

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DO RIO GRANDE DO NORTE
IFRN *CAMPUS* SANTA CRUZ
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

GILCLÉCIA BARBOSA DA SILVA

**UMA ANÁLISE SOBRE A OCORRÊNCIA DO TERMO MICROGRAVIDADE EM LIVROS
DIDÁTICOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO**

SANTA CRUZ - RN

2018

GILCLÉCIA BARBOSA DA SILVA

**UMA ANÁLISE SOBRE A OCORRÊNCIA DO TERMO MICROGRAVIDADE EM LIVROS
DIDÁTICOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO**

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Me. Roney Roberto de Melo Sousa

SANTA CRUZ - RN

2018

Divisão de Serviços Técnicos.
Catalogação da publicação na fonte.
IFRN/SC / Biblioteca Mons. Raimundo Gomes Barbosa

Silva, Gilclécia Barbosa da.

Uma análise sobre a ocorrência do termo microgravidade em livros didáticos do 1º ano do ensino médio / Gilclécia Barbosa da Silva. – Santa Cruz, 2018.

41 f.

Orientador (a): Prof. Me. Roney Roberto de Melo Souza

Monografia (Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte).

1. Física – Monografia. 2. Microgravidade – Monografia. 3. Processo de ensino-aprendizagem – Monografia. 4. Livro didático – Monografia. 5. Ensino médio - Monografia I. Souza, Roney Roberto de Melo. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnológica do Rio Grande do Norte. III. Título.

IFRN-SC/MRGB

CDU 53:37

GILCLÉCIA BARBOSA DA SILVA

UMA ANÁLISE SOBRE O TERMO MICROGRAVIDADE EM LIVROS DIDÁTICOS DO 1º ANO DO ENSINO MÉDIO

Monografia apresentada como Trabalho de Conclusão de Curso ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte *Campus* Santa Cruz, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Licenciado em Física.

Trabalho de Conclusão apresentado e aprovado em ___/___/___, pela seguinte Banca Examinadora:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Roney Roberto de Melo Souza – Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Dr. Francisco Tiago Leitão Muniz – 1ª Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Prof. Me. Jardel Lucena da Silva – 2º Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dedico este trabalho a minha família pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por estar sempre abençoando-me e dando ânimo para superar as dificuldades.

Aos meus pais por toda atenção, amor e apoio. Apesar de todas as dificuldades estiveram me dando suporte e incentivo que foram de fundamental importância.

Aos meus familiares. Minha irmã que me incentivou a buscar novos conhecimentos, que esteve presente me ajudando nos estudos. Meus dois irmãos pelo o apoio em todos os momentos que eu precisei.

Ao meu noivo por estar ao meu lado me incentivando a continuar firme e me dando total apoio na parte experimental.

Ao meu orientador por toda a paciência e compreensão durante todo o período em que esteve me orientando.

Agradeço a todos os professores do curso de Licenciatura em Física.

A todos os colegas de curso, obrigada pelos momentos alegres, os momentos em que precisei de ajuda e por todo o incentivo.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar livros didáticos da disciplina de Física do Programa Nacional do Livro Didático, normalmente adotados no 1º ano do Ensino Médio no tocante ao termo microgravidade. É comum que se encontre concepções espontâneas acerca desse tema, pois a explicação dada para o ambiente de microgravidade envolve conceitos que necessitam ser trabalhados com um cuidado que no senso comum geralmente não se tem. Como estratégia de pesquisa adotou-se neste trabalho a análise de livros didáticos por se entender que estes são importantes ferramentas do processo de ensino e aprendizagem e, além disso, complementam o conteúdo trabalhado em sala de aula. No decorrer do trabalho trataremos do conceito de microgravidade, das concepções espontâneas e de uma proposta de abordagem alternativa àquelas encontradas nos livros pesquisados. De acordo com as pesquisas sobre esse tema e a partir de uma análise prévia de alguns livros didáticos é possível afirmar que o assunto aqui tratado carece de mais textos que tenham como objetivo esclarecer e desmistificar a ideia de gravidade zero muitas vezes utilizada de uma forma equivocada. Espera-se que o trabalho aqui desenvolvido contribua com o ensino de Física apresentando-se como uma alternativa de pesquisa aos docentes e estudantes da área, fornecendo subsídios para a discussão em torno da temática das ciências espaciais.

Palavras-chaves: Microgravidade. Imponderabilidade. Livro Didático. Ensino Médio.

ABSTRACT

This work has the aim to analyze didactic books of the discipline of Physics of the National Program of the Didactic Book, normally adopted in the 1st year of the High School with regard to the term microgravity. It is common to find spontaneous conceptions about this subject because the explanation given to the microgravity environment involves concepts that need to be worked with a care which is not usually got. As a research strategy, it was adopted the analysis of textbooks because it is understood that they are important tools of the teaching and learning process and, in addition, they complement the content studied in the classroom. In this work, we will deal with the concept of microgravity, spontaneous conceptions and a proposal of an alternative approach to those found in the books researched. According to research on this topic and from a previous analysis of some textbooks, it is possible to say that this subject needs more information to clarify and demystify the idea of zero gravity which is often used in the wrong way. It is hoped that this work contributes to the teaching of Physics as a research alternative to teachers and students of the area, providing subsidies for the discussion around the space sciences.

Keywords: Microgravity. Imponderability. Textbook. High school.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Cadeira utilizada para monitorar o peso dos astronautas em condições de microgravidade.....	18
Figura 2 – Astronauta brasileiro, Marcos Pontes treinando em “condições de imponderabilidade”.	19
Figura 3 - Astronautas em missão na Estação Espacial Internacional.	20
Figura 4 – Passageiros experimentando a sensação de imponderabilidade.	21
Figura 5 – Astronautas na ISS.....	23
Figura 6 – Astronauta japonês Koichi Wakata na Estação Espacial Internacional, se divertindo com os efeitos da microgravidade.	25
Figura 7 – Astronauta fazendo atividade física na Estação Espacial Internacional.....	25
Figura 8 – Passageiros flutuando em interior de aeronave.	26
Figura 9 – Trajetória de um avião em voo parabólico.	27
Figura 10 – Astronauta Luca Parmitano na ISS (2013).....	27
Figura 11 – Pessoa dentro de um elevador em queda livre.	29
Figura 12 – Astronautas treinando dentro de um avião em queda livre.	30
Figura 13 – Satélite na órbita da Terra.	30
Figura 14 – Representação de um astronauta carregando satélite.	31
Figura 15 – Astronautas no interior de espaçonave em órbita.	32
Figura 16 – Satélite em órbita.....	34
Figura 17 - Astronauta Karen Nyberg flutuando durante missão na Estação Espacial Internacional.	34
Figura 18 – Grupo de astronautas durante missão na ISS.....	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Livros analisados.....	16
Tabela 2 - Diagnóstico resultante da pesquisa.....	37

LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

IFRN Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

ISS Estação Espacial Internacional

PNLD Programa Nacional do Livro Didático

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
3. A MICROGRAVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS	16
3.1. O TERMO MICROGRAVIDADE NOS LIVROS PESQUISADOS	17
3.2. RESULTADOS.....	36
3.3. PROPOSTA DE ABORDAGEM.....	38
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
REFERÊNCIAS	40

1. INTRODUÇÃO

Algumas vezes nos deparamos, no cotidiano, com situações em que vemos ou ouvimos falar acerca da microgravidade associada à gravidade zero, seja por meio da mídia, em filmes, textos sobre astronautas na estação espacial ou até mesmo em livros. É comum encontrarmos em reportagens a afirmação de que astronautas em missões espaciais ficam submetidos à gravidade zero. Porém, ao analisarmos situações desse tipo com linguagem científica é necessário que tomemos alguns cuidados, pois, concepções espontâneas ou alternativas sobre esse tema são bastante comuns.

O presente trabalho tem como objetivo analisar como vem sendo abordado nos livros didáticos da disciplina de Física do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), geralmente adotados no 1º ano do Ensino Médio o termo microgravidade e a explicação da imponderabilidade sentida em situações de microgravidade. No decorrer do trabalho iremos discorrer sobre o contexto da microgravidade, das concepções espontâneas e de uma proposta de abordagem alternativa àquelas encontradas nos livros pesquisados, levando em consideração as contribuições que tal proposta de abordagem levará aos alunos. A escolha desse tema se deu pela necessidade de compreender, através de uma análise cuidadosa, como o tema pode ser entendido a partir dos textos dos livros pesquisados.

Entende-se que os livros didáticos têm o potencial necessário para tentar construir, no sistema cognitivo do leitor (aluno de Ensino Médio), a ideia correta sobre esse termo, desmistificando a ideia de gravidade zero para algumas situações como a dos astronautas que foi citada anteriormente. Sendo assim, a análise dos livros didáticos adotados no PNLD atualmente foi a estratégia utilizada para tentar traçar um diagnóstico à respeito desse tema e espera-se que sirva de base para uma proposta de abordagem diferenciada.

O livro didático é um aliado no processo de ensino e aprendizagem e, além disso, complementa o conteúdo trabalhado em sala de aula e em alguns casos é o único material de fácil acesso para os alunos. As possíveis falhas presentes nos livros didáticos poderão ter como consequência uma aprendizagem equivocada. Dessa forma, analisá-lo é um fator indispensável. “Assim, um livro didático não pode conter informações incorretas, porque estas levariam seus usuários a operarem com significados inadequados para a vida que vivem” (Lajolo 1996, p. 6).

