

Concepções distorcidas da natureza da ciência: O princípio de Arquimedes em livros didáticos de física do ensino superior

Salmon Landi¹ e Wellington Pereira de Queirós

¹salmon.landi@ifgoiano.edu.br

Resumo: Neste estudo realizou-se uma análise epistemológica baseada nas sete visões deformadas da atividade científica proposta por Gil Pérez e colaboradores. A análise foca na abordagem do princípio de Arquimedes em quatro coleções que mais aparecem na bibliografia de Projetos Pedagógicos de Cursos de Licenciatura em Física no Brasil. Os resultados demonstram a presença de visões deformadas da atividade científica nos livros analisados, o que pode resultar em prejuízos epistemológicos na formação de futuros professores de Física. Ademais, os comentários aqui realizados visam contribuir com discussões sobre o princípio de Arquimedes mais próximas de uma epistemologia contemporânea.

Palavras-chave: ensino de física, livro didático, Arquimedes, empuxo.

Title: Distorted conceptions of the nature of science: Archimedes' principle in higher education physics textbooks

Abstract: This study conducted an epistemological analysis based on the seven distorted views of scientific activity proposed by Gil Pérez and collaborators. The analysis focuses on the approach to Archimedes' principle in four collections that appear most frequently in the bibliography of Pedagogical Projects Physics Degree Courses in Brazil. The results demonstrate the presence of distorted views of scientific activity in the books analysed, which may result in epistemological losses in the training of future Physics teachers. Furthermore, the comments made here aim to contribute to discussions on Archimedes' principle that are closer to a contemporary epistemology.

Keywords: physics teaching, textbook, Archimedes, buoyancy.

Introdução

Em virtude da importância do livro didático no processo de ensino e aprendizagem, pesquisadores que lidam com o ensino de Física têm realizado análises minuciosas desses materiais, sobretudo aos que são direcionados ao Ensino Médio (Santana; Mota; Leite, 2024; Landi Júnior; Mesquita; Queirós, 2024a). Cada livro didático apresenta, mesmo que implicitamente, concepções a respeito da natureza da Ciência e da construção do conhecimento científico, as quais são relevantes para o ensino de disciplinas no âmbito das Ciências da Natureza. Fernandes e Porto (2012) defendem que uma abordagem adequada da história da Ciência em livros didáticos, baseada na discussão de episódios e ideias com maior profundidade, pode auxiliar o estudante na aprendizagem de conceitos, na

compreensão da complexidade da atividade científica, e no entendimento do fazer científico.

Alencar e Arthury (2020) analisaram as concepções de Ciência em livros didáticos de Física de uma das coleções aprovadas pelo Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD) 2018. Considerando os três livros da coleção, um para cada série do Ensino Médio, constatou-se um elevado número de trechos que se aproximam de concepções empírico-indutivista e individualista da atividade científica. Além disso, em menor número, também foram observados trechos que se aproximam de concepções ateuórica, exclusivamente analítica, elitista, dentre outras. Segundo Gil Pérez *et al.* (2001), todas essas concepções, que inclusive serão esclarecidas mais adiante, colaboram para uma visão inadequada da construção do conhecimento científico.

Quando a temática envolvida é o princípio de Arquimedes do empuxo, destacam-se Hidalgo, Queiroz e Oliveira (2021) com uma análise histórica em livros didáticos de Física aprovados pelo PNLD 2018. Nesse trabalho, os autores observam que ainda é frequente a presença de narrativas de cunho empirista-indutivista, e destacam a utilização de um enfoque historicamente descontextualizado desse princípio. Por sua vez, a partir de uma análise conceitual em livros de Ciências da Natureza do PNLD 2021, Landi Júnior, Mesquita e Queirós (2024b) alertam para a ausência de discussões envolvendo as exceções quanto ao módulo, a direção e o sentido da força de empuxo. Essas características vetoriais nem sempre concordam com aquelas previstas pelo enunciado tradicional do princípio de Arquimedes: “um corpo total ou parcialmente imerso num fluido recebe do fluido um empuxo igual e contrário à força peso da porção de fluido deslocada” (Nussenzveig, 2014, p. 22).

