dinamômetro marca 5 N. Quando sobe acelerado percebemos que a medida do dinamômetro aumenta. Primeiro, com um contrapeso de 2 kg, a medida é de aproximadamente 6 N (figura 17). Depois, com um contrapeso de 3 kg, a medida se aproxima de 7 N (figura 18).



**Figura 17.** Vídeo 5 – Dinamômetro subindo com contrapeso de 2 kg.



**Figura 18.** Vídeo 5 – Dinamômetro subindo com contrapeso de 3 kg.

Junto com os vídeos do dinamômetro subindo acelerado, temos o vídeo de um lançamento de um ônibus espacial (figura 19). Ao final dos vídeos, é proposta uma analogia entre as duas situações.



**Figura 19.** Vídeo 5 – Decolagem do ônibus espacial.  
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Vfp1bzJIQUw>

O último vídeo exibido corresponde a outro experimento didático. Substituímos o dinamômetro por um pêndulo físico (figura 20). Quando colocamos a caixa em queda sem o contrapeso (quase queda livre) observamos um fato curioso. O pêndulo deixa de oscilar e passa a descrever um movimento circular (figuras 21, 22 e 23). Isso ocorre porque a caixa é abandonada no momento em que a massa do pêndulo está passando no ponto mais baixo da oscilação (ponto de maior velocidade). Como colocamos o pêndulo em uma situação de microgravidade, o peso aparente é quase zero e assim o pêndulo se comporta como se não existisse a força peso para restaurar a situação de equilíbrio.



**Figura 20.** Vídeo 6 – Pêndulo oscilando com o elevador em repouso.



**Figura 21.** Vídeo 6 – Pêndulo em repouso antes da queda livre.



**Figura 22.** Vídeo 6 – Pêndulo oscilando antes da queda.



**Figura 23.** Vídeo 6 – Pêndulo durante a queda livre.

Após a edição final dos vídeos, montamos um plano de aula (apêndice B) que serviu como um guia para aplicação do produto, estabelecendo a sequência de exibição dos vídeos e os momentos de discussão entre os alunos e uma discussão com toda a turma. No capítulo 5 relatamos a aplicação do produto descrevendo a metodologia utilizada e os resultados obtidos.

## **5 METODOLOGIA E RESULTADOS**

O produto foi aplicado em duas turmas do Ensino Médio Integrado do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Campus Caicó, ambas no turno matutino. A turma aqui intitulada de “Turma 1”, corresponde ao primeiro ano do curso técnico integrado de Eletrotécnica. Nessa turma, 38 alunos participaram da aplicação do produto. Já a turma que chamamos de “Turma 2” é a turma do primeiro ano do curso técnico integrado de Têxtil. Um total de 35 alunos participou da aplicação do produto na Turma 2. Temos então, um espaço amostral de 73 alunos. A aplicação do produto ocupou duas aulas seguidas de 45 minutos nas duas turmas. Escolhemos fazer assim para realizar uma avaliação com o mínimo de interferências externas sobre as respostas dos alunos, que poderiam ocorrer caso a aplicação fosse realizada em duas ou mais etapas em dias diferentes.

### **5.1 A aplicação do produto.**

Iniciamos esta seção descrevendo como procedemos durante a aplicação do produto. Para promover uma interação entre os alunos, solicitamos que fossem formados grupos de 4 a 6 componentes, para que no momento indicado pelo professor eles se reunissem e discutissem as questões propostas. Cada grupo deveria expor o seu entendimento e a troca de ideias entre eles deveria contribuir para a construção do conhecimento.

Para avaliarmos o produto elaboramos um questionário que foi aplicado em dois momentos. Antes da exibição dos vídeos e das discussões (pré-teste) e após a exibição do último vídeo e da última discussão (pós-teste). Esse questionário foi composto por 9 questões objetivas (múltipla escolha com alternativas de “a” a “d”) e uma questão discursiva (aberta). Em algumas questões objetivas estavam implícitas as concepções espontâneas que apareceram nos trabalhos sobre o tema microgravidade e outros temas correlacionados já citados na nossa revisão da literatura (capítulo 2). Outras questões objetivas avaliaram os conhecimentos prévios relacionados com o tema, como os conceitos de velocidade, massa, força peso e

força normal. Na questão discursiva indagamos o aluno a respeito da sua compreensão sobre a microgravidade. O questionário completo está no apêndice C.

Iniciamos a aplicação do produto solicitando aos alunos que respondessem o questionário descrito no parágrafo anterior. Em seguida iniciamos a exposição dos vídeos. Durante e após a exposição dos quatro primeiros vídeos, foram propostas as seguintes questões:

- ✓ Você já ouviu falar da estação espacial internacional?
- ✓ Como é possível manter uma estrutura imensa em órbita:
- ✓ Por que ela não cai?
- ✓ Porque ela não escapa e passa a vagar pelo espaço?
- ✓ Como se coloca um satélite em órbita?
- ✓ O que ocorre com o dinamômetro quando diminuimos o contrapeso e nos aproximamos da situação de queda livre?
- ✓ Se o dinamômetro marcar exatamente zero durante a queda significa que naquele instante a gravidade é zero?
- ✓ Por que os astronautas e os objetos dentro da estação espacial flutuam?
- ✓ O astronauta na estação espacial e as pessoas no avião zero G estão em gravidade zero?
- ✓ Microgravidade é o mesmo que gravidade zero?
- ✓ Podemos fazer uma analogia entre a experiência do dinamômetro em queda com a sensação de imponderabilidade (zero G)?

Nesse momento, foi solicitado que os alunos formassem os grupos e discutissem essas questões. Essa discussão durou cerca de 10 minutos e o professor agiu apenas como mediador, acompanhando os debates em todos os grupos. Em seguida, foi exibido o quinto vídeo – o dinamômetro subindo acelerado – e novamente foi proposta uma discussão norteada pela seguinte questão:

- ✓ Que analogia podemos fazer entre a experiência do dinamômetro subindo acelerado e a sensação dos astronautas durante uma decolagem?

Com essas duas discussões tínhamos a intenção que os alunos percebessem que o peso aparente era menor durante a queda do elevador e maior durante a subida. Além disso, esperávamos que as analogias com os vídeos de contextualização, dos astronautas na estação, do avião zero G e da decolagem do ônibus espacial contribuíssem para a acomodação do conhecimento sobre aquele tema. Essas questões não precisavam ser respondidas formalmente no papel. Elas apenas serviram de orientação para as discussões em grupo.

Após a exposição do último vídeo, que mostrava o pêndulo em queda, foi proposta uma discussão com toda a turma. Os grupos agora puderam expor quais as ideias que foram discutidas e o que eles haviam concluído ou questionado durante as discussões. Nesse momento, o professor atuou como um mediador da discussão, dando subsídios para esclarecer as dúvidas dos discentes. A seguir, listamos algumas das perguntas que os alunos fizeram nesse momento.

- ✓ Como a estação espacial foi colocada em órbita?
- ✓ Como a Lua ficou na órbita da Terra?
- ✓ Qual o valor da gravidade na estação espacial?
- ✓ Qual a distância entre a Lua e a Terra?
- ✓ Microgravidade significa uma gravidade muito pequena? Quase zero?
- ✓ O que é imponderabilidade?

## **5.2 Análise das questões e dos resultados**

Nesta seção vamos inicialmente fazer uma análise detalhada das questões objetivas propostas no questionário e posteriormente analisaremos as respostas considerando o pré-teste e o pós-teste, através de gráficos. Em seguida analisaremos as respostas dadas à questão discursiva.

Antes de iniciarmos a análise das questões é importante ressaltarmos que as respostas do questionário não utilizaram explicitamente os conceitos de referencial não-inercial e força fictícia, pois os alunos que participaram da pesquisa não tinham estudado os referenciais não-inerciais. Dentro do assunto trabalhado estavam as leis de Newton para o movimento e os discentes já sabiam que essas leis eram válidas em referencias em repouso e em movimento retilíneo uniforme, ou seja, referenciais



inerciais. Destacamos que algumas respostas do questionário seriam diferentes se levássemos em consideração o observador no referencial não-inercial.

Em uma análise prévia do questionário, expomos as concepções espontâneas implícitas nas questões objetivas e os conhecimentos prévios necessários para respondê-las.

**Texto da questão 01:**

*Você já sentiu um “frio na barriga” viajando de carro ou de avião? Essa situação ocorre quando o carro desce uma ladeira ou passa por um declive em alta velocidade. No caso do avião, isso ocorre quando a aeronave passa por uma região de “vácuo” (baixa pressão) ou até mesmo quando o piloto precisa levar a aeronave para uma altitude menor e realiza uma manobra rápida para baixo. Após ler o texto acima, marque a resposta correta sobre as forças que atuam sobre um corpo em tal situação.*

- a) A sensação de “frio na barriga” se deve a ação de uma força que o ar exerce sobre os corpos em movimento.*
- b) O “frio na barriga” é decorrente da ação da força da gravidade que atua com uma intensidade menor naquele instante.*
- c) No momento que alguém sente o “frio na barriga” a força da gravidade exercida pela Terra, deixa de atuar sobre o corpo da pessoa.*
- d) Naquele instante a força normal sobre o corpo da pessoa é menor que o seu peso medido em repouso em relação à Terra.*

O enunciado da questão 01 contextualiza o assunto tratado neste trabalho através de duas situações que, provavelmente, os alunos já passaram. Além da experiência já vivida, o aluno precisará do conhecimento prévio sobre as aplicações das Leis de Newton. A **alternativa “a” (incorreta)** expõe uma ideia associada à força exercida pela atmosfera sobre os corpos em movimento. O aluno que marcou essa alternativa, pode ter sido induzido pelo caso do avião, onde o ar exerce a força que o sustenta. Essa alternativa não traz nenhuma concepção implícita. Na **alternativa “b” (incorreta)**, está implícita a concepção de que a força gravitacional (força peso) é a responsável pela sensação de peso dos corpos. Ou seja, propõe de

forma equivocada que quando você se sente mais leve (“frio na barriga”) é porque o seu peso diminuiu, naquele instante. Tal concepção, muitas vezes é consequência do não conhecimento a respeito da força normal como aponta Valadares (1995). Na **alternativa “c” (incorreta)**, observa-se a concepção espontânea de que a força gravitacional só atua quando os corpos estão sobre uma superfície, dando a sensação e peso. Existe, nesta alternativa, a mesma ideia errônea da alternativa “a” A **alternativa “d” é a correta**. Considerando-se um referencial inercial fora do carro ou do avião. Esta visão é diferente da visão de um observado em um referencial não-inercial.

#### **Texto da questão 02:**

*Em relação aos conceitos de massa e peso, marque a alternativa correta*

- a) Representam a mesma grandeza.*
- b) A massa de uma pessoa na Lua é menor que o seu peso.*
- c) Em uma nave espacial a massa dos astronautas é menor do que na Terra.*
- d) O peso aparente de um astronauta medido na estação espacial, quando o mesmo está em repouso em relação a ela, é igual a zero.*

Na **alternativa “a” (incorreta)**, temos a concepção de que peso e massa são a mesma coisa. Essa ideia é corriqueira antes de o aluno estudar a segunda Lei de Newton e compreender o conceito de força peso. “No cotidiano os conceitos de massa e peso se confundem” (Educ-conc 2010).