Para que se alcance resultados satisfatórios nessa pesquisa é necessário que se inicie discorrendo sobre o contexto da microgravidade. Essa análise fará um diagnóstico de como os livros citados tratam o tema. Em seguida, pretende-se apresentar como o tema vem sendo exposto nos livros. Após essa apresentação pretende-se apontar as possíveis lacunas na compreensão do termo, por parte dos estudantes esclarecendo algumas questões associadas ao termo microgravidade. E por fim, será sugerida uma proposta de abordagem que trate o assunto da forma mais próxima ao exposto no nosso referencial teórico.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo trataremos sobre a explicação do termo microgravidade a partir de uma pesquisa bibliográfica em artigos de revistas e trabalhos científicos que tratam especificamente do tema.

O tema geralmente é pouco abordado nas salas de aula no 1º ano do Ensino Médio e existem alguns fatores que contribuem para essa postura por parte dos professores. Ao analisar os livros pode-se constatar que, mesmo quando abordado, o espaço utilizado para a explicação do conteúdo é pequeno, em alguns casos dedica-se apenas um parágrafo, como é possível perceber em (YAMAMOTO; FUKU, 2016)

A imponderabilidade, aqui, é a aparente ausência de peso observada dentro de satélites artificiais quando vemos corpos flutuando. O fato de os corpos flutuarem não significa que a força gravitacional seja nula, de modo algum. O que acontece é que a força gravitacional está fazendo a função de força centrípeta do movimento curvilíneo de todos os corpos contidos no satélite. Os relatos dos astronautas sobre a imponderabilidade estão longe de se tratar de uma experiência prazerosa: a sensação é a de estar caindo ininterruptamente.

Em (GASPAR, 2016) não há explicação sobre o assunto. Assim sendo, percebe-se que, por vezes, “falta espaço” nos livros para uma explicação concisa e completa sobre o assunto.

Acreditamos que pelo fato dos livros não reforçarem tal conteúdo, como se aprofundam em outros, falta tempo para os professores se dedicarem ao assunto com mais ênfase. Nesse sentido quando o professor sente a necessidade de elucidar o termo microgravidade, ele precisa buscar outros materiais e métodos que o auxiliem em seu embasamento.

Por ser, geralmente, apresentado no 1º ano do Ensino Médio, sendo muitas vezes o primeiro ano de contato da maioria dos alunos com o estudo da Física e a compreensão acerca da microgravidade necessitar de alguns conhecimentos prévios por parte dos estudantes do Ensino Médio, a explicação e a assimilação desse termo acabam não sendo bem sucedidas.

É comum a presença de concepções espontâneas no sistema cognitivo dos estudantes do Ensino Médio. Ao iniciarem os estudos em física os alunos já possuem algumas concepções sobre alguns conceitos vivenciados no seu cotidiano. Quando o professor expõe alguns fenômenos e deixa outros assuntos que eram necessários para o entendimento anterior sem esclarecimentos, os alunos a partir das suas concepções

espontâneas chegam a sua própria “conclusão” de como ocorreria tal fenômeno. O grande problema é que na maioria das vezes as suas conclusões não estão corretas. Neste sentido, acabam concluindo o estudo do assunto sem obter a aprendizagem necessária.

O termo microgravidade não está relacionado, necessariamente a uma gravidade micro. O prefixo micro tem como símbolo a letra grega μ e vale 10^{-6} (0,000001). Se levarmos em consideração a microgravidade como sendo $\mu g = 10^{-6} g$ (com $g = 9,8 \text{ N/kg}$) teríamos um valor igual a 0,0000098, ou seja, aproximadamente igual a zero e isso seria inaceitável, pois “se entendermos microgravidade como uma redução na aceleração gravitacional ambiente por um fator de 10^6 , isso só seria viável a uma distância de $6,37 \times 10^6 \text{ km}$ da Terra (quase 17 vezes a distância Terra-Lua!).” (SABA, 2000).

As situações em que se constata a microgravidade são situações que não dependem da gravidade ser micro, pois

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. Uma pessoa sobre uma balança dentro de um elevador pode entender isto facilmente. O peso real será dado pela massa vezes a aceleração da gravidade, enquanto que a força que o chão exerce sobre a pessoa que é o que mede a balança será o seu peso aparente. Se o elevador subir, uma nova força entra em jogo devido à aceleração do elevador e o peso aparente aumenta. Se o cabo do elevador quebrar, descontando os efeitos da resistência do ar, a pessoa estará caindo livremente com a aceleração da gravidade e o seu peso aparente será zero. É uma situação também conhecida como de queda livre, e se apresenta sempre que a única força atuante sobre um corpo for a força da gravidade. Portanto, é nesta situação que os experimentos de microgravidade são realizados e não obviamente a $6,37 \times 10^6 \text{ km}$ da Terra. (SABA, 2000).

É muito comum, pessoas acharem que os astronautas na estação espacial estão em gravidade zero e as explicações para esse fato, passam por diversas concepções espontâneas como mostram os resultados denotados em uma pesquisa:

De modo geral, os licenciandos ainda têm dificuldade em relacionar eventos terrestres e celestes, explicando o movimento do astronauta e de sua nave como devido ao fato de não haver gravidade no espaço (resposta apresentada por três participantes classificados na categoria 2). Há ainda outros seis licenciandos (categoria 3) que fazem referência vaga à causa dos movimentos, citando a atração gravitacional, sem entretanto, apresentar uma noção conceitual sobre o tema. (GATTI, NARDI e SILVA, 2010. p. 42).

Nesse sentido, pode-se notar que tais concepções não acometem apenas alunos de nível médio, observa-se que alunos de nível superior ainda as possuem.

As concepções alternativas também conhecidas como concepções espontâneas são entendidas como os conhecimentos que os alunos detêm sobre os fenômenos naturais e que muitas vezes não estão de acordo com os conceitos

científicos, com as teorias e leis que servem para descrever o mundo em que vivem. (LEÃO e KALHIL, 2015).

Além disso, o fato de professores passarem por uma formação acadêmica e mesmo assim continuarem portando suas concepções espontâneas acarretará em problemas futuros.

O aluno quando chega à sala de aula traz “uma ciência alternativa” que deve ser modificada no decorrer da disciplina de ciências, mas se os professores não conhecem os erros conceituais, que aparecem nos livros de texto e eles mesmos possuem concepções alternativas, a mudança conceitual e científica não acontecerá. É importante trabalhar no sentido de que os alunos abandonem suas concepções alternativas à favor das concepções científicas. (LEÃO e KALHIL, 2015).

É importante também destacar a ocorrência de um outro termo que está diretamente associado ao ambiente de microgravidade: a imponderabilidade. De acordo com Souza (2015), a imponderabilidade pode ser compreendida como “a sensação de ausência de peso”.

Em sua pesquisa Toledo (2009) diz que:

Os tubos de queda livre são equipamentos que permitem a simulação de ambientes de microgravidade na Terra, que segundo o princípio da equivalência, postulado por Einstein, é um ambiente equivalente ao de um corpo em queda livre, ou seja, um estado onde se tem a sensação de que o corpo não tem peso (imponderabilidade). (TOLEDO, 2009, p. 43).

Nessa perspectiva, nas situações de imponderabilidade os objetos ou corpos tem a sensação de estarem “flutuando”, perdem a percepção do “para cima” e do “para baixo” e experimentam a sensação de ausência de peso.

3. A MICROGRAVIDADE NOS LIVROS DIDÁTICOS

Neste capítulo discorreremos acerca da análise dos nove livros didáticos do PNLD analisados pelos professores de física do IFRN Santa Cruz para o triênio de 2018 à 2020. Ressaltamos que de acordo com a relação das obras aprovadas no PNLD para o período citado, foram disponibilizadas doze coleções que poderiam ser analisadas para a escolha do livro a ser adotado, porém durante a nossa pesquisa tivemos acesso à apenas nove desses livros, o livro enumerado como 5 na tabela foi o livro adotado no IFRN Santa Cruz. Os livros que analisamos são parte das coleções para o Ensino Médio correspondendo ao volume um, geralmente utilizados na primeira série desse nível de ensino. É importante ressaltar ainda que todos os livros analisados são versões para o professor e que alguns trechos transcritos a seguir não estão disponíveis nas versões para os alunos. Esse fato implica diretamente no resultado da pesquisa, como ficará claro a seguir. Tais livros estão listados na tabela 1.

Tabela 1 - Livros analisados.