Hidalgo, Ramalho e Anselmo (2023) realizaram uma análise histórica e conceitual do princípio de Arquimedes em livros didáticos de Física do Ensino Superior. No que se refere à análise conceitual, as discussões apresentadas por esses autores focaram no fato de que há situações em que o módulo do empuxo é maior do que o do peso de todo o líquido responsável pela flutuação de um objeto. Conforme observado por Galileu, essas situações se encontram em pleno desacordo com as conclusões de Arquimedes (Snir, 1991). De todo modo, casos em que a força de empuxo atua em uma direção não vertical, e outros aspectos conceituais, não são considerados por Hidalgo, Ramalho e Anselmo (2023).

Quando se trata de analisar o princípio de Arquimedes em livros didáticos de Física do Ensino Superior, a literatura é, de fato, bastante escassa. Uma busca realizada em 03 de janeiro de 2024, no endereço eletrônico de dois periódicos brasileiros voltados, especialmente, para o ensino de Física, utilizando como palavra-chave livros didáticos, resultou em 39 artigos publicados na Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e nenhum no Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF). Uma nova busca foi realizada no CBEF, porém, usando apenas livros como buscador, o que resultou em 94 artigos. Dos 133 trabalhos, apenas sete publicados na RBEF e dois no CBEF são voltados para livros didáticos utilizados no Ensino Superior. Além disso, em nenhum desses estudos o princípio de Arquimedes constitui o tema central investigado. Ademais, Silva (2007, p. 158), aponta que

“os professores de Física, em congruência com sua atitude científica, devem manter-se críticos em relação aos livros que tendem a manter por muito tempo textos congelados, sem incorporar o resultado de novas pesquisas. Além de ficar atentos ao aparecimento de novos trabalhos sobre a história da Ciência, que muitas vezes desfazem versões tradicionalmente aceitas, é importante ler as obras originais dos autores (as fontes primárias), o que se tornou mais fácil atualmente devido à sua disponibilidade na Internet”.

Mediante os resultados da busca nos periódicos brasileiros (RBEF e CBEF) e amparados pelo excerto de Silva (2007) citado anteriormente, o presente trabalho tem como objetivo a realização de uma análise de caráter epistemológico das discussões sobre o princípio de Arquimedes em livros didáticos do Ensino Superior. Antes, porém, apresenta-se a seguir um breve relato histórico da vida e obra de Arquimedes que será utilizado como subsídio para as análises dos livros.

Percorso histórico da obra de Arquimedes

Segundo Magnaghi e Assis (2019), existe uma boa concordância de que a morte de Arquimedes tenha ocorrido por volta do ano de 212 a.C., durante a conquista pelo exército romano da então cidade-estado grega de Siracusa, atualmente, uma região da Sicília no sul da Itália. Embora o ano de seu nascimento seja incerto, aceita-se que ocorreu em 287 a.C., em virtude do relato de um único historiador, Johannes Tzetzes, que viveu quase 1500 anos depois de Arquimedes. Na época de Arquimedes, os textos eram escritos majoritariamente em papiros, por isso, nenhum dos seus registros originais, escritos em dialeto dórico, sobreviveu até os dias de hoje.

Eutócio e seus amigos Antêmio e Isidoro, que viveram cerca de 800 anos após Arquimedes, além de terem tido os mesmos mestres em Alexandria, ao que parece, foram os principais responsáveis pela transcrição dos escritos de Arquimedes para os modernos pergaminhos (Magnaghi; Assis, 2019). A mudança no sistema de registro, dos papiros, de origem vegetal, para os pergaminhos, obtido de pele de animal tratada, permitiu que a obra de Arquimedes fosse reunida e copiada várias vezes. Acredita-se que pelo menos três códices, contendo vários tratados e cartas de Arquimedes, foram produzidos durante os séculos IX e X, sendo a base do conhecimento atual que temos sobre a sua obra (Chondros, 2010).

