

AUSÊNCIA DE GRAVIDADE E ESTADO DE IMPONDERABILIDADE: A CONCEPÇÃO DE ESTUDANTES UNIVERSITÁRIOS

ID *Ricardo Ceconello*¹

ID *Vinicius Pavinato*²

ID *Odilon Giovannini*³

Resumo: O presente artigo relata um estudo de cunho descritivo realizado com estudantes universitários do primeiro semestre acerca dos conceitos de ausência de gravidade e imponderabilidade. Os sujeitos deste estudo foram estudantes dos cursos das áreas de Ciências Exatas e Engenharias de uma universidade comunitária do município de Caxias do Sul, RS. Um questionário fechado foi aplicado aos estudantes para identificar seu entendimento acerca dos conceitos de imponderabilidade e de ausência de gravidade. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico para auxiliar na elaboração das perguntas que compunham o questionário. Os resultados do questionário indicaram que mais da metade dos estudantes não distinguiu entre os conceitos de ausência de gravidade e imponderabilidade. Diante dos resultados obtidos, enfatiza-se a recomendação para que professores, tanto de Ensino Médio quanto de Graduação, procurem material apropriado e utilizem estratégias adequadas para ensinar esses temas em suas aulas.

Palavras-chave: Ensino de Física; Imponderabilidade; Ausência de Gravidade.

AUSENCIA DE GRAVEDAD E INGRAVIDEZ: LA CONCEPCIÓN DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS

Resumen: Este artículo relata un estudio descriptivo realizado con estudiantes universitarios del primer semestre sobre los conceptos de ausencia de gravedad e ingravidez. Los sujetos de este estudio fueron estudiantes de cursos en las áreas de Ciencias Exactas e Ingeniería de una universidad comunitaria en la ciudad de Caxias do Sul, RS. Se aplicó un cuestionario anónimo a los estudiantes para identificar su comprensión sobre los conceptos de ingravidez y ausencia de gravedad. Para ello, se realizó una revisión bibliográfica para auxiliar en la elaboración de las preguntas que componen el cuestionario. Los resultados del cuestionario indicaron que más de la mitad de los estudiantes no sabían diferenciar entre los conceptos de ausencia de gravedad e ingravidez. Teniendo en consideración los resultados obtenidos, se hace necesaria la recomendación para que los profesores, tanto de la Enseñanza Media y la Educación Superior, busquen material apropiado y usen estrategias adecuadas para enseñar estos temas en sus clases.

Palabras clave: Enseñanza de Física; Ingravidez; Ausencia de Gravedad.

ABSENCE OF GRAVITY AND WEIGHTLESSNESS: UNDERGRADUATE STUDENTS' CONCEPTION

Abstract: This article reports a descriptive study realized with first semester undergraduate students about the concepts of absence of gravity and weightlessness. The subjects of this study were students of Exact Sciences and Engineering courses of a community university in the city of Caxias do Sul, RS. A closed-ended questionnaire was applied to students to identify their understanding about the concepts of weightlessness and absence of gravity. For this, a bibliographic survey was carried out to assist in the preparation of the questions that composed the questionnaire. The results of the questionnaire indicated

¹ Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, Brasil. E-mail: ceconelloricardo@outlook.com.

² Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, Brasil. E-mail: vpavinato@gmail.com.

³ Universidade de Caxias do Sul (UCS), Caxias do Sul, Brasil. E-mail: ogiovannini@gmail.com.

that more than half of the students did not distinguish between the concepts of absence of gravity and weightlessness. In view of the results obtained, it is emphasized the recommendation that teachers, both High School and College, search appropriate materials and make use of adequate strategies to teach these subjects in their classes.

Keywords: Physics education; Weightlessness; Absence of Gravity.

1 Introdução

Imagens e vídeos de astronautas e objetos flutuando e realizando diversos movimentos, alguns impossíveis de serem realizados aqui embaixo, a bordo de veículos espaciais, como a Estação Espacial Internacional e cápsulas espaciais, sempre despertam a curiosidade das pessoas e que, certamente, se perguntam como isso é possível. Ausência de gravidade, microgravidade, peso nulo e queda livre são algumas respostas comuns para explicar esse fenômeno de fluidez no espaço.

O papel da contextualização é fundamental para o ensino de Física e faz parte dos documentos oficiais que orientam as ações educacionais para a Educação Básica desde os antigos Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000) até mais recentemente com o Guia de Livros Didáticos – Ensino Médio (Brasil, 2017) e com a Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018), na área do conhecimento de Ciências da Natureza para o Ensino Médio.