LIVROS DIDÁTICOS DO ENSINO MÉDIO
<p>1. Física - contexto e aplicações (Física - contexto e aplicações: volume 1 / Antônio Máximo Luz, Beatriz Alavarenga Álvares, Carla da Costa Guimarães. – 2. ed. - São Paulo: Scipione, 2016).</p>
<p>2. Compreendendo a Física Mecânica (Compreendendo a Física Mecânica: volume 1 / Alberto Gaspar. – 3. ed. - São Paulo: Ática, 2016).</p>
<p>3. Física para o Ensino Médio (Física para o Ensino Médio: volume 1 / Kazuhito Yamamoto, Luiz Felipe Fuke. – 3. ed. - São Paulo: Saraiva, 2016).</p>
<p>4. Ser Protagonista: física, 1º ano: ensino médio / Ana Fukui, Madson de Melo Molina, Venê – 3. Ed. – São Paulo: Edições SM, 2016. – (Coleção Ser Protagonista).</p>
<p>5. Física (Física: volume 1 / Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. – 2. ed. - São Paulo: Ática, 2016).</p>

6. **Física (Física: volume 1 / Ricardo Helou Doca, Guater José Biscuola, Newton Villas Bôas. – 3. ed. – São Paulo: Saraiva, 2016).**
7. **Física aula por aula: Mecânica (Física aula por aula: Mecânica: Benigno Barreto Filho, Claudio Xavier da Silva. – 3. ed. - São Paulo: FTD, 2016).**
8. **Física 1 Interação e Tecnologia (Física 1 Interação e Tecnologia: Aurelio Gonçalves Filho, Carlos Toscano. – 2. ed. – São Paulo: Leya, 2016).**
9. **Conexões com a Física (Conexões com a Física: Glorinha Martini, Walter Spinelli, Hugo Carneiro Reis, Blaidi Sant'anna. – 3. ed. - São Paulo: Moderna, 2016).**

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Foram utilizados alguns critérios para análise dos livros. Pesquisou-se a ocorrência do termo microgravidade nos capítulos sobre gravitação, nos tópicos sobre queda livre, nos capítulos e/ou tópicos sobre as aplicações das leis de Newton, em exercícios resolvidos e propostos, além da pesquisa em recortes que abordassem algum tema correlato com o objeto desta pesquisa. A partir desses critérios foram escolhidos os trechos descritos a seguir. Cada um dos trechos escolhidos está sucedido por uma análise, que tem como referência a explicação considerada a mais adequada sobre o que é a microgravidade, já descrita no capítulo anterior. Para facilitar a identificação das obras analisadas, nos parágrafos a seguir nos referimos aos livros pela numeração adotada na tabela 1.

3.1. O TERMO MICROGRAVIDADE NOS LIVROS PESQUISADOS

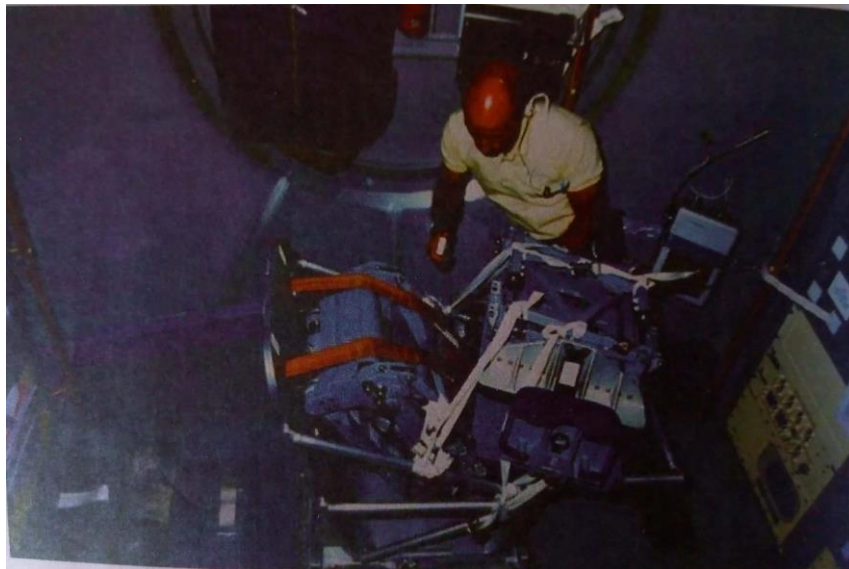
O livro didático 1, objeto desta análise, não traz em seu contexto um tópico constituído para a explicação do termo em estudo, mas menciona o termo na descrição de uma figura em seu capítulo 5, que se refere à segunda lei de Newton. Verificamos no item

designado ao estudo da massa e do peso a presença de um trecho relacionado ao contexto em análise, nele os autores dizem que:

O processo da balança só pode ser usado em locais onde os objetos têm peso. Em uma região do espaço onde um objeto estivesse isolado, afastado da influência de qualquer corpo celeste, isto é, em uma região em que fosse constatada ausência de gravidade, não seria possível medir a massa do objeto por meio de uma balança, pois ele não teria peso. Entretanto, a massa do objeto poderia ser medida por meio da relação $m = F/a$, válida em qualquer situação. (LUZ; ÀLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 120).

Em seguida aparece a figura, aqui tratada como figura 1, junto com a descrição transcrita abaixo.

Figura 1 – Cadeira utilizada para monitorar o peso dos astronautas em condições de microgravidade.



Fonte: (LUZ; ÀLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 120).

O peso dos astronautas dentro da Estação Espacial Internacional, em condições de **microgravidade**, é monitorado periodicamente com um dispositivo conhecido como Body Mass Measuring Device (BMMD), que nada mais é que uma cadeira montada com molas. A cadeira oscila com o astronauta sentado nela; a partir do período de oscilação (que estudaremos mais adiante) e das leis de Newton, obtém-se uma relação matemática que relaciona a massa com outras grandezas experimentais conhecidas. (LUZ; ÀLVARES; GUIMARÃES, 2016, p. 120).

Como vemos, este trecho pode induzir o leitor a achar que a Estação Espacial Internacional está em uma região com ausência de gravidade, visto que antes da figura o texto trata do funcionamento de uma balança, afirmando que esta não funciona em uma região onde não há gravidade e, na descrição da figura afirma que na estação o peso dos astronautas é medido por um equipamento que não é exatamente uma balança.

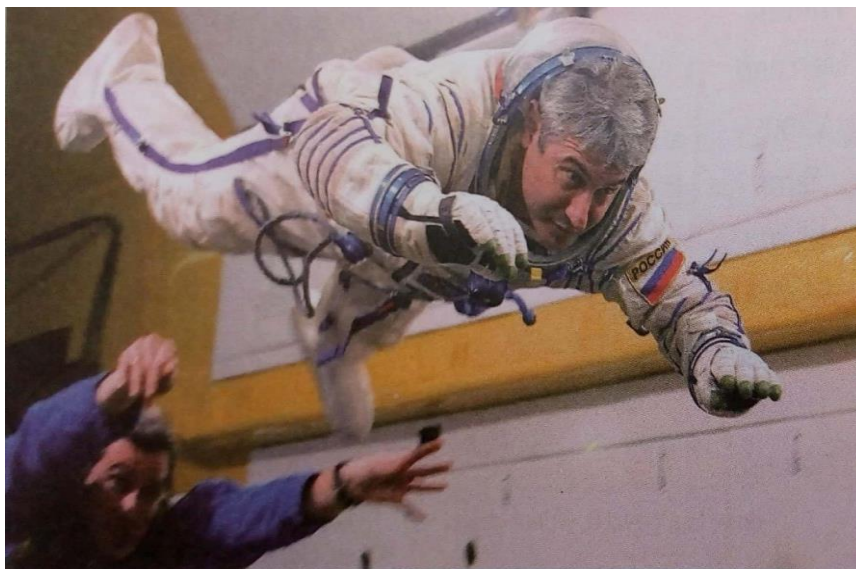
Acreditamos que neste ponto do livro o autor poderia chamar a atenção do leitor, informando que, a estação espacial não está livre da influência da gravidade terrestre. Poderia ainda, mencionar que uma explicação mais adequada sobre como a estação permanece em órbita e o que ocorre com os astronautas estaria em algum capítulo mais adiante – no caso, após o tratamento da força gravitacional.

Com base nos critérios estabelecidos para a pesquisa, o livro 2 não traz em seu contexto uma explicação para o termo em estudo.

O livro 3 traz em seu capítulo 17, sobre gravitação, um tópico sobre a imponderabilidade no interior de satélites:

A imponderabilidade, aqui, é a aparente ausência de peso observada dentro de satélites artificiais quando vemos corpos flutuando. O fato de os corpos flutuarem não significa que a força gravitacional seja nula, de modo algum. O que acontece é que a força gravitacional está fazendo a função de força centrípeta do movimento curvilíneo de todos os corpos contidos no satélite. Os relatos dos astronautas sobre a imponderabilidade estão longe de se tratar de uma experiência prazerosa: a sensação é a de estar caindo ininterruptamente. (YAMAMOTO; FUKU, 2013, p. 272).

Figura 2 – Astronauta brasileiro, Marcos Pontes treinando em “condições de imponderabilidade”.



Fonte: (YAMAMOTO; FUKU, 2013, p. 272).