O chamado códice A (Acerbi, 2013; Napolitani, 2013) ou códice de Valla (Heath, 1897), escrito em grego, que não continha o tratado *Sobre os Corpos Flutuantes*, antes de se perder no século XVI, foi copiado, traduzido e amplamente divulgado durante a Renascença, de modo que o seu conteúdo se faz presente nos dias de hoje. O códice B, que também se perdeu na Idade Média, conjuntamente com algumas partes do códice A, resultou na tradução para o latim realizada por Guilherme de Mörbeye, em 1269 (Acerbi, 2013). Já o Códice C ficou desaparecido até ser descoberto pelo filósofo dinamarquês Johan Ludvig Heiberg, em 1906. Após passar por um processo de reciclagem, o antigo texto foi raspado e apagado, dando lugar a orações que foram lidas por monges durante centenas de anos numa igreja cristã em Constantinopla, atual Istambul. Felizmente, a raspagem não foi bem-sucedida, de modo que a maior parte do texto em

grego pode ser traduzida por Heiberg, com o auxílio de uma lupa, entre 1906 e 1915 (Netz, 2000; Salerno; Tonazzini; Bedini, 2007). Em meados da década passada, a utilização da técnica conhecida por fluorescência de raios-X permitiu identificar o nome do monge, Johannes Myronas, que dedicou o livro de orações em 14 de abril de 1229 (Bergmann, 2007). Além de outros tratados, o códice C apresenta o único texto em grego dos livros I e II de *Sobre os Corpos Flutuantes*, obra em que Arquimedes estabelece os fundamentos da hidrostática. Mesmo com algumas partes indecifráveis, observou-se que essa versão grega contém diferenças significativas em relação à conhecida tradução latina de Mörbcke, incluindo uma disposição diferente de diagramas (Bergmann, 2007) e até mesmo o trecho final do Postulado 1 (Assis, 2008). De todo modo, acredita-se que a motivação para a elaboração desse tratado estaria relacionada com a necessidade de se melhorar o transporte marítimo, no sentido de prever quanto peso adicional um navio poderia suportar sem afundar (Lima, 2012).

Em seus estudos, Arquimedes concluiu que o valor da força exercida pela água sobre um determinado objeto, parcial ou totalmente submerso nela, é igual ao do peso do líquido deslocado por esse objeto (Assis, 1996). No entanto, é importante reconhecer que em seu texto original não consta a conhecida equação para o empuxo, e que o enunciado tradicional acerca do empuxo, comumente denominado de princípio de Arquimedes, na verdade, trata-se de uma construção sintética que se fundamenta no livro I de *Sobre os Corpos Flutuantes*. A tradução desse trabalho permite contemplar a riqueza das ideias de Arquimedes que contribuíram para o desenvolvimento da hidrostática (Assis, 1996). Assis (1996) afirma que a sua tradução para o português foi feita a partir das edições de 1912 e 1952 de *The works of Archimedes*, originalmente publicada em inglês por Sir. Thomas Heath em 1897, que por sua vez, se baseou na tradução para o latim de Mörbcke (Assis, 2008). De todo modo, as traduções de Heath (1897) ou Assis (1996) permitem conhecer um texto bem mais próximo aos escritos de Arquimedes, reconhecendo inclusive que os seus resultados, obtidos a partir de postulados, muito lembram Os Elementos de Euclides. Ademais, é importante notar que a determinação do módulo da força de empuxo é, no trabalho de Arquimedes, uma consequência do seu Postulado I, ou seja, um teorema, e não um princípio físico propriamente dito.

Há de se destacar que a palavra *pressure*, utilizada na tradução de Heath para o inglês, e, conseqüentemente, pressão na de Assis (1996), não corresponde ao termo mais adequado, do ponto de vista histórico, para traduzir a ideia que Arquimedes utilizou para expressar o efeito do peso de uma porção de água sobre uma porção de água vizinha. Isso porque o entendimento moderno da grandeza física pressão ocorreu, de forma gradativa, somente ao longo do século XVIII (Hidalgo; Queiroz; Anselmo, 2021). Assim, ao utilizar o nome de uma grandeza cujo conceito se estabeleceu cerca de 2000 anos após o trabalho de Arquimedes, corre-se o risco de atribuir a Arquimedes algo que ele não tenha feito ou considerar que ele já tinha a noção hodierna de pressão, uma variável de estado.