A contextualização pode ser compreendida como um recurso didático para problematizar a realidade vivida pelos estudantes e tem sido incorporada de diferentes maneiras e com diferentes funções, sendo, em grande parte das vezes, utilizada como forma de exemplificação de conceitos ou fenômenos físicos, como espaço de aplicação do conhecimento já desenvolvido ou como elemento de motivação (Brasil, 2017). Dessa forma, possibilita conectar o conteúdo específico a ser ensinado às experiências do cotidiano ou aos conhecimentos já obtidos pelos estudantes, pleiteando-se assim uma aprendizagem significativa, entendida como a interação eficiente entre conhecimentos novos e conhecimentos já dominados pelo estudante, compondo uma estrutura cognitiva mais desenvolvida e mais abstrata (Ausubel, 2003).

Os assuntos relacionados à gravidade fazem parte do ensino de Dinâmica ou Leis de Newton no currículo do Ensino Médio. Em geral, conforme o Guia de Livros Didáticos, para o componente curricular Física do Ensino Médio do PNL 2018 (Brasil, 2017), esse tema está presente nos livros didáticos de Física e é ensinado no primeiro ano do Ensino Médio.

Nos cursos de graduação das áreas de Ciências Exatas e de Engenharias, o estudo do movimento dos corpos e seus fenômenos a partir das causas do movimento, isto é, levando em conta as interações com agentes externos está presente nos principais livros utilizados no Ensino Superior, nos cursos dessas áreas específicas, como, por exemplo, Halliday, Resnick e Walker (2016), Serway e Jewett Jr. (2014) e Tipler e Mosca (2009), e é abordado com mais profundidade em relação ao Ensino Médio.

O conhecimento e domínio de áreas da Física que envolvem gravidade é fundamental para um avanço intelectual adequado do estudante ao longo do curso de graduação nas áreas de Ciências Exatas e de Engenharias. Uma formação sólida nesse assunto é importante, também, para sua atuação profissional, pois entre os mercados de

trabalho mais promissores estão o aeroespacial, sensores e sistemas de navegação, defesa e fabricantes de aviões, entre outras.

Dentre os assuntos mais importantes contemplados nesse tópico específico, estão os conceitos de ausência de gravidade e o estado de imponderabilidade. E, tendo em vista essa importância, buscou-se nesse estudo de cunho descritivo averiguar a concepção⁴, acerca desses conceitos, de estudantes universitários do primeiro ano dos cursos das áreas das Ciências Exatas e Engenharias.

Como alguns autores concluem (Gatti, Nardi & Silva 2010; Dias et al., 2004; Galili, 1995), muitos alunos possuem concepções sobre o tema que não são coerentes com os modelos físicos atuais, que definem a ausência de gravidade como sendo o estado no qual os corpos não estão sujeitos à influência gravitacional de outros corpos e o estado de imponderabilidade como aquele dos objetos que não possuem peso.

Considerando o objetivo descritivo do presente estudo, pretende-se, também, que professores, do Ensino Médio e Superior e estudantes de licenciatura em Física e áreas afins percebam a situação em que os estudantes encontram-se em relação a suas concepções acerca desses conteúdos, pois entende-se que a desconstrução de concepções prévias e espontâneas de assuntos tidos como “evidentes” (como, por exemplo, em que se acredita que astronautas flutuam devido à ausência de gravidade) favorece o desenvolvimento do senso crítico, uma vez que se percebe que o mecanismo de fenômenos na natureza nem sempre é o mais óbvio. Além disso, intenta-se diminuir a escassez tanto de materiais teóricos que tratam sobre os conceitos da ausência de gravidade e do estado de imponderabilidade quanto de estudos que apontam sobre a própria concepção dos estudantes.

No texto a seguir, apresenta-se a descrição dos conceitos que norteiam este estudo, da metodologia aplicada na coleta de dados e da análise de dados e a discussão dos resultados. O texto é finalizado, então, com as considerações dos autores sobre o estudo realizado.

2 Estado de imponderabilidade e ausência de gravidade

Quando estamos em contato com uma superfície de apoio e estável, nossos corpos ficam sujeitos a compressões, e temos a sensação de peso. Assim, o peso, no sentido físico do termo, é definido como a força de sustentação exercida sobre uma superfície (Hewitt, 2015). Contudo, costuma-se (principalmente no Ensino Médio) tomar outra compreensão deste termo, que é um caso particular da anteriormente exposta: o peso de um corpo é a força gravitacional que atua sobre ele. Por exemplo, segundo Barreto Filho e Silva (2016, p. 128), “[...] o peso de um corpo é a força gravitacional com a qual a Terra o atrai. A definição de força peso também pode ser aplicada para outros corpos celestes”. Para Pietrocola et al. (2016), o peso é a força que faz com que corpos caiam. Ou seja, nesses livros didáticos do Ensino Médio, o peso é igual à força gravitacional.