A **alternativa “b” (incorreta)** também traz implícita em seu texto, a concepção que está presente na alternativa (a). Ela seria correta se “a massa” fosse substituída por “o peso”. Na **alternativa “c” (incorreta)**, também encontramos a mesma concepção espontânea presente em (a) e (b), dessa vez contextualizada com o ambiente de microgravidade da estação espacial.

A **alternativa “d” é a correta**. Como já foi mencionado, em microgravidade o peso aparente dos corpos é praticamente nulo.

#### **Texto da questão 03**

*Sobre a força gravitacional exercida pela Terra sobre outros corpos, marque a alternativa correta:*

- a) A força da gravidade que a Terra exerce sobre um determinado corpo só atua até o limite da nossa atmosfera.*
- b) A Lua não cai na Terra porque a gravidade terrestre não atua sobre ela.*
- c) A força da gravidade só atua em um corpo enquanto o mesmo está caindo.*
- d) A Lua está em queda livre sob ação da gravidade terrestre.*

A **alternativa “a” (incorreta)** explora a concepção espontânea que existe um limite para atuação da força gravitacional que coincide com a atmosfera da Terra (TEODORO 2000). Na **alternativa “b” (incorreta)**, é explorada a ideia de que só existe força gravitacional atuando em corpos próximos da superfície da Terra. Mais uma vez relacionada com a concepção citada na análise da alternativa “a”.

Na **alternativa “c” (incorreta)**, esta é a concepção de que um movimento só se mantém enquanto houver uma força atuando no mesmo sentido da velocidade (CLEMENT 2009). Como a força da gravidade aponta sempre “para baixo”, existe a ideia equivocada de que ela só atua enquanto os corpos estão em queda.

A **alternativa “d”** é a **correta**. Mais uma vez, considerando um referencial inercial, podemos afirmar que a lua está em queda livre assim como todos os corpos em órbita.

#### **Texto da questão 4:**

*A respeito do termo “Força g”, marque a alternativa correta*

- a) A “Força g” é a própria força da gravidade atuando sobre os corpos na superfície da Terra.*
- b) O termo “Força g” é empregado em situações onde se deseja comparar o efeito da inércia de um corpo com a Força Gravitacional.*
- c) Um corpo só experimenta a “Força g” se estiver se movendo verticalmente.*

d) *Um corpo em queda com velocidade constante experimenta uma “Força g” Igual a 10g*

A **questão 04** aborda um termo muitas vezes utilizado para situações quando se quer dizer que alguém está sujeito a uma força maior que o seu próprio peso. Porém, geralmente não se discute o termo “força g” dentro do contexto das leis de Newton e quem ouve esse termo empregado em algumas situações pode não ter o entendimento correto.

Na **alternativa “a” (incorreta)**, temos uma afirmação que pode induzir o aluno a marca-la, pois, a própria expressão deixa entendido que se trata de uma força.

A **alternativa “b” é a correta**. Em uma situação envolvendo uma freada brusca como em um carro de corrida seria correto afirmar que, por inércia, o corpo mantém a mesma velocidade que tinha no instante da freada (GOMES, 2010).

A **alternativa “c” é incorreta**. O aluno pode ser levado a marcar essa alternativa se tiver a concepção que a força G é a própria força gravitacional, ou seja, atua só em direção ao centro da Terra.

A **alternativa “d” está incorreta**. Esta alternativa seria marcada se o aluno associasse a força G diretamente a aceleração de um corpo em queda livre ( $g = 10\text{m/s}^2$ ).

#### **Texto da questão 05**

*Um corpo em queda livre está:*

- a) *Submetido a uma aceleração igual à aceleração da gravidade local.*
- b) *Caindo com velocidade constante.*
- c) *Livre da ação de forças.*
- d) *Acelerado a  $9,8\text{ m/s}^2$  em qualquer lugar do espaço.*

A **alternativa (a) é a correta**. A **alternativa “b” está incorreta**. A palavra caindo pode induzir o aluno a marcar essa alternativa, já que estamos falando em queda.

A **alternativa “c” (incorreta)**, também traz uma palavra que pode induzir o aluno a escolher essa resposta. Como a questão fala em queda livre, o discente pode associar a um corpo livre de forças. Na **alternativa “d” (incorreta)**, está a ideia de que a gravidade da Terra é constante e que se estende por todo universo.

Analisando a questão 05 como um todo, não temos concepções espontâneas implícitas nas alternativas. No entanto, avaliamos aqui os conhecimentos prévios a respeito da queda livre.

### **Texto da questão 06**

*Quando você vê a imagem de um astronauta “flutuando” a bordo da estação espacial internacional, deduz que:*

- a) Não existe gravidade naquele local.*
- b) Existe gravidade e a nave está em queda livre.*
- c) A estação espacial está em repouso em relação a Terra e muito longe deste planeta.*
- d) A estação e o astronauta estão livres da ação de forças.*

A questão 06 trata exatamente de uma situação que abordamos nos vídeos. Na **alternativa “a” (incorreta)**, observa-se a concepção de que não existe gravidade atuando em uma nave em órbita da Terra. A sensação de imponderabilidade (ausência de peso) é que leva o aluno a pensar dessa forma. Ressaltamos mais uma vez que em um referencial não inercial a resposta seria diferente.

A **alternativa “b”** é a **correta**, desde que estejamos observando a partir de um referencial inercial. A **alternativa “c” (incorreta)** traz a mesma concepção que está presente na alternativa (a). Porém, coloca a estação em um local muito longe da Terra, onde, supostamente, não existe gravidade e por isso a mesma ficaria em repouso.

A **alternativa “d” (incorreta)** também traz a concepção que não existe força gravitacional sobre a estação e estende a ideia para outras forças. Ou seja, a

sensação de imponderabilidade, corresponderia a uma situação onde não existem forças atuando no sistema.

### **Texto da questão 07**

*Qual das alternativas a seguir explica corretamente como um corpo descreve uma órbita em relação à Terra?*

- a) Um corpo em órbita tem velocidade vetorial constante.*
- b) Um corpo em órbita não está sob a ação da força gravitacional da Terra.*
- c) Um corpo em órbita está em queda livre.*
- d) Um corpo em órbita não está acelerado em relação à Terra.*

A **alternativa “a”** está **incorreta**. O aluno precisaria ter conhecimento sobre que é uma órbita e também conhecimento sobre o caráter vetorial da velocidade para concluir que esta alternativa não estava correta.

A **alternativa “b”** também está **incorreta**. Ela traz novamente a concepção que não existe força gravitacional atuando em corpos distantes da superfície da Terra.

A **alternativa “c”** é a **correta**. Todos os corpos em órbita descrevem um movimento de queda livre sob a ação da gravidade do corpo central. No caso dessa questão, sob a força gravitacional da Terra.

A **alternativa “d”** é **incorreta**. Para chegar a esta conclusão o aluno deveria conhecer as características do movimento circular uniforme e relacioná-las com a ideia de um corpo em órbita.

### **Texto da questão 08**

*Para colocar um satélite em órbita é necessário:*

- a) Retirá-lo do raio de ação da força gravitacional da Terra.*
- b) Retirá-lo da nossa atmosfera.*
- c) Colocá-lo em queda livre e com uma velocidade apropriada.*
- d) Colocá-lo no ponto médio da distância entre a Terra e a Lua.*

Nesta questão seria necessário para o aluno, ter conhecimentos sobre um corpo em órbita. As **alternativas “a” e “b”** estão **incorretas**. Nelas, está presente a concepção, já citada anteriormente, que a força gravitacional tem um limite de atuação e que esse limite coincide com o limite da atmosfera terrestre.

A **alternativa “c”** é a **correta**. Como já foi dito, todos os corpos em órbita estão em um movimento de queda livre. No caso da Terra existem várias órbitas com alturas diferentes (medidas em relação à superfície da Terra) e para cada altura existe uma velocidade apropriada. A **alternativa “d” (incorreta)**, propõe uma ideia de que um satélite seria mantido em órbita através do equilíbrio entre as forças gravitacionais exercidas pela Terra e pela Lua.

### **Texto da questão 09**

*Se um astronauta abandonar um objeto (uma chave de fenda por exemplo) bem próximo à superfície da Lua, este objeto...*

- a) Ficará flutuando em repouso, em relação à Lua, no mesmo ponto onde foi largado.*
- b) Cairá na superfície da Lua.*
- c) Se afastará da Lua num movimento aleatório.*
- d) Se afastará da Lua se movendo em direção à Terra.*

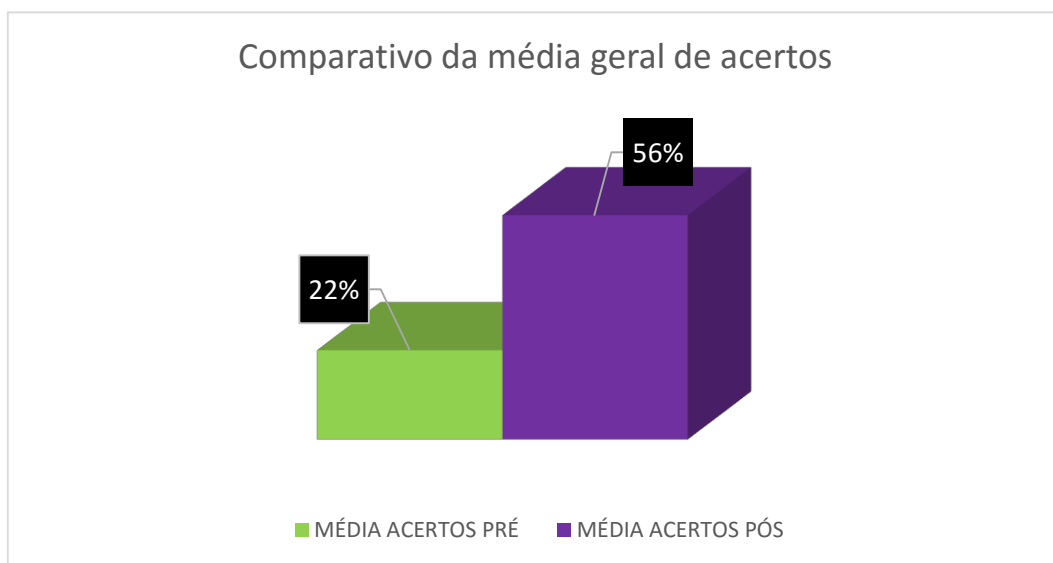
A questão 09 foi elaborada para sondar qual o conhecimento dos alunos acerca da força da gravidade na Lua. A **alternativa correta** é a letra **“b”**. Apesar de ser bem menor que a gravidade terrestre<sup>8</sup>, na Lua existe gravidade. As demais alternativas estão totalmente equivocadas e não abordam concepções de forma específica. Seria necessário que o aluno soubesse que a gravidade na lua é 1/6 da gravidade da Terra, ou pelo menos que o aluno já tivesse assistido vídeos do homem na Lua e partir desse conhecimento prévio conseguisse responder à questão.