Outro anacronismo também incorre com o uso da palavra *fluid* por Heath, já que o entendimento desse termo só foi estabelecido muito depois dos trabalhos de Arquimedes (Hidalgo; Queiroz; Anselmo, 2021). Além disso, na última nota de rodapé da página xxxi de Heath (1897), o autor traduz

erroneamente a palavra grega “ὕπὸν” (líquido), como fluido. Portanto, Heath poderia ter afirmado que Arquimedes utilizou o termo mais geral “líquido”, em vez de água (ὕδωρ). Ou seja, é razoável admitir que Arquimedes tenha reconhecido que os resultados apresentados em *Sobre os Corpos Flutuantes* também teriam validade para outros líquidos. No entanto, é duvidoso que ele também tenha pensado na validade para o ar, por exemplo (Rorres, 2004).

Posto isso, a próxima seção aborda a forma de escolha dos livros didáticos analisados neste estudo, bem como a perspectiva epistemológica que apoiou as análises. Argumenta-se que as análises realizadas podem contribuir com o trabalho de professores do Ensino Superior sobretudo quando se pretende evidenciar a evolução do conhecimento científico.

Metodologia

O presente estudo trata-se de uma pesquisa documental. Para Godoy (1995, p. 24), a pesquisa documental consiste no “exame de materiais de natureza diversa, que ainda não receberam um tratamento analítico, ou que podem ser reexaminados, buscando-se interpretações novas e/ou complementares”. Para a seleção dos materiais a serem examinados, considerou-se a bibliografia básica apresentada no Projeto Pedagógico de Curso (PPC) de Licenciatura em Física, que obtiveram o conceito máximo no mais recente Exame Nacional de Desempenho dos Estudantes (ENADE). O ENADE é uma prova do Governo Federal brasileiro que avalia o desempenho dos estudantes do Ensino Superior. A prova é aplicada aos acadêmicos que estão no último ano do curso. Os cursos e as instituições de ensino superior recebem notas de 1 (pior desempenho) a 5 (melhor desempenho).

Em anexo consta os 12 cursos de Licenciatura em Física que alcançaram o conceito 5 na última prova do ENADE, e a respectiva bibliografia básica de disciplinas que abordam o princípio de Arquimedes, por vezes, designada nos PPCs simplesmente por bibliografia. Destaca-se que os 12 cursos de Licenciatura em Física que obtiveram conceito máximo na prova do ENADE/2021 são ofertados por universidades localizadas nos seguintes estados: Bahia (1), Minas Gerais (3), Rio de Janeiro (2), São Paulo (3) e Rio Grande do Sul (3).

As informações que aparecem na segunda coluna do Quadro em anexo foram obtidas por meio de buscas realizadas no endereço eletrônico de cada instituição. Além disso, é possível observar no Anexo que a bibliografia não está disponível em três PPCs consultados, e que o PPC não se encontra disponível no endereço eletrônico da Universidade de Caxias do Sul, única privada entre as 12 universidades. Importa realçar que houve três tentativas para completar o Quadro em anexo; a primeira realizada no dia 20 de dezembro de 2023, a segunda em 28 de junho de 2024, e a terceira em 22 de agosto de 2024.

A análise epistemológica a respeito da abordagem do princípio de Arquimedes nos livros analisados neste trabalho foi realizada levando-se em consideração as setes visões deformadas da atividade científica, de acordo com Gil Pérez *et al.* (2001). Tais visões, apresentadas no Quadro 1, contribuem para uma ideia inadequada, por vezes, até ingênua, da construção do conhecimento científico, e, por conseguinte, devem ser

evitadas. É importante enfatizar que a presença de uma ou mais visões deformadas da atividade científica em conteúdos de livros didáticos pode representar uma barreira epistemológica, indicando a necessidade de melhorar a qualidade desses materiais (Nunes; Queirós, 2020).