⁴ Utiliza-se, nesse trabalho, o termo concepção para referir-se à construção de conceitos pelas pessoas, pois pretende-se informar a maneira como as pessoas percebem e avaliam os fenômenos em estudo, conforme proposto por Matos e Jardimino (2016).

Nos livros de graduação observam-se diferentes concepções de peso. Alguns autores abordam o peso como sendo uma força de sustentação, a exemplo da seguinte explicação “O peso P de um corpo é o módulo da força necessária para impedir que o corpo caia livremente, medida em relação ao solo” (Halliday et al., 2016, p. 104). Young e Freedman (2008, p. 119) adotam outra concepção, dizendo que “O peso de um corpo, por outro lado, é a *força* de atração gravitacional exercida pela Terra sobre o corpo”. Esta definição de peso também adotada por Serway e Jewett Jr. (2014, p. 108), onde os autores escrevem que “O módulo dessa força [a força gravitacional] é chamado peso [...]”. Em outro livro muito utilizado nos cursos de graduação, Tipler e Mosca (2009, p. 99) afirmam que o peso de um objeto em queda livre “[...] é a magnitude da força gravitacional sobre ele”. Os mesmos autores definem, em seguida (p. 100), o peso aparente como sendo a sensação da força gravitacional devido a outras forças que a contrabalançam e, no caso de peso aparente nulo, como na queda livre, o corpo estaria em uma condição de imponderabilidade. Knight (2009, p. 162) define o peso como uma sensação e, utilizando o exemplo de um homem caindo em queda livre, ou seja, na ausência da resistência do ar, afirma o autor que o homem “[...] não experimenta a *sensação* de peso”, o qual estaria no estado de imponderabilidade. Galili (1995), por sua vez, apresenta duas definições: (i) peso gravitacional é a força gravitacional exercida pela Terra sobre um corpo, caso em que ele e a força normal exercida pela superfície sobre o corpo não formam um par ação-reação (pela Terceira Lei de Newton), e (ii) peso operacional é uma força de contato, exercida pelo corpo sobre a superfície, e forma um par ação-reação com a força normal exercida pela superfície sobre o corpo. Assim, baseado nesses livros usualmente adotados em cursos de graduação, o peso de um corpo pode ser definido como sendo igual ao módulo da força gravitacional exercida sobre ele (em queda livre ou não), ou como sendo a ação de uma força de contato, ou como sendo uma sensação.

Em relação ao estado de imponderabilidade, Hewitt (2015, p. 767) define-o como: “Condição de queda livre na direção da Terra ou ao seu redor, em que um objeto não experimenta força suporte [...]”. O autor exemplifica a situação considerando uma pessoa sobre uma balança em um elevador:

Se o elevador estivesse em queda livre, a balança marcaria um peso nulo. De acordo com o que ela marca, você estaria sem peso ou em estado de imponderabilidade [...]. Mesmo nessa condição de imponderabilidade, entretanto, ainda existiria uma força gravitacional exercida sobre você, que o acelera para baixo. Mas a gravidade agora não mais seria sentida como peso, pois não existiria uma força de sustentação (Hewitt 2015, p. 166).

No caso de um astronauta na órbita terrestre, Ride (1994, p. 72) observa que:

Ele [o astronauta] não está sem peso porque está “fora da ação da gravidade”, mas sim porque o ônibus espacial e tudo em seu interior [...] [está] em queda livre. [...] Uma espaçonave em órbita “cai” no sentido de que ela não segue uma linha reta que deveria seguir, caso não houvesse nenhuma força atuando sobre ela.

Aquilo que impede que um corpo em órbita atinja a Terra é sua velocidade tangencial. Se ela fosse menor que um valor crítico, o objeto espiralaria em direção ao centro do planeta; se fosse nula, ele simplesmente cairia em linha reta, a princípio. Esse tipo de movimento foi compreendido por Isaac Newton, no século XVII, conforme Hewitt (2015, p. 191) explica:

Ele [Newton] comparou o movimento da Lua a uma bala de canhão disparada a partir do topo de uma alta montanha. [...] Se ela [a bala] fosse disparada com uma pequena rapidez horizontal, descreveria uma trajetória curva e logo atingiria a Terra abaixo. Se fosse disparada com uma rapidez maior, sua trajetória seria menos curva e ela atingiria a Terra num ponto mais afastado. Se a bala de canhão fosse disparada com rapidez suficiente, Newton pensou, a trajetória curvada se tornaria um círculo e a bala de canhão circularia a Terra indefinidamente. Ela estaria em órbita.