Agora vamos analisar as respostas dos alunos às questões através de alguns gráficos. Inicialmente, vamos expor um gráfico que mostra a análise global da

---

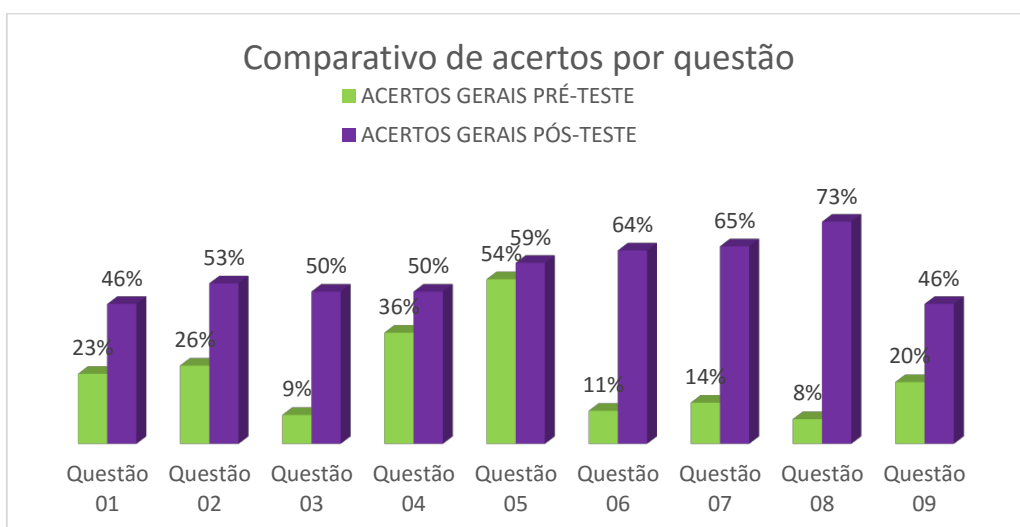
<sup>8</sup> A gravidade da Lua corresponde 1/6 da gravidade da Terra.

aplicação do produto, considerando apenas as nove questões objetivas do questionário, nas duas turmas já citadas. Percebemos no gráfico 1, que houve uma melhora considerável no número de acertos das questões no pós-teste em relação ao pré-teste. Para entendermos como ocorreu essa melhora nas respostas, vamos analisar alguns gráficos mais detalhados.



**Gráfico 1.** Comparativo da média geral de acertos.

O gráfico 2 mostra o comparativo do pré-teste com o pós-teste para cada questão objetiva.



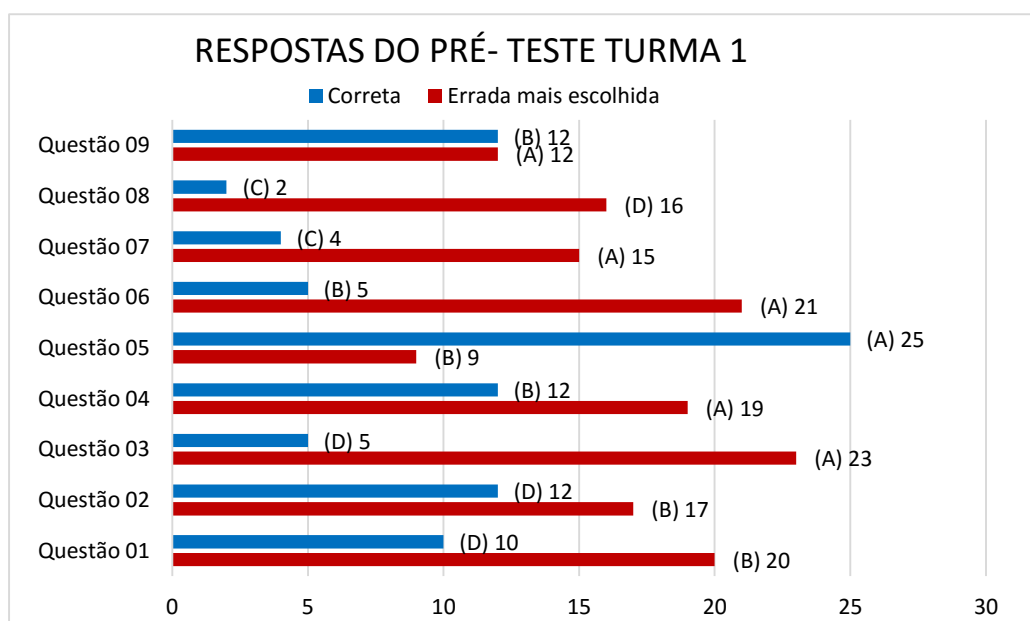
**Gráfico 2.** Comparativo de acertos por questão.



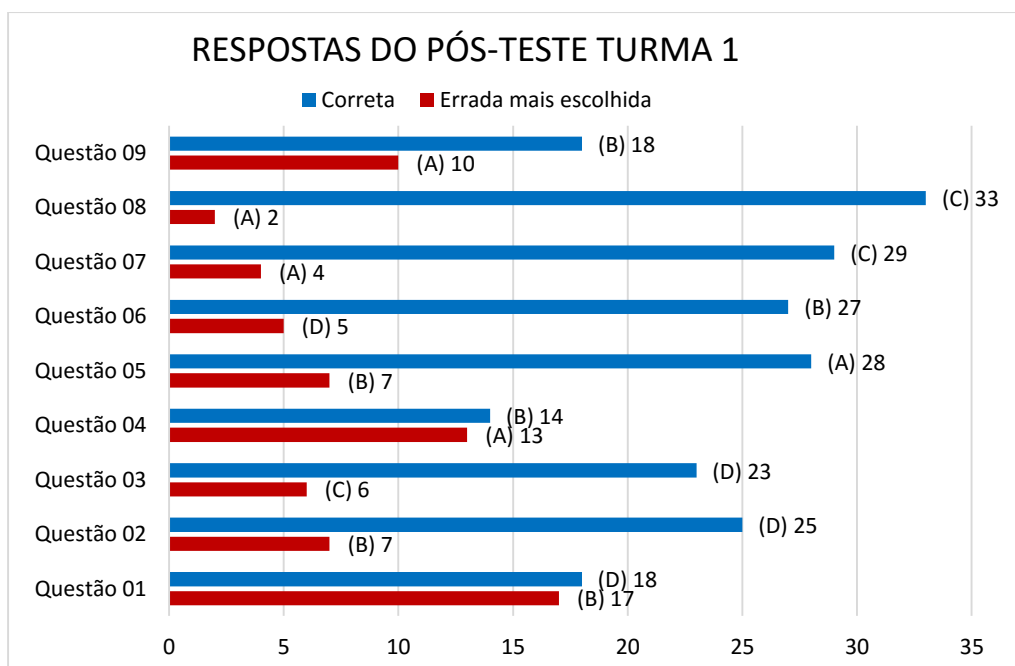
No gráfico 2 percebemos que as questões com as maiores discrepâncias entre o pré-teste e o pós-teste foram as questões 03, 06, 07, e 08. Nas demais questões também identificamos resultados bastante interessantes. Todos esses detalhes serão discutidos nos próximos parágrafos, apontando as possíveis causas desses números.

Antes dessa análise, vamos observar os gráficos que mostram o número de acertos e a questão errada mais escolhida em cada turma. Ao analisarmos esses gráficos, poderemos identificar quais as concepções espontâneas mais fortes presentes nas respostas dadas pelos alunos no pré-teste.

Os gráficos 3 e 4 mostram as respostas da turma 1 no pré-teste e no pós-teste, considerando somente a quantidade de alunos que responderam corretamente e a quantidade correspondente à resposta errada mais escolhida.



**Gráfico 3.** Respostas do Pré-Teste na Turma 1. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida.



**Gráfico 4.** Respostas do Pós-Teste na Turma 1. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida.

No pré-teste da turma 1, notamos uma quantidade relevante de respostas erradas em todas as questões. No pós-teste, essa quantidade diminuiu consideravelmente.

Na questão 01, a diminuição da resposta errada mais escolhida foi bastante sutil. Apesar disso, houve uma melhora na quantidade de respostas corretas. Esta questão foi a única que apresentou uma contextualização, propondo uma situação mais corriqueira para os alunos. Percebemos que seriam necessárias mais aulas para que ao longo da exposição do assunto com mais detalhes fosse possível explorar tais situações.

A questão 02 apresentou uma quantidade razoável de acertos, já no pré-teste. Apesar disso, consideramos que as discussões a respeito do tema contribuíram para uma melhor compreensão dos conceitos de massa e peso.

Na questão 03 a concepção espontânea de que a força gravitacional só atua até o limite da atmosfera terrestre (alternativa “a”) era forte no pré-teste. O pós-teste mostra que esse pensamento passou a ser pouco frequente, pois não aparece nem como a opção errada mais escolhida.

A análise das respostas da questão 04 sugere que não existia uma compreensão correta do termo “força g” no pré-teste. Para a maioria dos alunos esse termo se referia à própria força gravitacional. No pós-teste percebemos que quase não houve diminuição dessa concepção. Provavelmente, os vídeos não exploraram o termo de uma forma explícita, o que contribuiu para que fosse pouco discutido.

A peculiaridade da questão 05 está no alto quantitativo de acertos já no pré-teste. Esse resultado mostra que a maioria dos alunos já tinha uma compreensão mínima do que é a queda livre. Porém, as respostas dadas para outras questões, também no pré-teste, revelam que não existia, na estrutura cognitiva deles, uma relação entre a queda livre e a microgravidade.

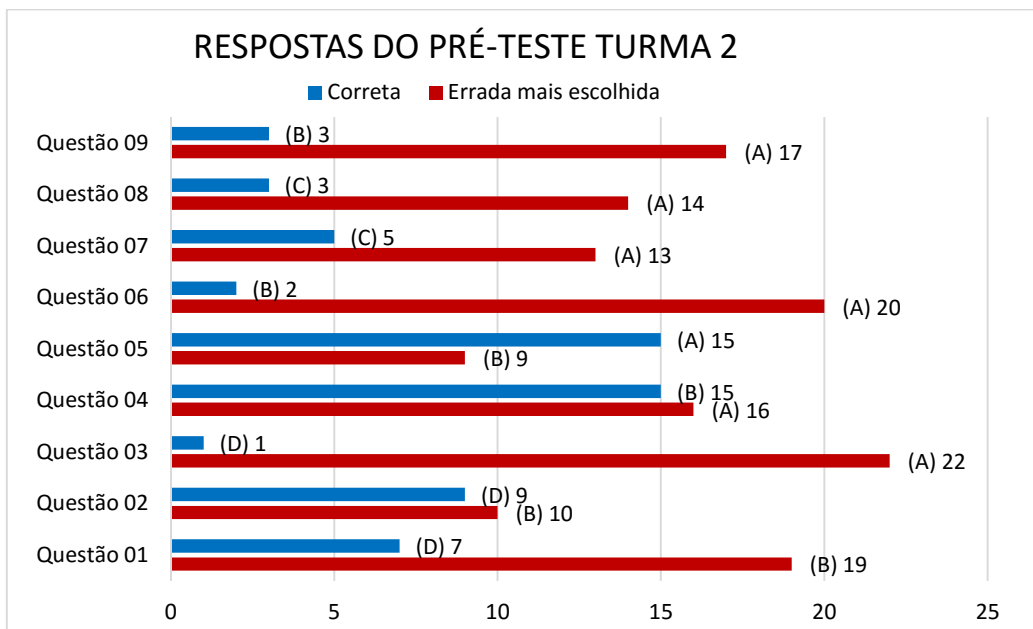
Na questão 06 a “errada mais escolhida” no pré-teste foi a alternativa “a”. Nela, identificamos concepção espontânea de que a força da gravidade terrestre não atua na estação espacial. No pós-teste, assim como na questão 03, esta concepção se mostra enfraquecida pois não aparece nem como a errada mais escolhida.