Visões deformadas	Breve descrição
1) Visão empírico-indutivista e ateórica	É uma concepção que defende o papel “neutro” da observação e da experimentação, que nega ideias apriorísticas e ignora a importância das hipóteses e teorias como orientadoras da investigação científica.
2) Visão rígida ou algorítmica	A ciência é tratada como um produto de um suposto “método científico” universal, compreendido como uma sequência de etapas a serem seguidas mecanicamente, e que conduzem a uma verdade. Ignora-se o caráter especulativo, tentativo e criativo da produção do conhecimento científico.
3) Visão aproblemática e ahistórica	Transmissão dos conhecimentos já elaborados, sem mostrar os problemas que lhe deram origem, qual foi a sua evolução, as dificuldades encontradas e também omitindo as limitações do conhecimento científico atual e outras perspectivas.
4) Visão exclusivamente analítica	Trata-se da fragmentação do conhecimento científico em caráter limitado e simplificador, considerando esses fragmentos como autônomos e independentes.
5) Visão acumulativa e linear dos conhecimentos científicos	Admite o desenvolvimento científico como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo, ignorando os complexos processos de crises, as confrontações entre teorias rivais, e as controvérsias científicas.
6) Visão individualista e elitista da Ciência	O conhecimento científico é tratado como obras de gênios isolados, ignorando o trabalho coletivo e cooperativo.
7) Visão descontextualizada e socialmente neutra	Ignora as complexas relações entre ciência, tecnologia e sociedade (CTS) e proporciona uma visão dos cientistas como seres “acima do bem e do mal”.

Quadro 1: Concepções distorcidas da natureza da Ciência. Adaptado de Nunes e Queirós (2020).

Uma vez estabelecido o percurso metodológico, a próxima seção apresenta os livros analisados e os resultados das análises. Posteriormente, apresenta-se as considerações finais deste estudo.

Resultados

Livros analisados

O Quadro 2 apresenta a versão mais recente dos livros que abordam o princípio de Arquimedes e o número de vezes em que os seus respectivos títulos aparecem no Anexo. No entanto, para a escolha dos livros a serem examinados, optou-se apenas por aqueles que aparecem mais de uma vez nos PPCs, pois acredita-se que sejam os mais tradicionalmente utilizados nos cursos das respectivas IES. Ademais, os livros são vistos como documentos de pesquisa e não como referenciais propriamente dito, por isso, eles não estão inseridos na seção Referências bibliográficas deste estudo.

Livro	Nº de vezes que o livro aparece no corpus
Halliday, D., Resnick, R., e Walker, J. (2023). <i>Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica</i> . 12. ed. Rio de Janeiro: LTC.	8
Tipler, P. A., e Mosca, G. (2009). <i>Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica</i> . 6. ed. Rio de Janeiro: LTC.	5
Nussenzveig, H. M. (2014). <i>Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor</i> . 5. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blucher.	4
Young, H. D., e Freedman, R. A. (2008). <i>Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e Ondas</i> . 12. ed. São Paulo: Pearson Education.	3
Serway, R. A., e Jewett, J. W. (2015). <i>Princípios de Física: Oscilações, Ondas e Termodinâmica</i> . 5 ed. São Paulo: Cengage Learning.	1
Halliday, D., Resnick, R., e Krane, K. S. (2003). <i>Física 2</i> . 5. ed. Rio de Janeiro: LTC.	1

Quadro 2: Livros mencionados nos documentos analisados.

Apesar de ter se tornado um clássico, a utilização do livro que aparece no topo do Quadro 2 requer uma certa atenção por parte do professor. Por exemplo, o prefácio de Halliday, Resnick & Walker afirma que “a Física é o assunto mais interessante do mundo porque descreve o modo como o mundo funciona”. Provavelmente, essa é uma colocação amplamente aceita por uma parcela daqueles que estudam e ensinam sobre a Física. No entanto, é importante esclarecer que o conhecimento em Física é baseado em modelos matemáticos, suportados por teorias físicas. É fato que esses modelos são utilizados para descrever o mundo, entretanto, tem-se o conhecimento de como os modelos funcionam e não do mundo propriamente dito. Por exemplo, antes da elaboração da teoria da relatividade de Einstein, a queda de uma maçã do alto de uma macieira, por exemplo, era compreendida em termos da ação de uma força e não em

virtude da curvatura do espaço-tempo. Ou seja, no fundo, não se tem conhecimento de como o mundo funciona, mas sim dos modelos elaborados pela mente humana, os quais podem descrever satisfatoriamente ou não os fenômenos observados.