No trecho descrito acima, percebe-se que a explicação sobre o que ocorre na Estação Espacial Internacional foi bem mais concisa, apesar de não ser usado o termo

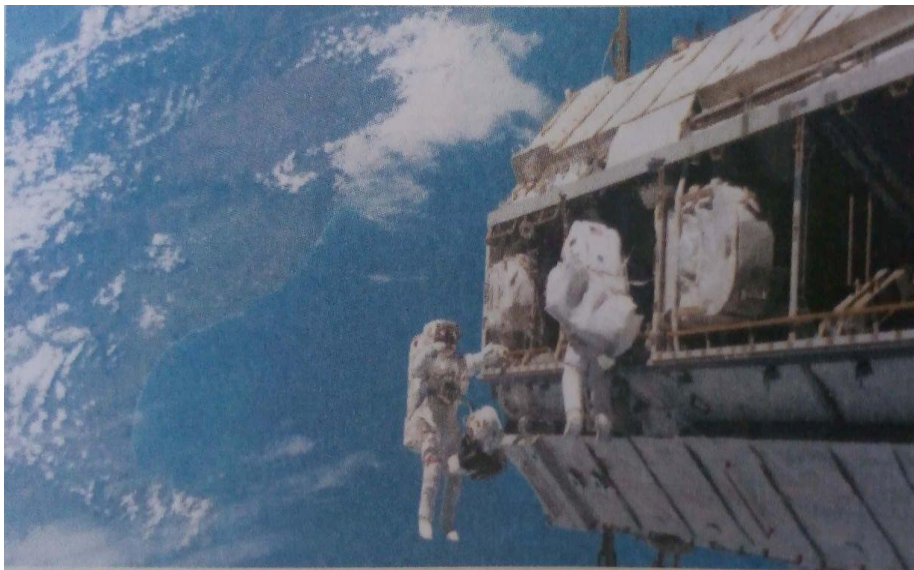
microgravidade. É importante ressaltar que a imponderabilidade é a sensação de ausência de peso sentida pelos astronautas quando estão em um ambiente de microgravidade. Outra informação que poderia estar explícita é que a sensação de estar caindo ininterruptamente não é por acaso. A Estação está realmente em queda o tempo todo.

No livro 4, em seu capítulo 9 que se refere à Gravitação, o assunto foi abordado a partir de exercícios, sendo inicialmente um exercício resolvido e posteriormente um exercício proposto, descritos a seguir.

Exercício resolvido:

Com o desenvolvimento da exploração do espaço próximo à Terra, as chamadas atividades extraveiculares tornaram-se bastantes comuns, como mostra a fotografia a seguir. As reportagens sobre tais atividades costumam reforçar a ideia de que os astronautas nessas situações flutuam livremente, pois, como estão no espaço, não há gravidade. Essa afirmação é correta? Justifique. (FUKUI; MOLINA; VENÊ, 2016, p. 204).

Figura 3 - Astronautas em missão na Estação Espacial Internacional.



Fonte: (FUKUI; MOLINA; VENÊ, 2016, p. 204).

A resolução elaborada pelo livro, diz que:

A afirmação é incorreta, já que a cena mostra o astronauta em órbita da Terra. Nessa situação, a Terra mantém a espaçonave e o astronauta presos a ela por meio da força gravitacional, que atua como uma força centrípeta, associada à trajetória curvilínea executada pelo conjunto. Se não houvesse gravidade (e mais nenhuma outra força), os corpos dotados de velocidade, por inércia, deveriam seguir viajando em linha reta. (FUKUI; MOLINA; VENÊ, 2016, p. 204).

A resposta proposta pelo livro nesse exercício explica que o astronauta não está “livre” da gravidade. Porém não explica porque ele está “flutuando”. Nessa resposta seria perfeitamente possível abordar o conceito de microgravidade para facilitar a explicação da sensação de ausência de peso sentida pelo astronauta.

No mesmo livro há ainda um exercício proposto

A fotografia ao lado mostra professores experimentando a sensação de gravidade zero em um avião que sobe a grande altitude e mergulha durante alguns segundos em queda livre, simulando a ausência de peso vivenciada em missões espaciais na órbita da Terra. É correto dizer que, quando se está em órbita, a flutuação de pessoas e objetos no interior das naves é decorrente da ausência de peso? Justifique. (FUKUI; MOLINA; VENÊ, 2016, p. 204).

Figura 4 – Passageiros experimentando a sensação de imponderabilidade.



Fonte: (FUKUI; MOLINA; VENÊ, 2016, p. 204).

Ao final do livro há um espaço destinado para as respostas das atividades e a resposta apresentada pelo livro para o exercício proposto mencionado, traz:

Não, não é correto utilizar essa expressão, mesmo porque a flutuação não é decorrente da falta de peso, mas do fato de que as naves estão em curva intensa para baixo, retirando os apoios dos objetos e das pessoas mais rapidamente do que elas possam cair sobre eles, dando a aparência da ausência de peso. (FUKUI; MOLINA; VENÊ, 2016, p. 387).

Mediante tal resposta podemos inferir que o exercício proposto nesse ponto seria um bom momento para se introduzir o termo microgravidade e propor uma explicação mais detalhada sobre o tema. Acreditamos, que a explicação da sensação de falta de peso citada

no enunciado poderia ficar mais clara a partir da compreensão do termo microgravidade, por parte do aluno. Porém, o livro não seguiu essa ideia.

No livro 5 em seu capítulo 9 que tem como título “O Sistema Solar e a Terra”, verificamos um quadro descrito como “Física explica” e o texto mencionado refere-se a imponderabilidade e microgravidade.

Alguns parques de diversões possuem uma espécie de elevador que leva várias pessoas até uma altura considerável e, em seguida, é liberado, permanecendo em queda livre durante um curto intervalo de tempo. Nesse intervalo, as pessoas sentem que o chão “fugiu de seus pés”. Alguns dizem até sentir que “perderam o peso”. Na verdade, o que as pessoas perdem durante o curto intervalo de queda livre é o apoio.

Nenhum de nós, no dia a dia, sente o próprio peso: o que sentimos é se estamos apoiados ou não. O apoio impede que a força peso nos leve Terra para dentro e, em decorrência disso, temos a ação de duas forças opostas – que não constituem um par ação e reação – cuja tendência é comprimir as partículas de nosso corpo. Se nos dependurarmos no teto, teremos uma sensação diferente, provocada pela tendência de as partículas do corpo se separarem, em virtude do esforço de tração.

Voltemos ao elevador. Suponha que você decida medir o peso de um corpo usando um dinamômetro, durante o curto intervalo em que o elevador está em queda livre. Quando você tentar dependurar o corpo no dinamômetro, ele estará caindo – com você e também com o dinamômetro. Sendo assim, durante a queda livre, não é possível pesar o corpo por esse processo. A aparente ausência de peso de um corpo em queda livre é denominada **imponderabilidade**.

Não é estranho que as pessoas confundam a ausência da força de apoio com a ausência de gravidade. Além disso, essas considerações nos ajudam a compreender por que as experiências feitas nas espaçonaves em órbita são chamadas de experiências em **microgravidade**.

Do ponto de vista do astronauta que está em uma espaçonave em órbita (queda livre), se não olhar pelas janelinhas da espaçonave, não terá como saber se ele está na ausência de gravidade ou em queda livre. As duas situações são equivalentes. Ora, se são equivalentes, por que não considerar que o astronauta se encontra em um local sem gravidade, onde pode fazer seus experimentos, como abrir uma garrafa e ver a formação de esferas de água, carregar um bloco de 1000 kg, dormir em qualquer posição, se os cálculos forem mais simples?

Para finalizar, por que microgravidade? Porque o próprio astronauta é um corpo massivo e, como tal, gera um campo gravitacional ao seu redor. Embora a intensidade desse campo seja insignificante, um experimento com gravidade zero teria de ser um experimento sem corpos materiais presentes. (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 224).

Figura 5 – Astronautas na ISS.



Fonte: (GUIMARÃES; PIQUEIRA; CARRON, 2016, p. 224).

Ao final do texto o livro traz as seguintes questões:

Por que, ao pesar um corpo com um dinamômetro de molas, esperamos a situação de equilíbrio para fazer a leitura?

Se em uma espaçonave em órbita o astronauta tiver uma moeda na mão e soltá-la, o que acontece?

Percebe-se que o livro 5 trata de uma forma interessante o tema. A explicação é feita a partir da ideia de que uma pessoa sente o seu próprio peso a partir do contato com uma superfície. Para isso ele utiliza o exemplo do elevador em queda livre e faz uma analogia com o ambiente da estação espacial onde os astronautas também experimentam a sensação de ausência de peso. Consideramos essa explicação uma ótima abordagem na tentativa de esclarecer o termo microgravidade.

Em relação ao trecho onde o autor traz a pergunta “para finalizar, por que microgravidade?” e responde no mesmo parágrafo (último parágrafo do texto transcrito acima), podemos lembrar da Lei da Gravitação Universal de Newton aplicada para corpos com massas muito menores que a massa da Terra. Por exemplo, as massas dos astronautas na estação espacial. Efetuando os cálculos para dois astronautas na estação, encontraremos uma força gravitacional da ordem de algumas centenas de micronewtons (10^{-6} N). Desse ponto de vista faz sentido afirmarmos que naquele ambiente há uma microgravidade.

Ao final do livro existem algumas sugestões para o professor, de abordagem de conteúdos e resoluções de questões. E nesse espaço encontra-se a seguinte explicação para o texto e as questões descritas anteriormente.

Acreditamos que o texto *imponderabilidade e microgravidade* seja um bom começo para que os alunos possam entender o que ocorre com os corpos dentro de uma estação orbital.