O destaque para as questões 07 e 08 se devem principalmente ao excelente número de respostas corretas no pós-teste em relação ao pré-teste. As duas questões abordam o conceito de órbita. Reconhecemos que este conceito foi trabalhado de forma intensa durante a exposição dos vídeos. Provavelmente, esse foi o motivo do aumento relevante na quantidade de respostas corretas.

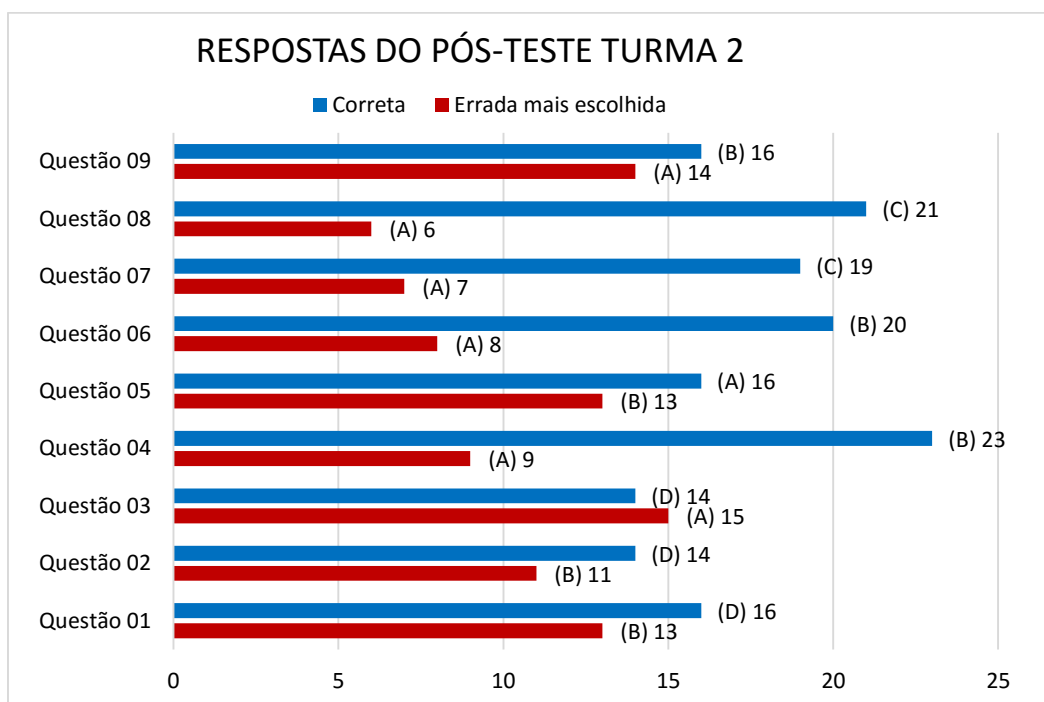
Na questão 09, observamos um certo “equilíbrio” entre o pré-teste e o pós-teste. Esta era a única questão que tratava da gravidade lunar, porém durante as discussões em sala, os alunos discutiram muito pouco esse tema.

De uma forma geral, destacamos as questões 03, 06, 07 e 08 onde observamos uma diminuição brusca na quantidade da resposta errada mais escolhida e um aumento significativo na escolha da questão correta. Esses dados sugerem que havia uma presença de algumas de concepções espontâneas no pré-teste e que os vídeos contribuíram para a correta construção dos conceitos científicos.

Agora, vamos analisar a Turma 2. O gráfico 5 mostra o perfil das respostas no pré-teste. O gráfico 6 exibe o resultado do pós-teste da turma 2.



**Gráfico 5.** Respostas do Pré-Teste na Turma 2. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida.



**Gráfico 6.** Respostas do Pós-Teste na Turma 2. Comparativo entre a correta e a errada mais escolhida.

Nesta turma, temos uma análise um pouco diferente daquela que fizemos para turma 1. A questão 01 apresentou uma diminuição na quantidade da resposta errada mais escolhida, mas ainda assim, esse número foi relativamente alto, evidenciando o que afirmamos na análise da primeira turma. Seria, realmente, necessário um tempo maior para explorarmos o assunto com contextualizações.

Na questão 02, observamos que praticamente não houve evolução na quantidade de respostas corretas. Além disso, o número de respostas referente a errada mais escolhida (alternativa “b”) aumentou em uma unidade. Esse dado revela que, para aquela quantidade de alunos, a confusão entre massa e peso persistiu mesmo após os vídeos e as discussões em sala. Ressaltamos que durante a aplicação do produto não foi discutida a diferença entre massa e peso.

O destaque da questão 03 está no aumento significativo das respostas corretas. Porém, precisamos ressaltar que o número referente a errada mais escolhida permaneceu relativamente alto, mesmo no pós-teste. Esse número revela mais uma vez a presença da concepção de que a força da gravidade atua até o limite da atmosfera terrestre.

As respostas da questão 04 nesta turma apresentaram um perfil diferente da turma anterior. Apesar de um número considerável na errada mais escolhida no pós-teste. O destaque está no aumento considerável de respostas corretas, revelando que dessa vez o termo “força G” foi mais abordado durante as discussões.

O quantitativo de respostas da questão 05 apresentou um perfil semelhante ao que observamos na primeira turma. Já no pré-teste o número de respostas corretas foi relevante. Esse número permaneceu praticamente o mesmo. Porém houve um aumento no número de respostas referente a errada mais escolhida. Os alunos que marcaram essa resposta não utilizaram os conhecimentos acerca da gravidade previamente estudados.

As questões 06, 07 e 08 apresentaram um ótimo resultado, assim como aconteceu na turma 1. A evolução na quantidade de acertos e a flagrante diminuição na quantidade de errada mais escolhida, revelam que estas questões foram as mais discutidas durante a aplicação do produto. Em resumo, estas questões foram as que

mais contribuíram para o surgimento do conflito cognitivo e deram indícios de uma construção cognitiva correta acerca do tema microgravidade.

A questão nove apresentou números diferentes daqueles observados na turma 1. Percebemos que houve uma evolução significativa no número de acertos, apesar de uma persistência da quantidade de respostas na errada mais escolhida. Além das nove questões objetivas propomos uma questão discursiva com a seguinte pergunta:

*“Qual a sua compreensão a respeito do termo Microgravidade?”*

Analisamos as respostas nas duas turmas e a partir de uma expectativa de resposta traçamos o perfil geral do resultado desta questão. A partir dessa análise montamos a tabela 3 a seguir.

A expectativa de resposta era:

*“ Microgravidade é um termo utilizado para situações onde o peso aparente de um corpo é muito menor que o peso real devido à gravidade”*

Montamos uma tabela para com os padrões de resposta que mais apareceram no pré-teste e no pós-teste, considerando as duas turmas.

<b>Pré-teste</b>	
<b>Padrão de resposta</b>	<b>Quantidade</b>
Não sei	34
Gravidade muito pequena, quase desprezível / associada ao prefixo micro	31

**Tabela 3.** Respostas da questão 10 no pré-teste.

<b>Pós-teste</b>	
<b>Padrão de resposta</b>	<b>Quantidade</b>
Quando o peso aparente é menor que o real / situação experimentada na queda livre	32
Sensação de ausência de peso quando o corpo está em órbita	18
Não entendi/ Não sei	9

**Tabela 4.** Respostas da questão 10 no pós-teste.

Observamos nas respostas do pré-teste que quase 50% dos alunos não tinham ideia do que é a microgravidade e em torno de 45% associaram o termo

microgravidade a uma gravidade muito pequena, evidenciando uma ideia de senso comum.

Já no pós-teste, em torno de 75% dos alunos deram respostas que continham elementos que também estão presentes na expectativa de resposta. Ou seja, respostas bem mais próximas do ideal, evidenciando que houve uma evolução no sentido da acomodação do conceito de microgravidade na estrutura cognitiva da maioria dos alunos. Percebemos também que o padrão de resposta que aparece em segundo lugar no número de alunos, remete ao fato dos alunos terem associado a microgravidade ao que chamamos de Imponderabilidade.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisarmos aplicação do produto e os resultados obtidos através dos questionários, chegamos à conclusão que o produto educacional proposto nessa dissertação contribuiu de forma significativa para o processo de ensino e aprendizagem na Física. Apesar de tratar de um assunto bastante específico e muitas vezes pouco trabalhado em sala de aula, este produto educacional proporcionou momentos de empolgação dos discentes com a Física. Além disso, ao tratar de um tema relacionado às Ciências Espaciais, acreditamos que estamos estimulando estudantes talentosos a seguir carreira nessa área ou em áreas afins.

Olhando de uma forma mais técnica, listamos alguns pontos importantes que merecem ser destacados para que em uma oportunidade futura o produto possa ser utilizado da melhor forma possível ou até mesmo aperfeiçoado.

- ✓ O produto confirmou a presença das concepções espontâneas já detectadas em pesquisas anteriores e citadas na revisão da literatura;
- ✓ A estratégia do uso de vídeos se mostrou eficiente no que diz respeito a contribuição para um maior envolvimento dos alunos na aula;
- ✓ Houve uma melhora considerável no entendimento de grande parte dos alunos sobre o tema;
- ✓ O produto pode ser utilizado em uma quantidade maior de aulas, haja vista e grande quantidade de questionamento por parte dos alunos;
- ✓ O aparato experimental pode ser melhorado e outros experimentos podem ser filmados, abordando temas transversais ao assunto discutido neste trabalho;
- ✓ Acreditamos que o nosso produto educacional abriu as portas para o desenvolvimento cognitivo de grande parte dos alunos. Tal fato ficou claro no aumento significativo do interesse de muitos alunos sobre o Tema.



O produto confirmou a presença das concepções espontâneas já detectadas em pesquisas anteriores e citadas na revisão da literatura. Acreditamos que ao mesmo tempo que diagnosticamos tais concepções, conseguimos provocar o conflito cognitivo e contribuimos no sentido de apontar os caminhos para a diminuição das ideias de senso comum, presentes na estrutura cognitiva dos alunos. Os resultados mostraram que houve um avanço no que diz respeito à diminuição da concepção espontânea sobre a ausência de gravidade nos corpos em órbita como a estação espacial internacional.

Piaget (1977), *apud* Faria e Nuñez (2004), diz que os alunos podem ter comportamentos diferentes diante de um conflito cognitivo.

As respostas aos desequilíbrios ou perturbações podem ser: não-adaptativas, que acontecem quando o indivíduo não toma consciência do conflito existente, isto é, não leva a perturbação a um estágio de contradição e, assim sendo, não faz nada para modificar seus esquemas; e adaptativas, quando o indivíduo toma consciência do conflito e tenta resolvê-lo. PIAGET (1977) *apud* FARIA E NUÑEZ (2004).

Acreditamos então que o produto se mostrou eficiente no que diz respeito a provocação do conflito cognitivo nos alunos. Tal fato ficou claro no aumento significativo do interesse de muitos alunos sobre o tema. Necessitando inclusive que fossem dedicadas mais duas aulas em uma das turmas para que as dúvidas fossem sanadas.