Deste modo, o fato de astronautas “flutuarem” em naves espaciais pode ser assim compreendido: estando em movimento orbital, astronautas, nave e demais objetos em órbita aceleram em direção à Terra devido à força gravitacional que o planeta exerce sobre eles. Estando todos com mesma aceleração não há movimento relativo espontâneo entre si, e assim em movimento de queda livre, resultando na aparente flutuação de pessoas e objetos em relação à nave. Segue que, por não haver uma superfície que os sustente, astronautas encontram-se em estado de imponderabilidade e sem peso, segundo a definição operacional de Galili (1995) ou a de sensação de Knight (2009). Neste ponto, é importante mencionar que em uma nave espacial em órbita da Terra e, portanto, em queda livre, o efeito mais relevante é a imponderabilidade. Porém, de fato existem outras forças, de menor intensidade, atuando dentro da nave espacial. Por exemplo, pequenos efeitos de maré, o efeito gravitacional gerado pela massa dos astronautas e da própria nave, e forças de Coriolis e centrífuga no sistema de referência da nave. Além disso, se a nave estiver em órbita muito baixa, pode haver atrito com a atmosfera, produzindo uma desaceleração. E, também, embora muito pequena, a atração gravitacional do Sol pode não ser desprezada em alguns possíveis experimentos realizados a bordo da nave espacial.

Percebe-se, então, que não existe movimento orbital sem força gravitacional, nesse caso atuando como força centrípeta. Sem ela, não haveria aceleração centrípeta e o corpo mover-se-ia em linha reta. Conforme referido anteriormente, muitos estudantes de Ensino Médio, por estarem familiarizados apenas com a definição gravitacional de peso, acreditam que a imponderabilidade se dá pela ausência de gravidade, isto é, pela ausência de força gravitacional atuando sobre o corpo (estado inatingível em qualquer circunstância, mas aproximado quando se está muito distante de qualquer objeto massivo).

Embora se perceba que ausência de gravidade e imponderabilidade não são conceitos equivalentes, muitos alunos e professores acabam por confundir os termos, considerando-os a mesma coisa. Por conhecerem apenas o conceito de peso associado à força gravitacional, os estudantes acreditam que, quando se diz que um corpo experimenta ausência de peso, significa que sobre ele não atua a força gravitacional, ou seja, o corpo está na ausência de gravidade.

De acordo com o estudo conduzido por Galili e Lehavi (2003 apud Tural et al., 2010), nenhum aluno participante conseguiu explicar o estado de imponderabilidade de maneira correta; ao mesmo tempo, cerca de 20% dos professores e 80% dos alunos explicaram o estado de imponderabilidade de maneira incompleta ou com imprecisões.

Essa dificuldade em conseguir diferenciar imponderabilidade de ausência de gravidade pode ser explicada por Gatti, Nardi e Silva (2010, p. 14), que afirmam que “os alunos têm dificuldades em relacionar eventos terrestres e celestes, explicando o

movimento de um astronauta e de sua nave como devido ao fato de não haver gravidade no espaço, ou desta ser muito fraca”. Em análise das respostas de estudantes a sua pesquisa, Galili (1995, p. 64, tradução nossa) verificou que:

Em síntese, imponderabilidade parece ser entendida pelos estudantes como um fenômeno com dependência funcional da localização (grandes distâncias da Terra) e/ou meio (espaço interestelar vazio), mas não o estado de movimento (queda livre). Este entendimento não está de acordo com o paradigma da Mecânica Newtoniana.

Tal problema é evidenciado nos resultados de Dias et al. (2004) que mostram que nenhum dos 82 alunos de Ensino Médio que participaram da pesquisa sobre gravitação universal conseguiram explicar o motivo pelo qual astronautas flutuam em suas naves quando estão em órbita terrestre. Uma justificativa para a interpretação da imponderabilidade foi apresentada por Galili (1995, p. 51, tradução nossa):

É possível interpretar esse conhecimento como sendo altamente influenciado pela confusão entre dois conceitos básicos da física, peso e força gravitacional, os quais são comumente igualados nos currículos padrões de física.

A confusão entre os conceitos de peso é agravada pela abordagem deficiente dos livros didáticos sobre o assunto, conforme mostra o estudo de Galili e Lehavi (2003) e também nos exemplos citados anteriormente nesse artigo. Essa inadequação, de acordo com Galili (1995), acaba colocando os professores de Física em uma situação complicada durante sua prática, pois não se sabe a maneira correta de apresentar esse conteúdo aos alunos. Tal inadequação deriva, principalmente, de diferentes concepções sobre o conceito de peso contido nos livros e a maneira com que esses apresentam a matéria, como apontam os dados da pesquisa de Galili e Lehavi (2003).