O princípio de Arquimedes nos livros de Ensino Superior

Em relação ao princípio de Arquimedes, Halliday, Resnick & Walker iniciam a seção 14-7 com uma discussão envolvendo um saco plástico de massa desprezível com água, localizado no interior de uma piscina com água. A partir do pressuposto de que o saco plástico e a água nele contida estão em equilíbrio estático, concluem que a "força gravitacional para baixo $\vec{F}_g$ a que água contida no saco está submetida é equilibrada por uma força para cima exercida pela água que está do lado de fora do saco" (p. 71). Após conceituar essa força para cima como sendo a força de empuxo $\vec{F}_E$, os autores analisam o caso em que o saco plástico cheio de água é substituído por uma pedra ou um pedaço de madeira de tamanho e formato idênticos ao do saco plástico cheio de água. A seguir, alegam que as forças sobre a superfície desses três objetos devem ser as mesmas, já que não houve alteração do nível de água.

Ainda na p. 71, os autores afirmam que os resultados obtidos para o saco plástico, a pedra e o pedaço de madeira se aplicam a qualquer fluido e podem ser resumidos no princípio de Arquimedes, e a seguir, citam-no. Os autores finalizam a seção, logo após a discussão sobre a flutuação e o peso aparente de um objeto em um fluido. Observa-se que Halliday, Resnick & Walker usaram a ideia do princípio da solidificação para determinar a equação para a força de empuxo, porém, sem mencionar o devido crédito a Stevin. Ademais, não é trivial conceber a ideia de um saco plástico de massa desprezível quando o fluido em questão é um gás. Nesse caso, é mais adequada a ideia de uma superfície imaginária encerrando um determinado volume de fluido, que se encontra em equilíbrio nesse mesmo fluido.

Tipler & Mosca iniciam a seção 13-3, p. 439, afirmando que se um corpo, mergulhado em água, é pesado numa balança de mola, o peso aparente é menor do que o peso do corpo, sendo essa diferença devido à uma força exercida pela água. A seguir, mencionam que essa força é mais evidente quando uma rolha mergulhada em água é liberada, e o movimento observado é resultado de uma força para cima, que se chama empuxo, maior do que a força da gravidade. Depois disso, enunciam o princípio de Arquimedes e, a partir das forças exercidas sobre um volume de fluido com o formato de um paralelepípedo, deduzem a equação para a força de empuxo. Ao final dessa demonstração, argumentam que "se considerarmos qualquer porção de um fluido estático como nossa amostra, com um formato irregular, existirá uma força de empuxo exercida sobre ela pelo fluido do entorno que equilibrará exatamente o seu peso" (p. 440).

Na página 442 de Tipler & Mosca, há uma seção em que os autores revisitam o conceito de empuxo. Para isso, é considerado o caso de uma balança de prato que foi zerada com o prato no interior de um recipiente preenchido com um certo fluido. O texto menciona que ao ser colocado sobre o prato, a força resultante exercida pelo fluido sobre um bloco é a

combinação da força para baixo, exercida pelo fluido sobre a superfície superior do bloco com uma força para cima, exercida pelo fluido sobre as regiões da superfície inferior do bloco que efetivamente estão em contato com o fluido. Os autores desenham a resultante dessas duas forças para baixo, e afirmam que se o fluido estivesse em contato direto com uma área suficientemente grande da superfície inferior do bloco, a resultante dessas duas forças apontaria para cima, que é o sentido convencional do empuxo. O texto considera que a massa específica do bloco é maior do que a do fluido. Na sequência, dá-se o início de uma longa "saga" que culmina em uma expressão para a força de empuxo sobre o bloco idêntica àquela estabelecida para o caso habitual, ou seja, quando o empuxo aponta para cima – situação em que fluido se encontra em contato direto com 100% da superfície inferior do bloco mergulhado.

Embora o resultado final pareça interessante, ele foi obtido às custas de uma alteração da própria definição da força de empuxo, a qual deixou de ser a resultante das forças hidrostáticas sobre uma superfície. Provavelmente, isso foi feito para salvar a declaração tradicional do princípio de Arquimedes. De fato, as divergências entre as previsões teóricas, que se baseiam no enunciado tradicional do princípio de Arquimedes, e os resultados observados experimentalmente, levaram alguns autores a reconsiderar o enunciado do princípio de Arquimedes ou mesmo alterar a própria definição de força de empuxo. Isso, de acordo com Lima (2012), parece tornar as coisas mais confusas. Esse é também o ponto de vista dos autores deste estudo.