A estratégia do uso de vídeos se mostrou eficiente no que diz respeito a contribuição para um maior envolvimento dos alunos na aula. Acreditamos que o uso dos vídeos associado ao material didático disponível, utilizados ao longo de uma maior quantidade de aulas, trará resultados ainda mais satisfatórios na questão da acomodação do conhecimento abordado dentro do contexto da gravitação universal.

É importante destacar, também, a possibilidade de utilizar o recurso da internet para a disponibilização dos vídeos, permitindo ao professor a prática do *e-learning*. O docente pode solicitar aos alunos que assistam os vídeos em casa, antes mesmo do assunto ser discutido em sala de aula.

Em relação ao aparato experimental, algumas adaptações na caixa (elevador) podem ser realizadas para que outros experimentos possam ser filmados abordando temas transversais ao assunto discutido neste trabalho.

Por fim, concluímos que o Ensino de Física necessita de inovações constantes para que possamos tornar o conhecimento científico cada vez mais prazeroso. É essencial que a prática pedagógica contribua para uma maior autonomia do aluno para que, além da aquisição do conhecimento previsto na grade curricular, esse aluno possa se desenvolver, num sentido mais amplo, adquirindo habilidades e competências para a solução de situações-problema do cotidiano.

## **Apêndice A. Unidade Didática: Entendendo a Microgravidade.**

### **A.1 O ambiente de microgravidade.**

O termo microgravidade **não corresponde** a uma “gravidade micro”, ou seja, **não se refere** ao valor da força gravitacional multiplicada pelo fator  $10^{-6}$ . Só para ter uma ideia, tal redução na força gravitacional exercida pela Terra, só poderia ocorrer a uma distância de  $6,37 \times 10^6$  Km da Terra. Essa distância corresponde a quase 17 vezes a distância Terra-Lua.

Microgravidade é um termo utilizado em astronáutica para descrever uma situação onde o peso aparente dos corpos é muito menor que o peso real devido à gravidade. O peso aparente de um corpo pode ser menor ou maior que o peso real. Isso vai depender do sentido da aceleração do corpo. Portanto, o ponto chave para a compreensão correta de como se obtém microgravidade está na análise da aceleração do corpo. Sendo assim, vamos analisar alguns exemplos que podem ajudar nessa compreensão.

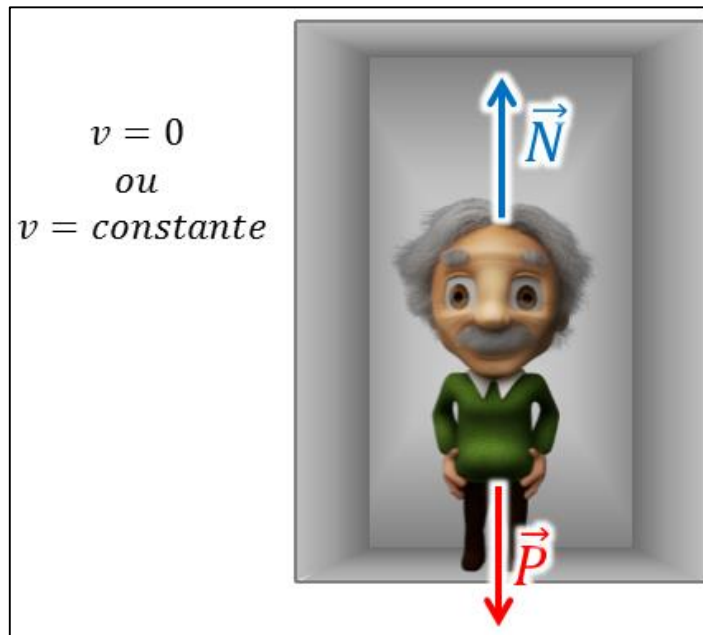
### **A.2 O elevador.**

Se uma pessoa quiser medir sua massa (“se pesar”) basta ficar de pé sobre uma balança. Se a balança estiver em repouso sobre a superfície da Terra ou em movimento com velocidade constante, a medida observada será consequência da medida da força normal exercida pela pessoa sobre o chão da balança. A força normal é força responsável pela sensação de peso que as pessoas têm na superfície da Terra.

Porém se alguém tentar medir sua massa com uma balança dentro de um elevador que se move, em uma trajetória vertical e com aceleração, ela observará uma medida diferente. É o chamado “peso aparente”. Essa medida vai depender das características do vetor aceleração. Vamos analisar os casos possíveis.

### 1º Caso: Elevador em repouso ou em movimento retilíneo uniforme.

Esta situação é de equilíbrio. O módulo da força normal  $\vec{N}$  é igual ao módulo da força peso  $\vec{P}$ , tanto para o elevador em repouso como em movimento com velocidade constante. A figura 24 ilustra esta situação com o diagrama de forças.



**Figura 24.** Diagrama de forças – Elevador em repouso ou M.R.U. Imagem do boneco do Einstein disponível em <http://cafundoestudio.com.br/trabalhos/fgv-personagens/>

De acordo com a segunda lei de Newton, como não há aceleração a força resultante é nula. Veja a seguir.

$$Fr = ma$$

Neste caso, temos:

$$\mathbf{a = 0} \quad \text{e} \quad Fr = N - P$$

Assim, vem:

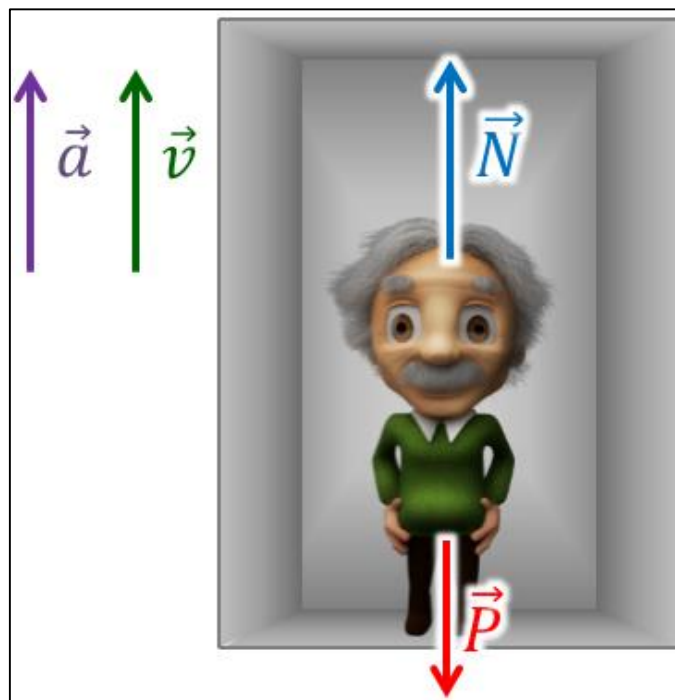
$$N - P = 0$$

$$\therefore N = P$$

Ou seja, uma pessoa nesta situação não percebe nenhuma diferença na sensação de peso.

**2º Caso: Elevador subindo acelerado (vetor aceleração tem sentido contrário à força peso).**

Agora, o sistema está acelerado e de acordo com a segunda lei de Newton, temos uma força resultante diferente de zero. A figura 25, ilustra a situação. Os vetores aceleração  $\vec{a}$  e velocidade  $\vec{v}$  tem o mesmo sentido. Perceba que o vetor que representa a força normal  $\vec{N}$  é maior que o vetor força peso  $\vec{P}$ .



**Figura 25.** Diagrama de Forças - Elevador subindo acelerado.

Recorrendo mais uma vez à segunda lei de Newton, temos:

$$N - P = ma$$

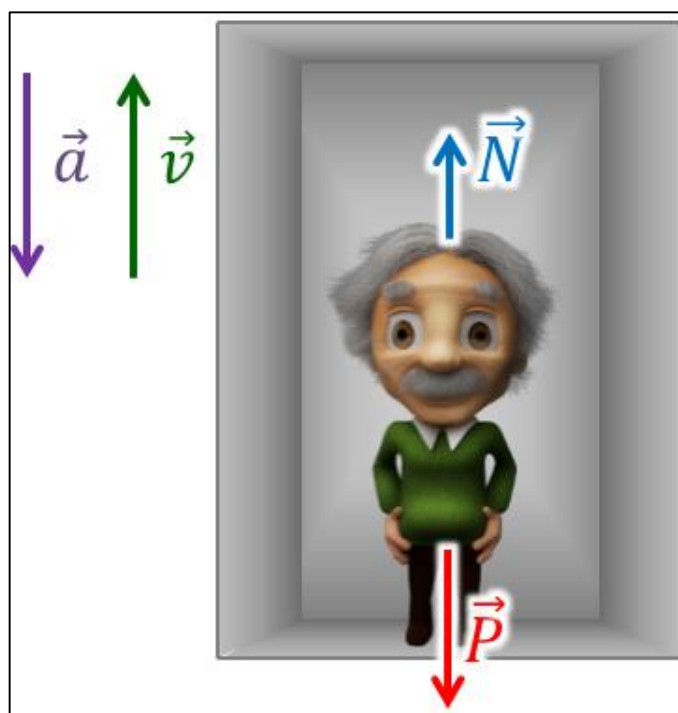
$$N - mg = ma$$

$$\therefore N = m(a + g)$$

Ou seja,  $|N| > |P|$ . Isso significa que, uma pessoa nessa situação tem uma sensação de estar mais pesada. Em outras palavras, o peso aparente do corpo é maior que o peso real, neste caso.

**3º Caso: Elevador subindo retardado (vetor aceleração tem o mesmo sentido da força peso).**

Agora, temos um sistema num movimento desacelerado. Os vetores aceleração  $\vec{a}$  e velocidade  $\vec{v}$  têm sentidos opostos como mostra a figura 26. Nesse caso, a força normal  $\vec{N}$  aparece menor que a força peso  $\vec{P}$ .



**Figura 26.** Diagrama de Forças - Elevador subindo retardado.

Novamente, recorremos a segunda lei de Newton:

$$P - N = ma$$

$$mg - N = ma$$

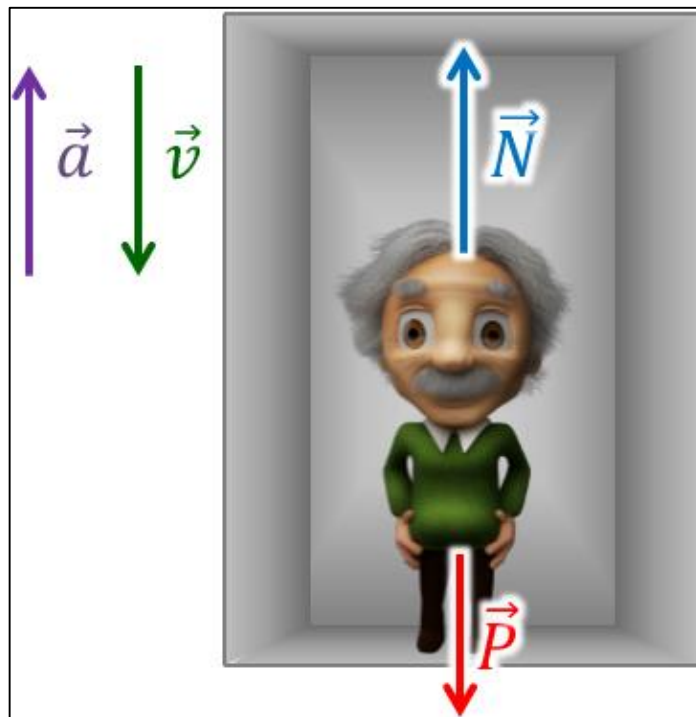
$$-N = ma - mg$$

$$N = m(g - a)$$

Temos então,  $|N| < |P|$ . Ou seja, quem experimentar esta situação terá a sensação de estar mais leve. Podemos afirmar neste caso, que o peso aparente do corpo é menor que o seu peso real.