Utilizando esse texto, você pode conversar sobre o processo de pesar um corpo e utilizar as questões apresentadas ao final para desenvolver a habilidade de argumentação dos alunos, pedindo que eles redijam respostas fundamentadas nas leis físicas expostas.

Embora o corpo das respostas dos alunos deva conter o equivalente às sugestões a seguir, ao examinar as justificativas individuais permitirão o desenvolvimento de competências para o uso do raciocínio científico.

1. Para que a resultante seja nula e a força elástica tenha a mesma intensidade que o peso.
2. A moeda ficará flutuando.

Os exercícios propostos visam desenvolver a capacidade de interpretação matemática dos modelos físicos, com os conceitos e leis que regem o comportamento das órbitas.

De uma forma geral, esse livro traz um texto muito bom e propõe questionamentos interessantes para fomentar o debate sobre o tema.

No livro 6 a discussão sobre a microgravidade inicia-se de forma distinta em relação aos outros livros analisados. Verifica-se ao final do capítulo 7 (resultantes tangencial e centrípeta) antes de iniciar o capítulo 8 (gravitação) um espaço chamado de “intersaberes” tendo como título: “Como é viver em ambientes de microgravidade?”

Que o digam os astronautas que continuamente ocupam a Estação Espacial Internacional (EEI ou ISS, sigla em inglês)! Seus corpos ficam em constante queda livre ao redor da Terra, o que dá a sensação de gravidade zero ou algo muito próximo disso. É a microgravidade.

Embora nos pontos da órbita a ação gravitacional terrestre seja expressiva e responsável por qualquer movimento orbital, dentro da nave em movimento praticamente circular e uniforme em torno do planeta, corpos e objetos em geral apresentam-se imponderáveis, ou seja, aparentam ter peso nulo.

À primeira vista, pode parecer divertido movimentar-se dentro do veículo espacial aproveitando-se dos efeitos da levitação, com confortáveis deslocamentos inerciais sequentes a pequenos empurrões. Ferramentas, porções líquidas, objetos de higiene e até comida, tudo flutua, revelando um ambiente bem diferente do qual encontramos aqui em solo, onde tudo é inexoravelmente puxado para baixo pela força da gravidade.

A longo prazo, porém, a microgravidade pode trazer sérios problemas ao organismo, como atrofia muscular, descalcificação dos ossos, problemas circulatórios e digestivos, edemas, dentre outros, todos eles, hoje, objeto de estudos e pesquisas no campo da chamada medicina espacial. (Afinal, um dia os humanos deverão deixar a Terra em busca de outros *habitats*, como retrata o ambicioso filme de ficção *Interestelar*, lançado em 2014 e dirigido por Christopher Nolan.)

Com isso, tripulantes dessas espaçonaves, ao permanecerem cerca de seis meses (ou mais) no espaço, são obrigados a se exercitar horas a fio em academias existentes a bordo para minimizar tantos efeitos danosos ao corpo. (DOCA; BISCOLO; BÔAS, 2016, p. 143).

Figura 6 – Astronauta japonês Koichi Wakata na Estação Espacial Internacional, se divertindo com os efeitos da microgravidade.



Fonte: (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016, p. 143).

Figura 7 – Astronauta fazendo atividade física na Estação Espacial Internacional.



Fonte: (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016, p. 143).

Através do exposto podemos concluir que tal texto explica como os astronautas vivem na ISS. Nos dois primeiros parágrafos é feita uma breve explicação acerca do tema em estudo.

Ainda no mesmo livro, encontra-se nos exercícios propostos do capítulo 8 uma questão que tem como enunciado: “leia o texto e observe a imagem a seguir”.

Figura 8 – Passageiros flutuando em interior de aeronave.



Fonte: (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016, p. 157).

Zero G

Nos Estados Unidos, é possível simular, dentro de um avião, a sensação de imponderabilidade – ausência aparente de peso – como aquela vivenciada por astronautas da ISS em movimento orbital em torno da Terra. Para isso, foi adaptada uma aeronave que realiza uma subida vertiginosa e, ao atingir determinada altura, é projetada em uma trajetória praticamente parabólica, semelhante à de um pequeno objeto lançado obliquamente sob a ação exclusiva da gravidade. Durante a descida, que dura alguns poucos segundos, privilegiados (ou ousados) passageiros flutuam dentro do avião como se, subitamente, o campo gravitacional tivesse sido “desligado”.

Explique essa “levitação” dos passageiros no interior da aeronave. (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016, p. 157).

Ao final do livro há um espaço com as respostas das questões propostas. Sobre a questão citada, encontra-se o seguinte:

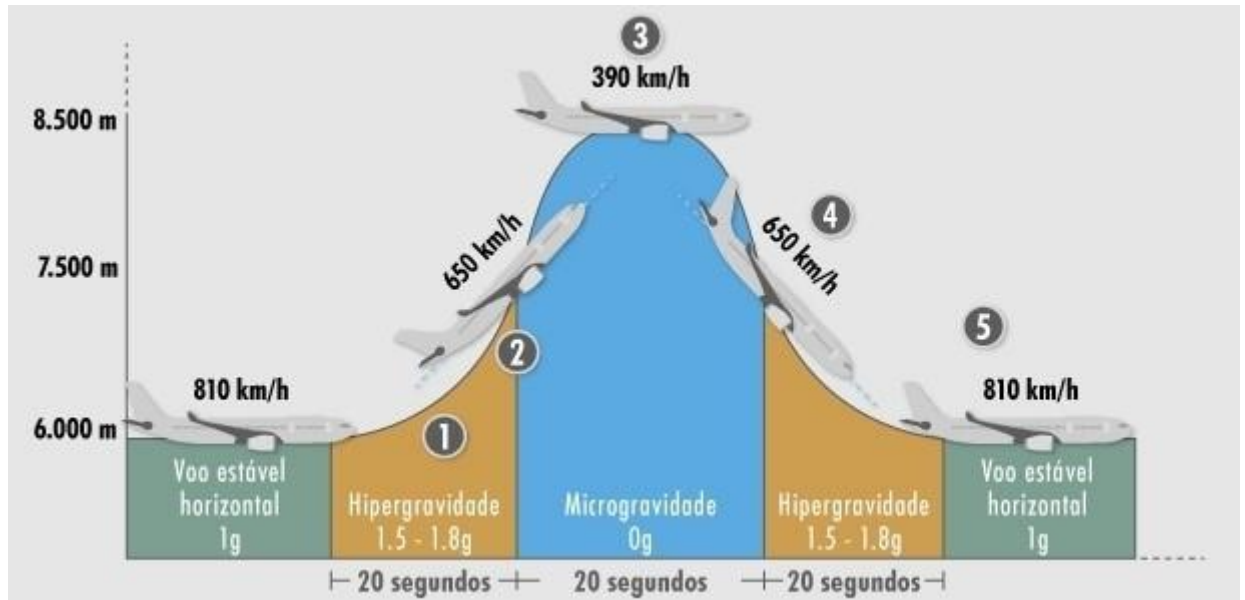
A levitação ocorre porque tanto o avião como os passageiros ficam sob a ação da aceleração da gravidade (\vec{g}), o que determina uma aceleração relativa nula. Tanto o avião como as pessoas realizam uma espécie de queda livre, o que provoca a flutuação de corpos e objetos dentro da aeronave.

É importante notar que as pessoas não perdem seus respectivos pesos. Apenas aparentam peso nulo durante a queda do avião. Afinal, o planeta mantém sua atração gravitacional durante todo o fenômeno. O mesmo efeito pode ser notado quando elevadores encontrados em alguns parques de diversões realizam quedas verticais com aceleração igual a \vec{g} . (DOCA; BISCUOLA; BÔAS, 2016, p. 351).

Nesse texto vale destacar a possibilidade de indução a um raciocínio errôneo a respeito do avião que simula a ausência de peso. O trecho da trajetória em que é simulada a microgravidade não corresponde apenas ao movimento de queda após o avião atingir a altura máxima. Nesse caso, ainda na subida do avião se inicia a simulação da

microgravidade. Ela se estende enquanto a aeronave fica submetida apenas a ação da gravidade desde o final da subida até um certo ponto no início da descida quando cessa a queda livre. A figura abaixo traz a ilustração dessa situação.

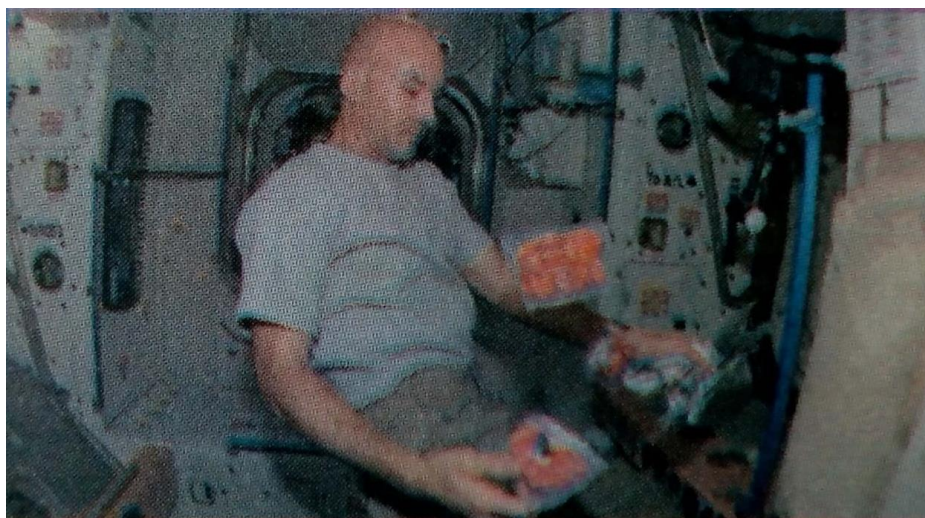
Figura 9 – Trajetória de um avião em voo parabólico.