Nussenzveig começa a discussão do princípio de Arquimedes no capítulo 1, considerando a distribuição de pressão sobre um objeto cilíndrico circular, de área da base A e altura h , com seu eixo de simetria disposto ao longo da vertical, isto é, perpendicular à superfície do líquido. Ao analisar a resultante das forças superficiais exercidas pelo fluido sobre o cilindro, que se encontra completamente imerso, o autor conclui que esta será uma força vertical $\vec{E} = -\vec{P}_f$, em que $\vec{P}_f$ é peso da porção de líquido deslocada. Posteriormente, o autor obtém o mesmo resultado utilizando o princípio da solidificação de Stevin, o qual pode ser aplicado para um sólido de formato qualquer. O autor ainda esclarece que o empuxo é aplicado no centro de gravidade da porção de fluido que foi substituída pelo objeto, e a seguir, discute o equilíbrio de embarcações.

Young & Freedman abordam inicialmente o empuxo na seção 14.3, referindo-se à sensação de que os objetos em água parecem possuir um peso menor que no ar. Após citar a condição de flutuação em termos das densidades do fluido e do objeto; que o corpo humano normalmente flutua em água; que um balão cheio de hélio flutua no ar, os autores afirmam que "estes são exemplos de empuxo, um fenômeno descrito pelo princípio de Arquimedes" (p. 88). Após enunciar o referido princípio, os autores demonstram a equação para o empuxo a partir do princípio da solidificação, porém, sem mencionar o nome de seu idealizador. O ponto de aplicação do empuxo também é esclarecido. Exemplos envolvendo a flutuação de balões, peixes e navios são discutidos por Young & Freedman, além do funcionamento de dois tipos de densímetros de bulbo.

Concepções distorcidas da atividade científica nos livros analisados

Silveira e Medeiros (2009) alertaram sobre a presença, em livros didáticos do século XVIII, de uma suposta experiência em que todo o líquido que extravasa de um recipiente completamente cheio, pela inserção de um objeto é recolhido e pesado. O resultado mostraria que o peso do fluido recolhido tem o mesmo valor do peso do objeto colocado a flutuar, sugerindo assim, que essas observações experimentais poderiam ser utilizadas para convencer os estudantes da validade do enunciado tradicional do princípio de Arquimedes. O argumento utilizado, nesse caso, configura o tipo de visão deformada da atividade científica mencionada na primeira linha do Quadro 1, isto é, uma visão empírico-indutivista. Embora presente em livros didáticos de Física do Ensino Médio (Hidalgo; Queiroz; Oliveira, 2021), esse tipo de concepção não foi observado nos livros analisados, quando o foco é o princípio de Arquimedes.

O segundo tipo de visão deformada da atividade científica presente no Quadro 1, versa sobre uma visão algorítmica, infalível, rígida e dogmática da Ciência. Nesse caso, acredita-se que o conhecimento científico é uma consequência direta da aplicação do “método científico”: um conjunto de etapas a serem seguidas, em que se destacam o rigor e o caráter exato dos resultados obtidos. Quando presentes, os aspectos relacionados com o método científico, em geral, aparecem no primeiro capítulo do primeiro volume de uma determinada coleção. Por isso, quando se atenta especificamente para as discussões sobre o princípio de Arquimedes, que é o caso desse estudo, essa deformação, de fato, não é observada.

O Quadro 3 fornece um panorama geral das visões deformadas da atividade científica observadas nos livros analisados neste trabalho, quando o foco é a abordagem do princípio de Arquimedes. A presença do *emoji* significa que a visão deformada em questão foi observada no respectivo livro didático. Devido à natureza interpretativa das análises, apresenta-se a seguir os motivos pelos quais cada *emoji* foi inserido no Quadro 3.

Livro	Visão 3	Visão 4	Visão 5	Visão 6	Visão 7
Halliday, Resnick & Walker	😞	😞	😞	😞	😞
Tipler & Mosca	😞		😞	😞	😞
Nussenzveig	😞		😞		😞
Young & Freedman	😞		😞	😞	😞

Quadro 3: Visões deformadas da atividade científica presente nos livros analisados quando observado o princípio de Arquimedes.