Com isso, pode-se inferir, portanto, que, por mais que os professores queiram ensinar da forma “correta” esses conceitos, os livros didáticos que servem como aporte ao ensino não contribuem satisfatoriamente para tal.

Diante deste cenário, o presente estudo buscou identificar o entendimento acerca dos conceitos de imponderabilidade e de ausência de gravidade em estudantes do Ensino Superior. A seguir, então, apresenta-se a metodologia utilizada nesse estudo.

3 Metodologia

Conforme apresentado nas seções anteriores, as abordagens nos livros didáticos sobre peso, força gravitacional e imponderabilidade são controversas, insuficientes ou até inexistentes. Ao mesmo tempo, a literatura acadêmica é deficiente em pesquisas sobre a concepção que alunos têm destes conceitos da Física. Então, diante deste cenário, buscou-se nesse estudo averiguar o entendimento de estudantes recém ingressados na graduação sobre estado de imponderabilidade e ausência de gravidade, pois entende-se que estes conceitos, quando bem abordados em sala de aula, estruturam a concepção geral dos fenômenos que envolvem forças gravitacionais.

Para tanto, foi realizado um levantamento no segundo semestre de 2019 com 54 alunos do primeiro semestre da área de Ciências Exatas e da Natureza, matriculados nos cursos de Automação Industrial, Ciência da Computação, Engenharia Ambiental, Engenharia Automotiva, Engenharia Civil, Engenharia da Computação, Engenharia de

Controle e Automação, Engenharia de Produção, Engenharia Elétrica, Engenharia Mecânica, Engenharia Química e licenciatura em Matemática.

Para alcançar o objetivo do presente estudo, de cunho descritivo, foi utilizado um questionário fechado elaborado pelos autores (Apêndice A). Assim, nessa perspectiva descritiva do entendimento dos estudantes, escolheu-se o questionário como instrumento de coleta de dados, pois, segundo Gil (2008), o questionário é uma técnica de investigação composta por um conjunto de questões com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, entre outros aspectos. Além disso, a elaboração das perguntas foi feita a partir de um rigoroso levantamento bibliográfico que contou com consultas a livros, artigos e dissertações.

O questionário foi composto por sete questões. Duas delas foram adaptadas de outros estudos, como está indicado ao final do questionário, disponível no Apêndice A. As outras foram elaboradas pelos autores com base na literatura. As questões, seis e sete foram formuladas visando a reflexão do respondente sobre o assunto, buscando uma melhor correspondência com a concepção deles e possibilitando uma análise mais confiável. Após sua elaboração, os autores solicitaram aos professores da área de Física para avaliarem as perguntas e suas opções de resposta visando a validação do questionário.

Os questionários foram, então, aplicados em uma turma da disciplina Tópicos de Ciências Exatas, na qual estavam presentes 54 estudantes. Esta é uma disciplina comum a todos os cursos da área de Ciências Exatas e da Natureza da Universidade de Caxias do Sul, no município de Caxias do Sul, RS, que tem por objetivo tratar de tópicos elementares da Física e da Química de forma interdisciplinar e em consonância com o estudo e a aplicação da Matemática nestas áreas, por meio do método de aprendizagem baseada em problemas. Como a disciplina é cursada no primeiro semestre, os graduandos ainda não haviam tido contato com outras disciplinas que abordavam a Mecânica Newtoniana, logo suas concepções sobre os assuntos abordados no questionário referem-se, em princípio, ao que estudaram no Ensino Médio ou fora dele.

Após a aplicação do questionário, as respostas obtidas foram analisadas utilizando a estatística descritiva para determinar a distribuição de frequência das opções selecionadas (Moreira, 2011; Appolinário, 2006). De posse destes dados, buscou-se identificar a concepção dos estudantes acerca dos conceitos físicos em estudo, a partir da comparação entre as opções selecionadas por cada um para avaliar coerências ou inconsistências conceituais por parte dos estudantes.

4 Resultados e discussão

Na Tabela 1 são apresentados os resultados das questões 2 (*Você sabe o que significa o estado de imponderabilidade?*) e 3 (*Você sabe o que é ausência de gravidade?*). De acordo com as respostas obtidas, observa-se que a maioria dos alunos afirma saber o que é ausência de gravidade, porém desconhece o que seja o estado de imponderabilidade.

A partir desse resultado inicial, já se evidencia uma carência de um conhecimento prévio do conceito de imponderabilidade; por outro lado, há um maior

reconhecimento da ausência de gravidade. Contudo, isso não implica que o respondente de fato sabe o que significa este conceito; apenas que, no mínimo, já ouviu o termo em outros contextos e tem uma ideia ao menos vaga sobre ele.