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

No livro 7, o capítulo 11 (As leis da Gravitação), em um recorte (Pare e pense) o livro retrata a seguinte imagem e faz um questionamento exposto a seguir.

Figura 10 – Astronauta Luca Parmitano na ISS (2013).



Fonte: (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 172).

“O que acontece com o campo e a força gravitacional que atuam sobre um astronauta e os objetos que estão no interior da Estação Espacial Internacional?” (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 172).

Nas “Orientações para o desenvolvimento dos conteúdos” localizada ao final do livro, na página 344 encontra-se uma resposta para o questionamento citado no recorte “pare e pense”.

Pela análise da fotografia que mostra alimentos flutuando, os alunos provavelmente responderão que não existe nem campo nem força gravitacional na Estação Espacial Internacional.

Pergunte aos estudantes sobre o que mantém a estação orbitando ao redor do planeta. Lembre-os de que já analisamos anteriormente os motivos pelos quais a Lua permanece em órbita ao redor da Terra, e que ela está muito mais distante que a estação espacial. Calcule a aceleração do campo gravitacional na altitude em que se encontra a estação espacial, entre 270 km e 460 km da superfície, para obter o valor de $8,3 \text{ m/s}^2$, ou seja, próximo do valor na superfície do planeta.

Ao final da discussão, deve-se concluir que o campo gravitacional presente em qualquer ponto ao redor do planeta diminui conforme nos afastamos da Terra. (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 344).

Nos exercícios propostos encontra-se a questão descrita a seguir.

Durante um treinamento, um astronauta é colocado no interior de uma “cabine” que simula as condições de uma nave espacial em órbita ao redor da Terra. Para esse astronauta, os objetos que estão lá dentro parecem flutuar. Como você explica esse fenômeno? (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 175).

Nas resoluções ao final do livro encontra-se a seguinte resposta para o exercício proposto.

A nave e os objetos no seu interior estão em “queda”, ou seja, são atraídos na direção do centro da Terra com a mesma aceleração. Essa situação é equivalente à dos mesmos corpos em um local com campo gravitacional nulo. Isso é uma consequência do Princípio de Equivalência de Einstein. (BARRETO FILHO; SILVA, 2016, p. 385).

Com base nos critérios para análise pode-se notar que o livro traz questionamentos envolvendo o termo microgravidade, entretanto não apresenta uma explicação sobre o assunto no próprio texto disponível para o leitor (estudante). Ele traz uma orientação para o professor de como abordar o tema, mas essa orientação está apenas no livro do professor, na seção já descrita acima. Sendo assim, caso o professor não detenha-se a orientação e aborde o assunto de uma forma explícita em sala de aula, o conteúdo poderá passar despercebido.

No livro 8, o capítulo 1 (Forças) apresenta o contexto da microgravidade, mas sem referir-se de forma direta ao termo, em um espaço destinado a “Texto e Interpretação” tendo como título: Você é capaz de imaginar como seria viver sem a força peso?

[...] Dentro de uma espaçonave em órbita, nosso dia a dia também seria muito diferente. Essa situação, na qual as espaçonaves são transformadas em verdadeiros laboratórios de pesquisa, tem sido muito estudada. A principal característica em casos assim é a aparente ausência de peso. A **gravidade**, porém, continua existindo, tanto que a espaçonave está em órbita. Caso contrário, ela escaparia, em linha reta, rumo ao espaço sideral.

Podemos pensar em uma situação aqui na Terra nada agradável, mas equivalente a esta da nave em órbita. Imagine-se dentro de um elevador que despenca porque o cabo se rompe e o sistema de segurança não funciona. O que ocorreria com o peso dos passageiros?

O elevador cai por causa da ação da gravidade. Como todo o conjunto cai simultaneamente, não há uma maneira de medir o peso das pessoas ou dos objetos dentro do elevador, pois, como o solo do elevador também está em queda livre, há perda de contato com o piso e tem-se a sensação de ausência de peso; é como se todos estivessem flutuando. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 31 e 32).

Figura 11 – Pessoa dentro de um elevador em queda livre.



Fonte: (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 31).

Na figura 11,

vemos como os astronautas treinam para enfrentar situações aparentes de ausência de peso: um avião desce de modo que seu movimento na vertical seja uma queda livre, dando a sensação de ausência de peso aos astronautas. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 32)

Figura 12 – Astronautas treinando dentro de um avião em queda livre.

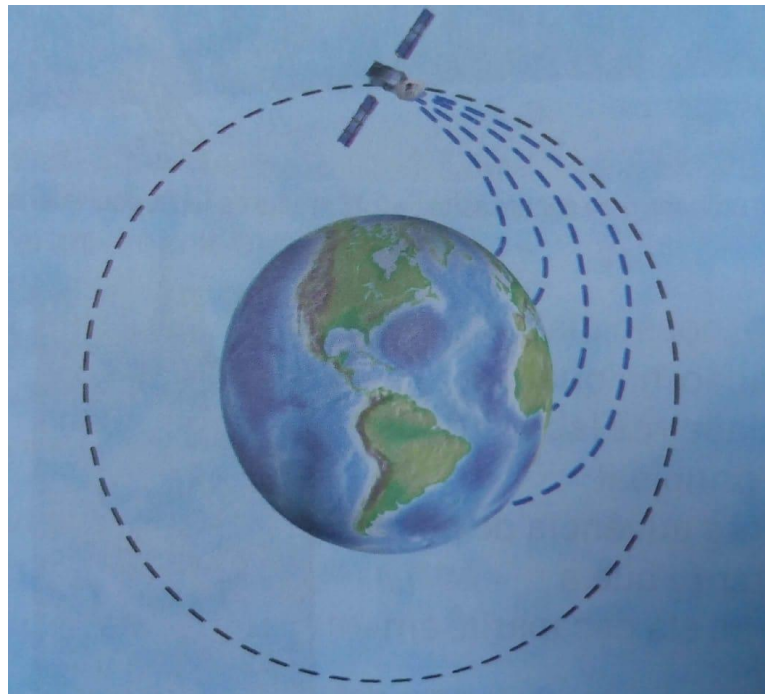


Fonte: (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 32).

Uma espaçonave em órbita também cai em razão da ação da gravidade, mas sua velocidade horizontal é alta o suficiente para que dê voltas completas em torno da Terra sem tocá-la; por isso, as pessoas em seu interior têm também a sensação de ausência de peso.

Quando uma balança cai em queda livre, é impossível medir o peso de qualquer objeto sobre ela, porque ele não pressiona a balança. Embora exista a força de atração gravitacional (o peso do objeto), a balança não consegue medi-la. De qualquer maneira, só não haveria peso se existisse um local onde não houvesse gravidade. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 32)

Figura 13 – Satélite na órbita da Terra.



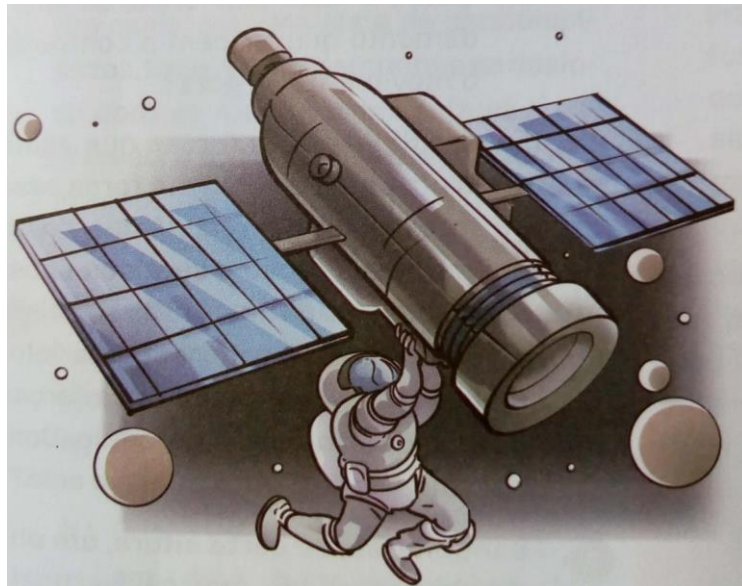
Fonte: (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 32)

As situações em que há uma aparente ausência de peso são conhecidas como **estado de imponderabilidade**. Se um astronauta estiver nesse estado, poderá facilmente carregar um satélite de duas ou três toneladas. Em compensação, registrar anotações em um caderno não será tarefa fácil, uma vez que, com a “ausência de peso”, haverá dificuldade para o apoio; o astronauta precisará empurrar o caderno contra uma superfície para que apareçam a normal e a força de atrito.