**4º Caso: Elevador descendo retardado (vetor aceleração tem sentido contrário à força peso).**

Neste caso, temos mais uma vez, os vetores aceleração e velocidade com sentidos opostos, como mostra a figura 27. Porém, agora o elevador está descendo desacelerado. Na figura, percebemos que a força normal  $\vec{N}$  é maior que a força peso  $\vec{P}$ . Vamos entender o porquê.



**Figura 27.** Diagrama de Forças - Elevador descendo retardado.

Pela segunda lei de Newton, temos:

$$N - P = ma$$

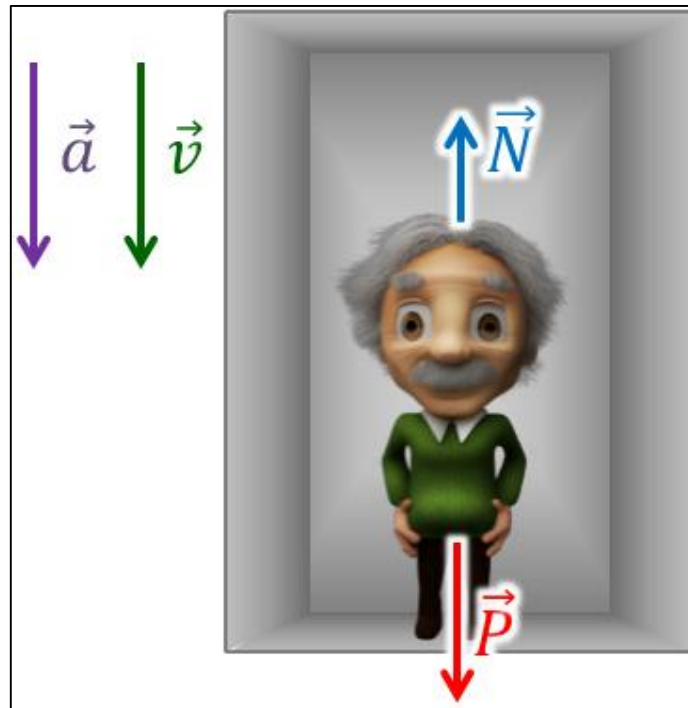
$$N - mg = ma$$

$$\therefore N = m(a + g)$$

Mais uma vez  $|N| > |P|$ . Ou seja, quem experimentar esta situação se sentirá mais pesado. O peso aparente é maior que o peso real.

**5º Caso: Elevador descendo acelerado (vetor aceleração tem o mesmo sentido da força peso).**

Dessa vez, temos os vetores velocidade  $\vec{v}$  e aceleração  $\vec{a}$  apontando para baixo. A figura 28 mostra também que a força normal  $\vec{N}$  é menor que a força peso  $\vec{P}$ .



**Figura 28. Diagrama de Forças - Elevador descendo acelerado.**

Mais uma vez recorrendo a segunda lei de Newton, temos:

$$P - N = ma$$

$$mg - N = ma$$

$$-N = ma - mg$$

$$N = m(g - a)$$

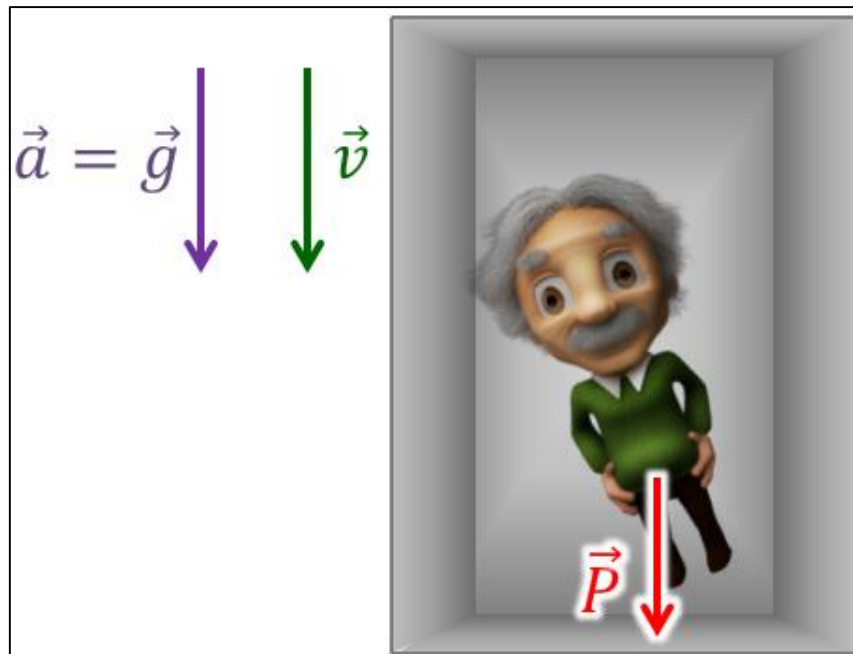
Observamos mais uma vez que  $|N| < |P|$ . Significa que uma pessoa nesta situação vai se sentir mais leve. O peso aparente, aqui, é menor que o peso real.



Agora, vamos pensar na seguinte situação: Se a aceleração durante a queda for a própria aceleração gravitacional? Isso é o que chamamos de queda livre. O próximo caso faz essa análise.

**6º Caso: Elevador em queda livre (vetor aceleração tem o mesmo sentido da força peso e módulo igual ao da gravidade).**

A queda livre de um corpo é caracterizada pelo fato do corpo estar sujeito apenas à ação da força gravitacional. Vamos mais uma vez analisar o caso utilizando a segunda lei de Newton.



**Figura 29.** Diagrama de Forças - Elevador em queda livre.

Temos então:

$$P - N = ma$$

mas, agora:  $|a| = |g|$ . Portanto:  $mg - N = mg$ .

Ou seja,

$$N = 0$$

Essa é a situação em que temos a microgravidade. Quem estiver nessas condições não sentirá seu peso. Damos o nome de imponderabilidade à esta sensação. O peso aparente do corpo é igual a zero.

Nas situações em que a aceleração tem sentido contrário ao da força peso, o peso aparente tem intensidade maior do que a força peso. Quando a aceleração tem o mesmo sentido da força peso, a intensidade do peso aparente é menor do que da força peso.

É importante destacar que o peso do objeto é o mesmo em todas as situações. A força que sofre variações na sua intensidade é a normal. Mesmo na situação de queda livre o peso do corpo permanece o mesmo. Concluimos então que, quando um objeto está em queda livre, o mesmo está em um ambiente de microgravidade. Se esse objeto for uma pessoa, esta sentirá a imponderabilidade, ou seja, uma sensação de ausência total de peso.

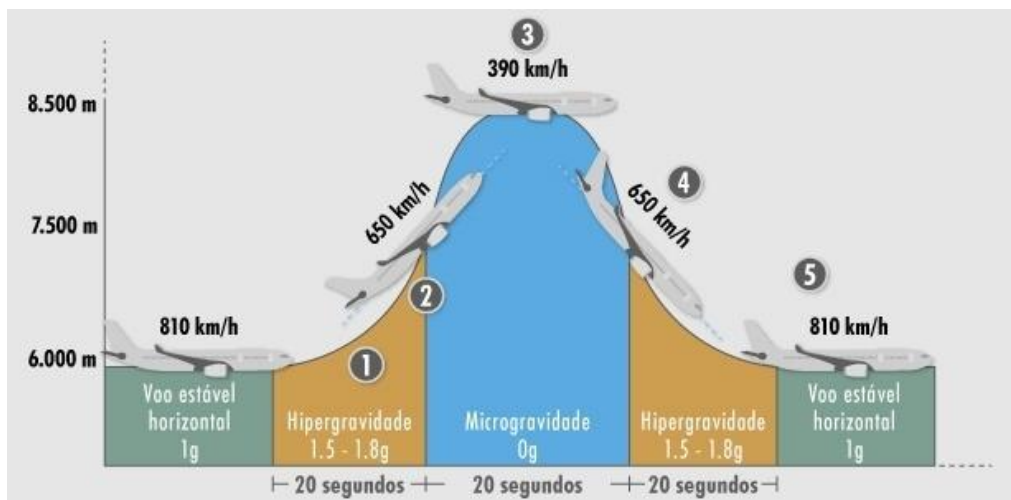
### **A.3 O avião zero G e os foguetes suborbitais.**

Analisaremos agora um outro exemplo onde se obtém o ambiente de microgravidade. Apesar do nome, o avião zero G não fica livre da ação da força gravitacional da Terra. Ele apenas experimenta a situação de queda livre. Porém, o nesse caso existem algumas peculiaridades que não foram abordadas no exemplo do elevador.

Estar em queda livre não significa que obrigatoriamente um corpo esteja se movendo com velocidade que aponta no sentido do centro da Terra. Em outras palavras, queda livre nem sempre significa cair. Como já dissemos anteriormente, para considerarmos que um corpo está em queda livre, é necessário que o mesmo esteja se movendo com uma aceleração idêntica à aceleração da gravidade. Isso significa que, mesmo que um corpo esteja em um movimento ascendente, ou seja, subindo, ele pode estar em queda livre. Para isso, basta que a resultante de forças sobre ele, o coloque acelerado a uma taxa igual ao valor da gravidade.

É exatamente isso que é feito com o avião zero G. A figura 30 ilustra bem, como é obtida a microgravidade nesse avião. Percebemos no gráfico que os 20

segundos de microgravidade correspondem a um trecho de trajetória parabólica. Ainda durante a subida o avião já é posto em queda livre. A partir do ponto 2 no gráfico, o avião está submetido a uma aceleração igual a gravidade e as pessoas dentro do avião já começam a experimentar a imponderabilidade. A sensação dura até o ponto 4, quando o avião já está no movimento descendente (trecho azul). Antes e depois desse trecho, os passageiros experimentam uma “hipergravidade”. Sensação que corresponde a se sentir mais pesado que o normal (trecho amarelo). Os trechos de cor verde, nos dois extremos do gráfico, correspondem, para os passageiros, a uma situação equivalente ao repouso na superfície da Terra.