	Sim	Não
Questão 2	9	44
Questão 3	48	6

Tabela 1 - Respostas das questões 2 e 3.
Fonte: os autores (2020).

A Tabela 2 apresenta as respostas das questões 4, 5, 6 e 7, pois a análise realizada comparou as respostas dos estudantes entre as questões.

Alternativas	Questões			
	4	5	6	7
a	27	18	9	0
b	12	24	12	3
c	3	12	3	3
d	7	-	19	2
e	5	-	5	6
f	-	-	7	0

Tabela 2 - Quantidade das respostas das questões 4, 5, 6 e 7.
Fonte: os autores (2020).

A alternativa correta referente à questão quatro (*Quando você vê a imagem de um astronauta “flutuando” a bordo da Estação Espacial Internacional, que orbita o planeta Terra, deduz que:*) é a letra B (Existe gravidade e a nave está em queda livre). Contudo, a opção que mais apresentou respostas foi a primeira (Não existe gravidade naquele local). Esta é uma concepção muito comum do efeito de flutuação no espaço, quando se considera que este fenômeno, a flutuação, ocorre somente pela ausência de forças atuantes sobre o corpo. Talvez esta concepção decorra de o respondente acreditar que a gravidade atua apenas em corpos que estão sobre o planeta Terra, e não fora dele, ou que, por o astronauta não estar “caindo” em direção ao planeta, sobre ele não atua nenhuma força.

A questão quatro relaciona-se com a questão cinco (*Os satélites mantêm-se em órbita em vez de caírem sobre a Terra porque se encontram além da gravidade da Terra. Esta afirmação é:*), cuja alternativa correta é a letra A (Falsa). Aqueles que afirmaram que sabem o que é ausência de gravidade e responderam que o astronauta não está sobre ação da gravidade terrestre, ou consideraram a quinta questão verdadeira, não compreendem as implicações da ausência desta, uma vez que sem ela o corpo não estaria em órbita. Estes alunos contabilizam aproximadamente 71% de todos que afirmaram saberem o que é ausência de gravidade.

A alternativa que mais apresentou registros de respostas na questão seis (*Qual(is) da(s) situação(ões) abaixo representa(m) ausência de gravidade?*) foi a letra D (Astronauta em uma nave suficientemente distante de planetas e estrelas) que, de fato, é a única alternativa correta. Vale ressaltar que foram contabilizadas as respostas das questões seis e sete apenas dos respondentes que afirmaram nas questões dois e três saber sobre o assunto referente. Assim, na questão seis foram avaliadas as respostas de 48 respondentes, e na questão sete, de 9. Levando isso em consideração, observa-se que cerca de 40% daqueles que afirmaram saber o que é ausência de gravidade de fato responderam à questão seis de forma concordante com sua afirmação anterior.

Em relação à questão sete (*Qual(is) da(s) situação(ões) abaixo representa(m) o estado de imponderabilidade?*), as alternativas corretas são as letras A (Astronauta em uma nave suficientemente distante de planetas e estrelas), B (Astronauta na Estação Espacial Internacional orbitando a Terra) e E (Pessoa dentro de um elevador em queda livre). As opções mais assinaladas foram a letra E (67% dos respondentes que afirmaram saber os conceitos referentes ao estado de imponderabilidade) e a letra B (cerca de 33%). Assim, também se constata que a maioria (89%) daqueles cuja resposta foi “Sim” na questão dois responderam a última pergunta de forma a corroborar o que por eles foi afirmado. De fato, a alternativa E é um exemplo corriqueiro nas discussões acerca do estado de imponderabilidade, refletindo-se isso na maior quantidade de registros desta alternativa para a questão sete, o que indica um possível contato prévio com o assunto.

Retomando o problema inicial, observa-se que se o respondente registrou as alternativas A (Não existe gravidade naquele local) ou D (A Estação e o astronauta estão livres da ação de forças) da questão quatro e/ou a alternativa A (Astronauta na Estação Espacial Internacional orbitando a Terra) da questão seis, ele confunde os conceitos de ausência de gravidade e estado de imponderabilidade e considera que ambos são a mesma coisa. Tomou-se como critério essas respostas pois elas relacionam de forma errônea os conceitos mencionados, uma vez que, quando a questão trata sobre estado de imponderabilidade, a(s) alternativa(as) refere(m)-se à ausência de gravidade, e vice-versa.