Mesmo que fosse o mais desastrado dos cozinheiros, nosso astronauta não conseguiria derramar líquidos. Nessas condições, eles não se espalhariam, mas se aglutinariam, formando várias esferas que também “flutuam”. Essa aglutinação é explicada pelas interações moleculares atrativas, características dos líquidos.

Fisiologicamente, muitas alterações também ocorrem no estado de imponderabilidade. O coração, por exemplo, bombeia com mais facilidade o sangue para todas as regiões do corpo, e a pressão para baixo, sobre a coluna vertical, deixa de existir. Aliás, o “para cima” e o “para baixo” perdem completamente o significado, pois não há uma direção privilegiada. (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 33).

Figura 14 – Representação de um astronauta carregando satélite.



Fonte: (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 33).

Figura 15 – Astronautas no interior de espaçonave em órbita.



Fonte: (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2016, p. 33).

Ao final do recorte apresentam-se as questões a seguir:

1. Por que, numa nave em órbita, não é possível utilizar uma balança para medir o peso de um objeto?
2. Explique por que, no espaço sideral, um astronauta consegue carregar objetos de massa muitas vezes maior do que a dele.
3. Analise as alterações que ocorrem com seu peso quando você está:
 - a) na superfície da Lua ($g = \frac{10}{6} N/kg$).
 - b) no interior de uma espaçonave em órbita (estado de imponderabilidade).

Na “Assessoria pedagógica” localizada no final do livro, na página 310 encontra-se uma resposta para as questões expostas ao final do recorte mencionado anteriormente.

1. Nesta situação, nenhum objeto consegue pressionar a balança e, assim, ela não pode medir o peso.
2. No estado de imponderabilidade, não é necessário esforço muscular para equilibrar o peso de um objeto.
3. a) O peso diminui seis vezes.
b) Neste estado, há uma aparente ausência de peso, dando a sensação de que os objetos flutuam, mas na realidade todos estão caindo com a mesma aceleração.

O livro trata o assunto de uma forma satisfatória, apesar de não utilizar o termo microgravidade. A explicação sobre como os corpos são colocados e permanecem em órbita é bastante esclarecedora e a analogia entre o estado de imponderabilidade e os corpos em queda como no caso do elevador é abordada de uma forma muito interessante.

A única ressalva está na afirmação de que o avião de treinamento de astronautas proporciona a sensação de ausência de peso apenas na descida. Ressaltamos que o ambiente de microgravidade, ou estado de imponderabilidade, termo usado pelo livro, se estabelece durante o movimento parabólico do avião como já analisado algumas linhas acima e não apenas durante a descida. Consideramos que a explicação proposta pelo livro está adequada para um bom entendimento por parte do leitor.

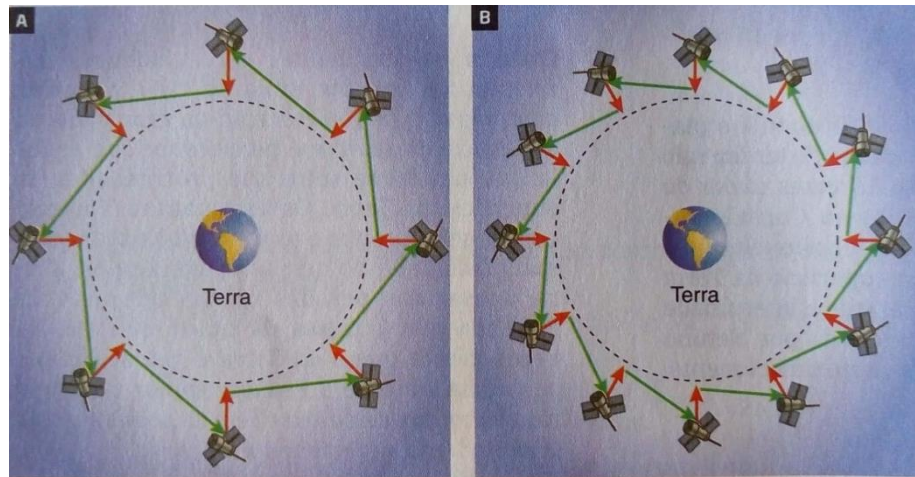
No livro 9, o capítulo 13 (“Gravitação Universal”) é iniciado com o questionamento: Gravidade zero – isso existe mesmo? Observa-se em suplemento para o professor contido no final do livro que retoma essa pergunta. Abordaremos esse suplemento mais adiante. Os parágrafos a seguir tratam de todos os momentos nos quais o livro trata do tema microgravidade.

Na seção 4 do capítulo 13 o livro trata de corpos em órbita. Neste momento é explicado como um satélite permanece em órbita a partir da relação entre a atração gravitacional exercida pela Terra e a velocidade tangente à trajetória da órbita. Um trecho que merece destaque nessa seção é:

A presença dessas duas grandezas – a velocidade tangencial constante do satélite e a força de atração gravitacional da Terra – caracteriza o movimento do satélite como um tipo muito especial de queda livre. (MARTINI; SPINELLI; REIS; SANT’ANNA, 2016, p.160).

O texto explica de forma satisfatória como um corpo é posto em órbita. Para tanto, utiliza a ideia do experimento mental do canhão de Newton e deixa clara a ideia de que todo satélite em órbita e tudo que estiver em seu interior “caem” em direção à Terra com a aceleração da gravidade característica da órbita. Para ilustrar o que está descrito no texto o livro traz a ilustração a seguir.

Figura 16 – Satélite em órbita.



Fonte: (MARTINI; SPINELLI; REIS; SANT'ANNA, 2016, p.160).

Na seção seguinte que se refere à imponderabilidade encontramos o seguinte texto:

Imagine um astronauta no interior de uma nave espacial em órbita ao redor da Terra. Vimos que tanto a nave quanto o astronauta, assim como tudo o que está no interior da nave, estarão em constante “queda livre” em direção à Terra. É esse movimento contínuo que provoca a perda de contato entre os pés do astronauta e o chão da nave. O astronauta em órbita tem a mesma sensação que teria se estivesse no interior de um elevador ou de um avião em queda livre. É por isso que ele se sente flutuar. A imponderabilidade é um estado no qual não é possível medir o peso dos objetos porque eles não são sustentados por nada, ainda que sofram atração gravitacional.

Figura 17 - Astronauta Karen Nyberg flutuando durante missão na Estação Espacial Internacional.



Fonte: (MARTINI; SPINELLI; REIS; SANT'ANNA, 2016, p.161).

Durante o treinamento para voos espaciais, os astronautas se submetem a condições semelhantes às que viverão em órbita, ou seja, situações de imponderabilidade na maior parte do tempo. Nesse caso, a sensação de ausência de peso é simulada em um avião especialmente preparado para isso – seu interior

é inteiramente revestido por material amortecedor de impacto, e os tripulantes não veem o exterior.

Enquanto o avião desce, numa trajetória que simula a queda livre, os tripulantes se sentem sem peso (é a sensação de “gravidade zero”). Essa sensação dura aproximadamente 30 s. (MARTINI; SPINELLI; REIS; SANT’ANNA, 2016, p.161).

Desse modo, podemos compreender que o texto transcrito acima trata o tema em questão de uma forma bem mais adequada, apesar de não usar o termo microgravidade. A única ressalva seria o fato de o estudante encontrar em outras fontes o termo microgravidade e não associar à explicação dada no livro, pois o termo utilizado na explicação é “imponderabilidade”. Além disso, vale destacar que a sensação de imponderabilidade é sentida enquanto o avião se movimenta descrevendo uma parábola, ou seja, movimento de subida e descida e não apenas na descida como afirma um trecho do texto transcrito acima.

A figura 18 apresentada no final do capítulo, objetiva concluir o questionamento introdutório, ou seja, questiona se o estudante tendo estudado o conteúdo, possui conhecimento suficiente para responder a questão.

Figura 18 – Grupo de astronautas durante missão na ISS.



Fonte: (MARTINI; SPINELLI; REIS; SANT’ANNA, 2016, p.162).

No “Suplemento para o professor” localizado no final do livro, encontra-se na página 336 um tratamento sobre a questão introdutória, dando orientações e sugestões de como o professor pode perceber qual o entendimento dos alunos acerca do tema. A seguir transcrevemos parte do texto referido nas linhas acima:

A questão que abre o capítulo é tema frequente nas aulas de Física. Astronautas e suas aventuras fascinam nossos estudantes. Para muitos deles, flutuar em uma situação que simula a gravidade zero é experiência que gostariam de viver. Ser astronauta por algumas horas é o programa que algumas empresas autodenominadas especialistas em “turismo espacial” oferecem aos passageiros que se aventuram em um avião que realiza manobras parabólicas no ar, subindo e descendo, provocando a sensação de inexistência de gravidade.

São raros os alunos que sabem que, mesmo em órbita, uma nave não estaria a uma distância suficiente da Terra para que o campo gravitacional terrestre fosse praticamente nulo. As imagens costumeiramente veiculadas pela tevê mostram astronautas, comida e ferramentas flutuando naquilo que a maioria dos locutores chama de “gravidade zero”. Sugerimos que você ouça as ideias expostas pela classe sobre esse assunto e recolha as impressões dos alunos registradas por escrito. (MARTINI; SPINELLI; REIS; SANT’ANNA, 2016, p.336).