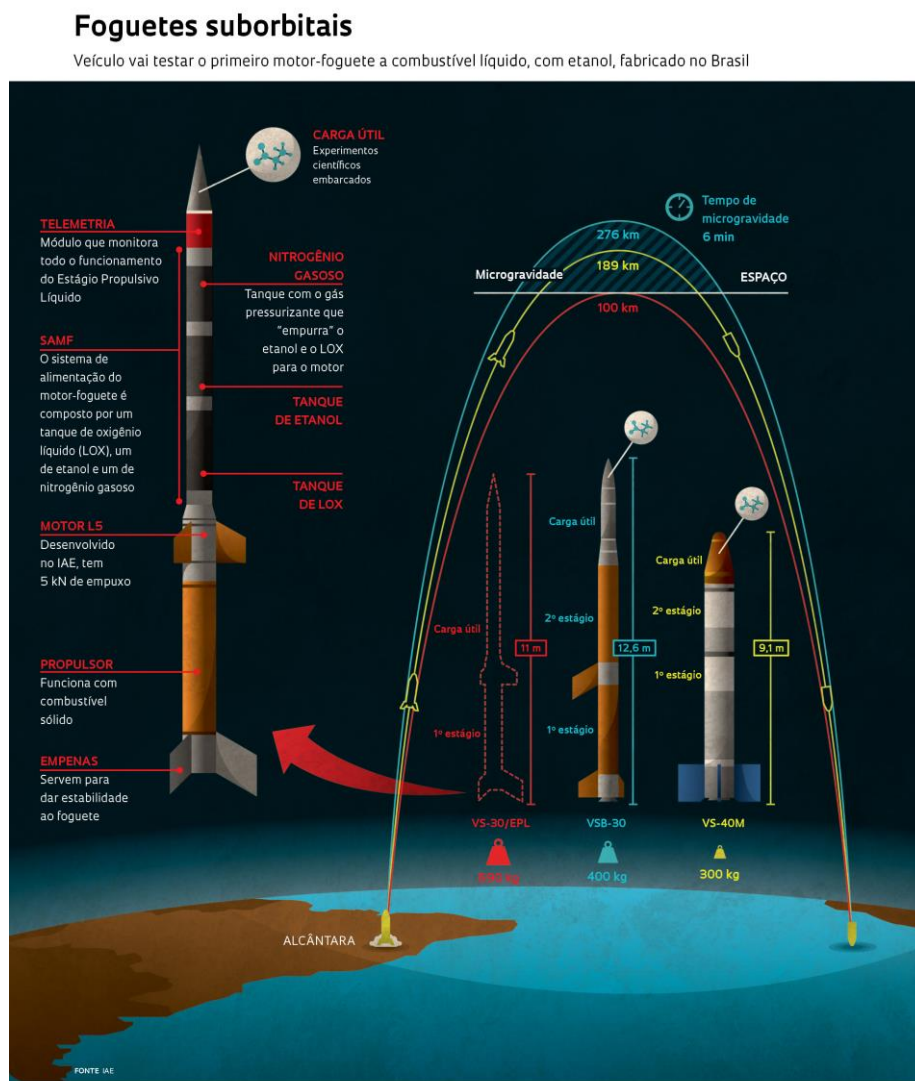
**Figura 30.** Gráfico da trajetória do voo zero G.

Disponível em: <http://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimas-noticias/redacao/2013/11/12/clique-ciencia-e-possivel-voar-sem-gravidade-sem-sair-da-terra.htm>

A trajetória parabólica descrita pelo avião zero G enquanto simula a microgravidade é semelhante ao lançamento oblíquo que estudamos em cinemática. Para estudarmos esse tipo de lançamento desprezamos toda a resistência do ar e consideramos que o objeto lançado está sujeito apenas à ação da gravidade. Ou seja, todo lançamento oblíquo é uma simulação de microgravidade. Isso é o que ocorre com os foguetes suborbitais<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> Um voo suborbital é aquele em que o foguete atinge o espaço, mas não entra em órbita. Ele descreve uma trajetória parabólica e retorna à superfície terrestre.

A figura 31, ilustra o foguete VSL-30/EPL<sup>10</sup> e o seu voo suborbital. A carga útil<sup>11</sup> do foguete experimenta um ambiente de microgravidade por até 6 minutos. Podemos observar que o trecho de microgravidade, em azul na figura, também é uma parábola.



**Figura 31.** Foguete suborbital VS-30/EPL. Voo parabólico simulando Microgravidade. Disponível em: [http://debatef.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=170:brasil-desenvolve-foguete-suborbital-movido-a-etanol-e-oxigenio-liquido&catid=39:noticias](http://debatef.com/index.php?option=com_content&view=article&id=170:brasil-desenvolve-foguete-suborbital-movido-a-etanol-e-oxigenio-liquido&catid=39:noticias)

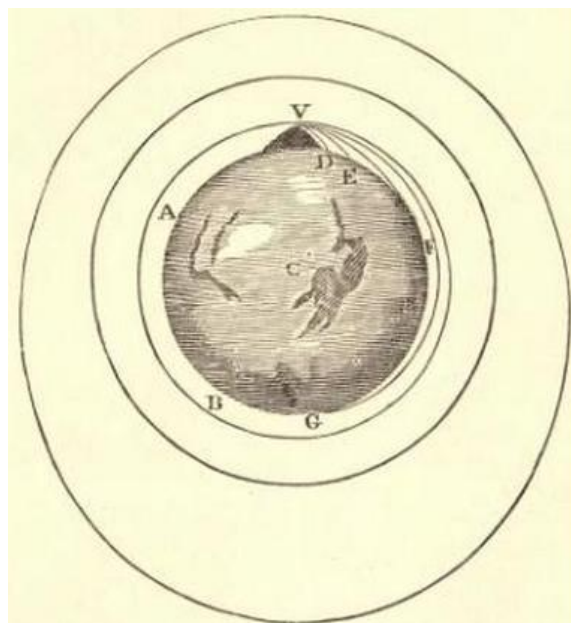
<sup>10</sup> Foguete desenvolvido pelo IAE – Instituto de Aeronáutica e Espaço, movido a etanol e oxigênio líquido. Mais informações em: <http://www.brasil.gov.br/defesa-e-seguranca/2014/09/brasil-lanca-primeiro-foguete-nacional-com-combustivel-liquido>.

<sup>11</sup> Corresponde ao que é embarcado na extremidade superior do foguete. Geralmente são colocados experimentos que precisam ser analisados em microgravidade. A carga útil de um foguete é recuperada após voltar para a superfície, em terra ou no mar.

#### A.4 Os satélites em órbita.

O último exemplo que vamos abordar é o caso da Estação Espacial Internacional (ISS). Ela é um dos milhares de satélites que orbitam a Terra. As funções desses satélites são várias. Temos, por exemplo, satélites de comunicação, de imageamento, satélites espiões e telescópios. Além de todos os satélites artificiais, colocados em órbita, por ação humana, temos ainda a Lua, o nosso único satélite natural. Porém não vamos nos dedicar a falar de todos eles. Tentaremos mostrar de um modo geral como um satélite é colocado em órbita e nos preocuparemos com a explicação do ambiente de microgravidade da ISS.

Para chegarmos a entender o que é uma órbita, falaremos de uma experiência de pensamento proposta por Isaac Newton. A experiência do canhão orbital de Newton, ilustrada na figura 32 propunha que, se um canhão fosse colocado no alto de uma montanha em um planeta hipotético sem gravidade, e dele fosse lançado um projétil, este cairia a uma distância proporcional à velocidade de lançamento. Aumentando cada vez mais a velocidade, esse projétil deixaria de interceptar a superfície do planeta e entraria em uma órbita descrevendo uma trajetória com a forma de uma circunferência.



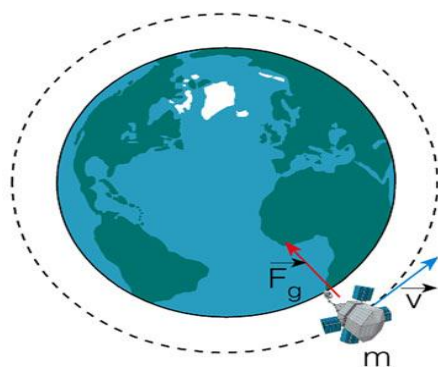
**Figura 32.** O canhão de Newton. Figura da obra “Principia” de Isaac Newton.  
Disponível em: <http://www.if.ufrgs.br/cref/?area=questions&id=895>.

Para um planeta com a massa e o raio da Terra, sem atmosfera, o projétil deveria atingir uma velocidade de 8 Km/s para descrever tal circunferência em órbita, segundo Newton.

Sabemos hoje que as órbitas dos satélites são bem diferentes da órbita proposta por Newton. Não entraremos nos detalhes da descrição das órbitas. Porém precisamos saber que essa ideia de Newton é peça fundamental da sua Teoria da Gravitação Universal e que hoje, utilizamos essa ideia para colocar satélites em órbita.

O experimento mental do canhão de Newton nos serve para entendermos que um corpo em órbita está num movimento de queda. Se pensarmos em um lançamento horizontal sem resistência do ar, perceberemos que o movimento descrito pelo projétil, na direção vertical é uma queda livre. Pois bem, o experimento de Newton sugere que o projétil lançado pelo canhão está em um movimento idêntico ao que estudamos como lançamento horizontal, na cinemática. O projétil estaria submetido apenas à gravidade local e a única diferença é que, devido a sua velocidade de lançamento, a sua trajetória não interceptaria a superfície do planeta.

Para colocarmos um satélite em órbita hoje, não utilizamos um canhão. Essa tarefa cabe aos foguetes. Os satélites são levados até uma certa distância da superfície da Terra correspondente a uma velocidade de órbita. Estando com essa velocidade específica e na altura correta, o satélite é então colocado em órbita e passará a estar num movimento de queda livre, como se fosse lançado horizontalmente em relação à superfície da Terra. A força gravitacional se encarrega de mantê-lo em órbita. Essa situação é ilustrada na figura 33.



**Figura 33.** Satélite em órbita. A força gravitacional atua como resultante centrípeta.

Disponível em [http://www.infopedia.pt/\\$forca-centripeta](http://www.infopedia.pt/$forca-centripeta)

Neste caso, a força da gravidade da Terra atua com resultante centrípeta sobre o satélite, variando a direção do vetor velocidade e mantendo o satélite em sua órbita. Podemos então deduzir que, um corpo em órbita está em queda livre e como já vimos nos tópicos anteriores, a queda livre corresponde a um ambiente de microgravidade. Logo, concluímos que a estação espacial internacional, que é um satélite, está em queda livre e assim entendemos por que os astronautas a bordo da nave estão sempre “flutuando”. É importante ressaltar que o valor da gravidade na altura da órbita da estação é de 8,7 N/kg. Ou seja, bem próximo do que temos na superfície da Terra (9,8 N/kg). Isso quer dizer que além de existir gravidade ela não é pequena como sugere o termo microgravidade.

Relembrando, o termo microgravidade é utilizado para expressar uma situação onde a medida de peso aparente de um objeto é muito pequena quando comparada com a medida do peso real.

## Apêndice B. Plano de Aula



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO GRANDE DO NORTE

Disciplina: **Física**

Professor: **Roney Roberto de Melo Sousa**

Plano de aula:

<b>Data:</b> 06/10/2015	<b>Horário:</b> 08h50min	<b>Duração:</b> 135 min (3 aulas)	<b>Local e sala:</b> IFRN –Caicó –Sala B 1
<b>Turma:</b> 1ª Série do Ensino Médio - Integrado		<b>Conteúdo:</b> Mecânica	
<b>Tema:</b> Microgravidade.			

### Objetivo Geral:

Diagnosticar as concepções espontâneas e provocar o conflito cognitivo à respeito do termo Microgravidade.