Levando em consideração esse parâmetro, constatou-se que cerca de 63% dos alunos que responderam ao questionário possuem a concepção equivocada acima mencionada. Além disso, agrava-se a magnitude do problema envolvendo a incompreensão dos conceitos relacionados à ausência de gravidade e imponderabilidade, tendo em vista que esse número de estudantes não percebe que objetos em órbita estão sob a ação da gravidade, pois eles respondem de maneira contrária a isto.

Como por este estudo constatado, mais da metade dos jovens ingressantes na Universidade não diferenciam entre ausência de gravidade e imponderabilidade. Esse elevado percentual de estudantes com concepções equivocadas decorre, muito provavelmente, de fatores que vão desde a carência do tratamento adequado destes assuntos em sala de aula como na abordagem insatisfatória dos livros didáticos acerca dos conceitos de ausência de gravidade e imponderabilidade. Essa confusão entre ausência de gravidade e imponderabilidade e, ainda, a dificuldade em explicar os princípios básicos da gravitação ou suas consequências, acontece com muitos professores e estudantes de Ensino Médio, como evidenciado por alguns autores (Dias

et al., 2004; Galili & Lehavi, 2003; Galili, 1995). Essas dificuldades são perpetuadas e são observadas em alunos e professores de graduação das áreas da Física, conforme estudos de Tural et al. (2010), Gatti, Nardi & Silva (2010), Galili & Lehavi (2003) e Galili (1995).

5 Considerações finais

O objetivo que norteou este trabalho foi verificar o entendimento acerca dos conceitos de imponderabilidade e de ausência de gravidade por estudantes universitários do primeiro semestre de cursos das áreas de Ciências Exatas e de Engenharia. Para atingir tal objetivo realizou-se um levantamento bibliográfico e aplicou-se um questionário aos estudantes que aceitaram voluntariamente participar desse estudo.

Baseando-se nos dados obtidos a partir das respostas às perguntas do questionário, encontrou-se que 63% dos graduandos não compreendem a diferença entre ausência de gravidade e estado de imponderabilidade.

A partir do levantamento bibliográfico, notou-se que as diferenças, e algumas vezes inconsistências, entre os conceitos aqui utilizados como base do presente estudo, também é recorrente entre alunos e professores. Além disso, os livros didáticos de Física para o Ensino Médio e Superior não abordam os assuntos de maneira clara e objetiva, contribuindo para a propagação deste erro conceitual. Como os outros trabalhos que foram citados neste estudo não tangenciaram a relação entre as concepções de ausência de gravidade e imponderabilidade, não há uma base sólida para a comparação entre os resultados daqueles trabalhos e deste.

Tendo em vista a situação constatada, é recomendado que tanto professores de Ensino Médio como de graduação procurem mais esclarecimento sobre os conceitos de ausência de gravidade e estado de imponderabilidade, principalmente em estudos críticos presentes na literatura, e incitem seus alunos à reflexão destes assuntos.

Referências

Appolinário, F. (2006). *Metodologia da Ciência: Filosofia e Prática da Pesquisa* (1a ed.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

Ausubel, D. P. (2003). *Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva* (1a ed.). Lisboa: Plátano Edições Técnicas.

Barreto Filho, B., & Silva, C. X. (2016). *Física aula por aula: mecânica* (3a ed.). São Paulo: FTD.

Brasil. Ministério da Educação. (2000). *Parâmetros Curriculares Nacionais*. Recuperado em 09 set., 2020, de portal.mec.gov.br/conaes-comissao-nacional-de-avaliacao-da-educacao-superior/195-secretarias-112877938/seb-educacao-basica-2007048997/12598-publicacoes-sp-265002211

Brasil. Ministério da Educação. (2017). *PNLD 2018: física – guia de livros didáticos – ensino médio*.

Brasil. Ministério da Educação. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Recuperado em 09 set., 2020, de basenacionalcomum.mec.gov.br/abase/

Dias, P. M. C., et al. (2004). A Gravitação Universal: um texto para o Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 26(3), 257-271. Recuperado em 09 set., 2020, de www.scielo.br/pdf/rbef/v26n3/a12v26n3.pdf

Galili, I. (1995). Interpretation of students' understanding of the concept of weightlessness. *Research in Science Education*, 25(1), 51-74. Recuperado em 09 set., 2020, de link.springer.com/article/10.1007%2FBF02356460

Galili, I., & Lehari, Y. (2003). The importance of weightlessness and tides in teaching gravitation. *American Journal of Physics*, 71(11), 1127-1135. Recuperado em 09 set., 2020, de aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.1607336

Gatti, S. R. T., Nardi, R., & Silva, D. (2010). História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuros professores. *Investigações em Ensino de Ciências*, 15(1), 7-59. Recuperado em 09 set., 2020, de www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/314/202

Gil, A. C. (2008). *Métodos e Técnicas de Pesquisa Social* (6a ed.). São Paulo: Atlas.