A leitura de todos os trechos do livro que tratam do tema aqui estudado, permite concluir que o livro 9 é o mais completo nesse quesito dentre os livros analisados. Ele traz várias informações que são muito claras a respeito da sensação de imponderabilidade e evitam que o leitor seja induzido a internalizar a ideia errada sobre microgravidade ou ausência de gravidade.

3.2. RESULTADOS

Após a análise de todos os livros citados é possível expor um diagnóstico da pesquisa considerando os critérios já definidos anteriormente. Consideramos que a explicação sobre o termo microgravidade está adequada para o correto entendimento do leitor quando esta se aproxima da definição trazida por Saba (2000). De forma resumida o autor afirma que o termo corresponde a uma situação em que o peso aparente do sistema é pequeno se comparado ao peso real devido à gravidade. Além dessa definição consideramos todos os trechos dos livros que trazem alguma informação essencial para o entendimento do leitor sobre o tema tratado. Analisamos a clareza e a sequência de ideias dos textos para podermos expor nossa visão e por fim elaboramos a tabela 2 contendo nossa análise final sobre cada livro. De acordo com a nossa análise é importante que o texto não induza o leitor a tirar conclusões erradas sobre o tema e, concomitantemente, possa contribuir para que o leitor desconstrua as possíveis ideias baseadas em concepções alternativas e passe a compreender o termo microgravidade corretamente a partir do conhecimento científico. Para expormos nosso diagnóstico resultante da pesquisa definimos alguns critérios a partir do nosso referencial teórico. São eles:

- Satisfatório: O livro trata o tema de uma forma muito próxima da ideia exposta no referencial teórico. O texto está claro e as ideias estão bem concatenadas.

- Parcialmente satisfatório: O livro aborda o tema, mas não conseguiu deixar claro a ideia, ficando distante do considerado adequado de acordo com o referencial teórico.
- Insuficiente: O livro aborda o tema mas induziu o leitor a tirar conclusões errôneas sobre o tema. A ideia ficou muito aquém do considerado adequado a partir do exposto no referencial teórico.
- Não trata do tema.

Tabela 2 - Diagnóstico resultante da pesquisa.

LIVRO	DIAGNÓSTICO
1	Insuficiente
2	Não trata o tema
3	Parcialmente satisfatório
4	Parcialmente satisfatório
5	Satisfatório
6	Parcialmente satisfatório
7	Parcialmente satisfatório
8	Satisfatório
9	Satisfatório

Fonte: Elaborada pelo autor (2018).

Portanto, observa-se na tabela acima nove livros analisados e classificados em cada critério estabelecido, entre eles um dos livros não tratou o tema, um tratou o tema de maneira insuficiente, quatro foram parcialmente satisfatórios e apenas três dos nove foram considerados satisfatórios por tratarem o tema de uma forma muito próxima da ideia exposta no referencial teórico.

Percebe-se que mais da metade dos livros analisados não foram classificados como satisfatórios de acordo com o referencial adotado. Isso mostra que existe uma probabilidade considerável do leitor ser induzido a um erro na interpretação dos fenômenos associados ao ambiente de microgravidade ou no mínimo ficar com lacunas de compreensão à respeito do tema se utilizar o livro didático como única fonte de leitura sobre o assunto. Neste

momento é importante ressaltar que uma boa compreensão desse assunto pode ser obtida com leituras complementares e com a intervenção do professor.

Em relação aos livros classificados como satisfatórios é importante ressaltar que alguns trechos essenciais para o entendimento acerca da microgravidade está disponível apenas na versão do professor. Isso reforça a ideia de que os livros didáticos não podem ser considerados fonte exclusiva de informação sobre os conteúdos trabalhados em sala de aula, apesar da sua indiscutível relevância.

3.3. PROPOSTA DE ABORDAGEM

Neste tópico será exposta uma proposta de como abordar o tema estudado de acordo com o nosso referencial teórico. Ressaltamos que o objetivo aqui estabelecido é situar o conteúdo relacionado ao tema dentro do planejamento do professor. Não houve a preocupação de expor os conteúdos envolvidos, nem de sugerir métodos didáticos ou de propor teorias de aprendizagem para a abordagem do conteúdo.

Para que se construa a ideia do que é o ambiente de microgravidade bem como a sensação de imponderabilidade é preciso considerar os conteúdos previamente necessários. Deste modo, o tema pode ser melhor abordado em uma parte do livro posterior aos conteúdos prévios: queda livre, leis de Newton, força peso, força normal, força centrípeta, movimento de elevadores, lei da gravitação universal de Newton e corpos em órbita.

É necessário que o professor aborde esses conteúdos em sala de aula antes de referir-se a assuntos relacionados a microgravidade tendo em vista que o professor pode necessariamente não estar abordando o termo microgravidade e mesmo assim estar tratando das situações em que envolvem astronautas na ISS.

Os professores e alunos além de utilizarem o livro didático como fonte de pesquisa também podem pesquisar sobre temas associados à astronomia e astronáutica em artigos, revistas e sites.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados, conseguimos traçar o diagnóstico dos livros como havíamos proposto em nosso objetivo geral. No entanto, não foi possível analisar todos os doze livros do PNL D, analisados pelos professores de física do IFRN Santa Cruz para o triênio de 2018 à 2020, só conseguimos durante a pesquisa ter acesso a nove dos doze, essa foi umas das dificuldades encontrados ao decorrer da pesquisa.

Discorreremos sobre o contexto da microgravidade, para dar fundamento ao diagnóstico. Evidenciamos a presença das concepções espontâneas e como a imponderabilidade está relacionada à sensação de um objeto não possuir peso.

Outro ponto significativo, que pode ser verificado na pesquisa é que 88,89% dos livros apresenta o conteúdo, ou seja, oito dos nove livros analisados. Entretanto quando os conteúdos são colocados de maneira que possam induzir o leitor a tirar conclusões errôneas sobre o tema a abordagem do assunto pode se configurar como ponto negativo. Pode-se afirmar que em alguns casos, não abordar o assunto é menos prejudicial do que abordá-lo de forma incorreta e/ou incompleta.

A respeito da pesquisa realizada observa-se a necessidade da análise dos livros didáticos tendo em vista que estes são instrumentos de apoio para a construção do conhecimento.

Com o propósito de complementar ou dar continuidade ao trabalho tem-se três sugestões para futuros trabalhos sobre o tema pesquisado. Uma é a utilização da lei da gravitação universal de Newton para explicar o porquê do termo microgravidade, a segunda é fazer uma pesquisa sobre hipergravidade, ou seja, a experiência de sentir forças maiores que o próprio peso em situações de movimentos acelerados e a terceira sugestão seria um trabalho que aborde a imponderabilidade a partir do princípio da equivalência de Albert Einstein.

REFERÊNCIAS

- BARRETO FILHO, Benigno; SILVA, Claudio Xavier da. **Física aula por aula: Mecânica**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016. p. 172-385.
- DOCA, Ricardo Helou; BISCOLOLA, Guater José; BÔAS, Newton Villas. **Física**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1, p. 143-351.
- GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física Mecânica**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 1.
- GATTI, Sandra Regina Teodoro; NARDI, Roberto; SILVA, Dirceu. **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.
- GONÇALVES FILHO, Aurelio; TOSCANO, Carlos. **Física: interação e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016. v. 1, p. 31-310.
- GUIMARÃES, Osvaldo; PIQUEIRA, José Roberto; CARRON, Wilson. **Física**. 2. ed. São Paulo: Ática, 2016. v. 1, p. 224-384.
- LAJOLO, Marisa. **Livro didático: um (quase) manual de usuário**. Em Aberto, Brasília, n. 69, v. 16, jan./mar. 1996.
- LEÃO, Núbia Maria de Menezes; KALHIL, Josefina Barrera. **Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências**. http://www.lajpe.org/dec15/4601_Nubia.pdf. Acesso em 25 de novembro de 2018.
- LUZ, Antônio Máximo; ÁLVARES, Beatriz Alavarenga; GUIMARÃES, Carla da Costa. **Física: contexto e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016. v. 1, p. 120.
- MARTINI, Glorinha; SPINELLI, Walter; REIS, Hugo Carneiro; SANT'ANNA, Blaidi. **Conexões com a Física**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016. p. 160-336.
- SABA, M. M.F. Microgravidade na Sala de Aula. Física na Escola. v. 1. n. 1. 2000.
- SOUSA, Roney Roberto De Melo. **Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física), IFRN, Natal, 2015.
- TOLEDO, Rafael Cardoso. **ESTUDO DA SOLIDIFICAÇÃO DA LIGA METÁLICA EUTÉTICA DE BiInSn EM AMBIENTE DE MICROGRAVIDADE UTILIZANDO TUBO DE QUEDA LIVRE, “DROP TUBE”**. Dissertação de Mestrado. INPE, São José dos Campos, 2009. p. 43.
- YAMAMOTO, Kazuhito; FUKU, Luiz Felipe. **Física para o Ensino Médio**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016. v. 1, p. 244-245.