**Objetivos Específicos:**

- Esclarecer conceitos como imponderabilidade, órbita, peso aparente e força G.
- Explorar as leis da Física presentes na queda livre
- Fazer uma analogia entre os experimentos mostrados em vídeo, com o ambiente de Microgravidade

**Conhecimentos prévios:**

- Para esta aula, os alunos já devem ter concluído outros assuntos de Física básica referentes aos conceitos básicos da Mecânica como velocidade, aceleração, massa e força, além da introdução ao estudo da rotação (movimento circular uniforme).

**Metodologia:**

- Exposição dos vídeos produzidos e editados no produto com discussões em grupo intercaladas.
- Debate com toda a turma, mediado pelo professor, para esclarecer as dúvidas surgidas durante a exposição dos vídeos e nas discussões em grupo

**Material e equipamentos necessários:**

- Projetor multimídia, microcomputador, quadro branco e pincel.

**Avaliação da aprendizagem:**

- Questionário composto por 9 questões objetivas e uma questão discursiva. As questões foram elaboradas a partir das concepções espontâneas citadas na revisão da literatura.

**Cronograma:**

<b>Momentos Pedagógicos</b>	<b>Atividades</b>	<b>Tempo de duração</b>
1º MOMENTO:	Aplicação do questionário (pré-teste)	<b>15 min.</b>
2º MOMENTO:	Vídeo 1: Introdução e Vídeo 2: Satélites em órbita	<b>6 min.</b>

3º MOMENTO:	Apresentação em Power Point do Experimento montado para a gravação dos vídeos. Vídeo 3 : Dinamômetro em queda e Vídeo 4: Ambiente de Microgravidade.	<b>14 min.</b>
4º MOMENTO:	Discussão/Debate em grupo.	<b>10 min.</b>
5º MOMENTO	Vídeo 5: Vídeo do dinamômetro subindo acelerado seguido de outra discussão em grupo.	<b>9 min.</b>
6º MOMENTO	Vídeo 6: Pêndulo em queda (controlada e “livre”).	<b>3 min.</b>
7º MOMENTO	Discussão/debate com toda a turma.	<b>10 min</b>
8º MOMENTO	Aplicação do questionário (pós teste)	<b>15 min</b>
<p><b>Bibliografia sugerida:</b></p> <p>GASPAR, Alberto. Compreendendo a Física: ensino médio. v.1 Mecânica. 1. ed./Alberto Gaspar. São Paulo. ed. Ática, 2010.</p> <p>Vídeos disponíveis em: <a href="https://www.youtube.com/channel/UCmcsORiro1sUckBoptVWJqg">https://www.youtube.com/channel/UCmcsORiro1sUckBoptVWJqg</a>.</p>		

## Apêndice C. Questionário



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
RIO GRANDE DO NORTE

MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA  
PÓLO 10 – IFRN – CAMPUS NATAL CENTRAL  
MESTRANDO: Roney Roberto de Melo Sousa  
Orientador: Calistrato Soares da Câmara Neto, Dsc

### QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS SOBRE MICROGRAVIDADE E IMPONDERABILIDADE

1. Você já sentiu um “frio na barriga” viajando de carro ou de avião? Essa situação ocorre quando o carro desce uma ladeira ou passa por um declive em alta velocidade. No caso do avião, isso ocorre quando a aeronave passa por uma região de “vácuo” (baixa pressão) ou até mesmo quando o piloto precisa levar a aeronave para uma altitude menor e realiza uma manobra rápida para baixo.

Após ler o texto acima, marque a resposta correta sobre as forças que atuam sobre um corpo em tal situação.

- a) A sensação de “frio na barriga” se deve a ação de uma força que o ar exerce sobre os corpos em movimento.
- b) O “frio na barriga” é decorrente da ação da força da gravidade que atua com uma intensidade menor naquele instante.
- c) No momento que alguém sente o “frio na barriga” a força da gravidade exercida pela Terra, deixa de atuar sobre o corpo da pessoa.
- d) Naquele instante a força normal sobre o corpo da pessoa é menor que o seu peso medido em repouso em relação à Terra.

2. Em relação aos conceitos de massa e peso, marque a alternativa correta

- a) Representam a mesma grandeza.
- b) A massa de uma pessoa na lua é menor que o seu peso.
- c) Em uma nave espacial a massa dos astronautas é menor do que na Terra.
- d) O peso aparente de um astronauta medido na estação espacial, quando o mesmo está em repouso em relação a ela, é igual a zero.

3. Sobre a força gravitacional exercida pela Terra sobre outros corpos, marque a alternativa correta:

- a) A força da gravidade que a Terra exerce sobre um determinado corpo só atua até o limite da nossa atmosfera.

- b) A Lua não cai na Terra porque a gravidade terrestre não atua sobre ela.
- c) A força da gravidade só atua em um corpo enquanto o mesmo está caindo.
- d) A Lua está em queda livre sob ação da gravidade terrestre.

4. A respeito do termo “Força g”, marque a alternativa correta.

- a) A “Força g” é a própria força da gravidade atuando sobre os corpos na superfície da Terra.
- b) O termo “Força g” é empregado em situações onde se deseja comparar o efeito da inércia de um corpo com a Força Gravitacional.
- c) Um corpo só experimenta a “Força g” se estiver se movendo verticalmente.
- d) Um corpo em queda com velocidade constante experimenta a uma “Força g” Igual 10g.

5. Um corpo em queda livre está:

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

6. Quando você vê a imagem de um astronauta “flutuando” a bordo da estação espacial internacional, deduz que:

- a) Não existe gravidade naquele local.
- b) Existe gravidade e a nave está em queda livre.
- c) A estação espacial está em repouso em relação a Terra e muito longe deste planeta.
- d) A estação e o astronauta estão livres da ação de forças.

7. Qual das alternativas a seguir explica corretamente como um corpo descreve uma órbita em relação à Terra?

- a) Um corpo em órbita tem velocidade vetorial constante.
- b) Um corpo em órbita não está sob a ação da força gravitacional da Terra.
- c) Um corpo em órbita está em queda livre.
- d) Um corpo em órbita não está acelerado em relação à Terra.

8. Para colocar um satélite em órbita é necessário:

- a) Retirá-lo do raio de ação da força gravitacional da Terra.
- b) Retirá-lo da nossa atmosfera.
- c) Colocá-lo em queda livre e com uma velocidade apropriada.
- d) Colocá-lo no ponto médio da distância entre a Terra e a Lua.

9. Se um astronauta abandonar um objeto (uma chave de fenda por exemplo) bem próximo à superfície da Lua, este objeto...

- a) Ficará flutuando em repouso, em relação à Lua, no mesmo ponto onde foi largado.
- b) Cairá na superfície da Lua.
- c) Se afastará da Lua num movimento aleatório.
- d) Se afastará da Lua se movendo em direção à Terra.

10. Qual a sua compreensão a respeito do termo “Microgravidade”?

## Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, M. P., Desenvolvimento de uma centrífuga humana movida a exercício para treinamento de pilotos e pesquisas aeroespaciais. Dissertação de Mestrado. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2012.

BALISCEI, M. P. Explicando a Microgravidade. Monografia. Universidade Estadual de Maringá, 2011.

BRUN J. L. and PACHECO A. F. The meaning of the term *microgravity*. Faculty of Sciences, University of Zaragoza, 50009 Zaragoza, Spain, 2005

CLEMENT, L., DUARTE, D.A., FISSMER, S. F. Concepções espontâneas em mecânica: Calouros de um curso de licenciatura em Física. SNEF. Vitória, ES. 2009

DIAS, Penha Maria Cardoso, SANTOS, Wilma Machado Soares e SOUZA, Mariana Thomé Marques. A Gravitação Universal (Um texto para o Ensino Médio). Rev. Bras. Ens. de Física. Vol. 26. N. 3. São Paulo, 2004.

DOMINGUES, M.J.C.S., VICENTINI, G. W., O uso do vídeo como instrumento didático e educativo em sala de aula. XIX ENANGRAD. Curitiba, PR 2008.

FARIA T. C., NUÑEZ. I. B. A aprendizagem na Perspectiva de Jean Piaget. Fundamentos do Ensino-Aprendizagem das Ciências Naturais e da Matemática: o novo ensino médio. 2004, p. 43 – 49.

FIOLHAIS, C., TRINDADE J.A. Física Para Todos – Concepções Erradas em Mecânica e Estratégias Computacionais. [http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read\\_c/RV/virtual\\_water/articles/art3/art3.html](http://nautilus.fis.uc.pt/softc/Read_c/RV/virtual_water/articles/art3/art3.html). Acesso em 26/11/2015.

GATTI, S. R. T. NARDI, R. SILVA, D. História da Ciência no Ensino de Física: Um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. Investigações em Ensino de Ciências – V.15 (1), pp. 7-59, 2010.

GOMES, L. C., FUSINATO, P. A., NEVES, M. C. D. Análise da relação entre força e movimento em uma revista de divulgação científica. *Ciência e Educação*, v. 16, n. 2, p 341-353, 2010.

GOMES, M. J. E-Learning: Reflexões em torno do conceito. <http://hdl.handle.net/1822/2896>. Universidade do Minho. (2005).

HENRIQUES, V. B., PRADO, C. P. C., VIEIRA, A.P. Editorial Convidado: Aprendizagem ativa. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 36, n. 4, 4001, 2014.

MEDEIROS, A. MEDEIROS, C. F. Einstein, a física dos brinquedos e o princípio da equivalência. *Cad. Bras. Ens. Fís.*, v. 22, n. 3: p. 299-315, 2005

MELO C. A. F. S. Concepções Alternativas em Astronomia de alunos do curso de licenciatura em Física. *Anais da 9ª Semana de Licenciatura – IF Goiás. Jataí – Goiás 2012.*

MORAN, J. M. Interferências dos meios de comunicação no nosso conhecimento. *Revista Brasileira de Comunicação*. São Paulo. v. 07. Pg. 36- 49.jul/dez 1995.

MOREIRA, M. A.,. Teorias de aprendizagem. - 2. ed. Ampl. – [Reimpr.]. – São Paulo. E.P.U., 2014.NARDI, R., GATTI, S. R. T. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, Vol. 6, N. 2 (2004).

PEDUZZI, L. O .Q., ZYLBERSZTAJN, A., MOREIRA, M. A, As concepções espontâneas, a resolução de problemas e as história da ciência numa sequência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relação força e movimento. V Reunião Latino Americana sobre Educação em Física, Porto Alegre (1992).

PIRES, M. A., VEIT, E.A. Tecnologias da Informação para ampliar e motivar o aprendizado de Física no Ensino Médio. *Revista Brasileira de ensino de Física*, v. 28, n. 2, p 241 – 248. 2006.

PUCCI,L.F.S.,<http://noticias.uol.com.br/ciencia/ultimasnoticias/redacao/2013/11/12/clique-ciencia-e-possivel-voar-sem-gravidade-sem-sair-da-terra.htm>. Acesso em 26/11/2015.

SABA, M. M.F. Microgravidade na Sala de Aula. Física na Escola. Volume 1, número 1, 2000.

TEODORO, S. R. A História da Ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional. Dissertação de Mestrado, UNESP, Bauru, 2000.

VALADARES, J. A. C. S., Concepções alternativas no ensino da Física à luz da Filosofia da Ciência. Dissertação de Doutorado em Ciências da Educação - especialidade: Didática da Física. Universidade Aberta, Lisboa, 1995.