Halliday, D., et al. (2016). *Fundamentos de Física: mecânica* (10a ed.). Rio de Janeiro: LTC.

Hewitt, P. G. (2015). *Física Conceitual* (12a ed.). Porto Alegre: Bookman.

Knight, R. (2009). *Física 1: uma abordagem estratégica* (2a ed.). Porto Alegre: Bookman.

Matos, D. A. S., & Jardimino, J. R. L. (2016). Os conceitos de concepção, percepção, representação e crença no campo educacional: similaridades, diferenças e implicações para a pesquisa. *Educação & Formação*, 1(3), 20-31. Recuperado em 21 mar., 2021, de <https://doi.org/10.25053/edufor.v1i3.1893>

Moreira, M. A. (2011). *Metodologia de pesquisa em ensino* (1a ed.). São Paulo: Livraria da Física.

Pietrocola, M., et al. (2016). *Física em contextos* (vol. 1). São Paulo: Editora do Brasil.

Ride, S. K. (1994). Física no Estado de Imponderabilidade. In David Halliday & Robert Resnick. *Fundamentos de Física*. (3a ed., vol. 2, pp. 72-75). Rio de Janeiro: LTC.

Serway, R. A., & Jewett Jr., J. W. (2014). *Princípios de física: mecânica clássica e relatividade* (5a ed.). São Paulo: Cengage Learning.

Sousa, R. R. M. (2015). *Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos* (Dissertação de mestrado profissional). IFRN, Natal. Recuperado em 09 set., 2020, de memoria.ifrn.edu.br/handle/1044/773

Tipler, P. A., & Mosca, G. (2009). *Física para cientistas e engenheiros: mecânica, oscilações e ondas, termodinâmica* (6a ed.). Rio de Janeiro: LTC.

Tural, G., et al. (2010). Effect of 5E Teaching Model on Student Teachers' Understanding of Weightlessness. *Journal of Science Education and Technology*, 19(5), 470-488. Recuperado em 09 set., 2020, de link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs10956-010-9214-y.pdf

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2008). *Física I: mecânica* (12a ed.). São Paulo: Addison Wesley.

Artigo recebido em 09/09/2020.

Aceito em 07/04/2021.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO APLICADO

Estado de imponderabilidade e ausência de gravidade

O presente questionário tem como intuito coletar informações acerca das concepções sobre o estado de imponderabilidade e ausência de gravidade.

- 1) Qual é o seu curso?
- 2) Você sabe o que significa o estado de imponderabilidade?
 - a) Sim.
 - b) Não.
- 3) Você sabe o que é ausência de gravidade?
 - a) Sim.
 - b) Não.
- 4) Quando você vê a imagem de um astronauta “flutuando” a bordo da Estação Espacial Internacional, que orbita o planeta Terra, deduz que:⁵
 - 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 à Terra e muito longe deste planeta.
 - d) A Estação e o astronauta estão livres da ação de forças.
 - e) Nenhuma das alternativas.

⁵ Adaptado de: Sousa, R. R. M. (2015). Construção de um experimento para o ensino de microgravidade com uso de vídeos. (Dissertação Mestrado Profissional em Ensino de Física). IFRN, Natal.

- 5) Os satélites mantêm-se em órbita em vez de caírem sobre a Terra porque se encontram além da gravidade da Terra. Esta afirmação é:⁶
- a) Falsa.
 - b) Verdadeira.
 - c) Não sei.
- 6) Qual(is) da(s) situação(ões) abaixo representa(m) ausência de gravidade?
- a) Astronauta na Estação Espacial Internacional orbitando a Terra.
 - b) Astronauta na superfície da Lua.
 - c) Asteroide orbitando o Sol.
 - d) Astronauta em uma nave suficientemente distante de planetas e estrelas.
 - e) Objeto em queda livre nas proximidades da Terra.
 - f) Nenhuma das alternativas.
- 7) Qual(is) da(s) situação(ões) abaixo representa(m) o estado de imponderabilidade?
- a) Astronauta em uma nave suficientemente distante de planetas e estrelas.
 - b) Astronauta na Estação Espacial Internacional orbitando a Terra.
 - c) Pessoa dentro de um elevador que está subindo.
 - d) Pessoa dentro de um elevador parado.
 - e) Pessoa dentro de um elevador em queda livre.
 - f) Nenhuma das alternativas.

⁶ Adaptado de: Hewitt, P. G. (2015). *Física Conceitual* (12a ed.) Porto Alegre: Bookman.