Devido à imprecisão dos ensejos que levaram Arquimedes a elaborar o seu tratado *Sobre os Corpos Flutuantes I*, conforme discutido na introdução, a inserção do *emoji* que aparece na coluna visão 3 (visão ahistórica e aproblemática) está relacionada apenas com a omissão da própria estrutura do tratado original de Arquimedes. Nesse sentido, a ausência de uma menção explícita dos fundamentos de seu trabalho, isto é, seus postulados e proposições (ou teoremas), caracteriza uma abordagem ahistórica e ainda

pode contribuir para um juízo distorcido acerca da forma com que Arquimedes apresentou os seus achados. Nenhum dos livros analisados sequer chamou a atenção dos leitores para a maneira como Arquimedes desenvolveu as suas ideias. Por esse motivo, todos os livros receberam o *emoji* em questão.

A causa do empuxo, isto é, a distribuição desigual da pressão na superfície do objeto, e a condição de flutuação em termos das densidades do líquido e do objeto, foram escolhidos para a inserção do *emoji* na coluna visão 4 (visão fragmentada do conhecimento científico). Embora a causa tenha sido satisfatoriamente explicada em todos os livros analisados, Leroy (1985, p. 56) chamou a atenção de autores de livros didáticos para a necessidade de explicar a origem da força de empuxo em termos físicos. Por outro lado, é comum a afirmação de que a flutuação é uma questão que envolve as densidades do fluido e do objeto. No entendimento dos autores deste estudo, essa afirmação deve ser necessariamente demonstrada quando se discute o princípio de Arquimedes em sala de aula. Caso contrário, esse conhecimento passa a se constituir em um dogma para o estudante.

Landi Júnior, Mesquita e Queirós (2024b) verificaram que a origem da força de empuxo e a condição de flutuação em termos das densidades do objeto e do fluido são abordados de maneira insatisfatória em livros didáticos do Ensino Básico utilizados em escolas no Brasil. Nesse sentido, é importante que os autores de livros didáticos do Ensino Superior tenham um cuidado maior quando se trata de demonstrar esses resultados, já que os seus livros são consultados por autores de livros do Ensino Básico. Em particular, Tipler & Mosca não discutem a condição de flutuação ao longo texto, mas apresentam um problema (49, p. 461) que permite o estudante compreender que a flutuação (ou não) de um objeto é uma questão que envolve densidades. Por esse motivo, o *emoji* foi suprimido nesse caso. O livro de Halliday, Resnick & Walker foi o único que não apresentou ou nem mesmo incitou a obtenção da condição de flutuação em termos das densidades envolvidas, e por isso recebeu o *emoji* na coluna visão 4.

A controvérsia do relato (implausível) de Vitruvius e a sugestão (razoável) de Galileu, envolvendo o método utilizado por Arquimedes para comprovar a suposta falsificação da coroa do rei Hierão II, foi escolhido como o fator determinante para a atribuição do *emoji* na coluna visão 5 (visão acumulativa e linear dos conhecimentos científicos). Ao abordar aspectos conceituais e de natureza histórico-filosófica envolvendo o princípio de Arquimedes, Santos Júnior, Hidalgo e Paula (2023, p. 2300731-1) argumentam que “a discussão de episódios históricos permite desmistificar concepções simplistas sobre a Ciência e contribui para o ensino de conceitos científicos”. Em especial, os autores problematizam a pseudo-história da *eureka* de Arquimedes e apresentam a explicação de Galileu, baseada na balança hidrostática, como uma alternativa plausível à época de Arquimedes para o problema da coroa do rei Hierão II.

Halliday, Resnick & Walker e também Young & Freedman ignoram a história, provavelmente de caráter ficcional, envolvendo a descoberta da falsificação da coroa do rei de Siracusa. Por outro lado, no final da seção que aborda o princípio de Arquimedes, Nussenzveig menciona que:

"segundo a lenda contada pelo historiador Vitruvius, Hierão, rei de Siracusa, desconfiava ter sido enganado por um ourives, que teria misturado prata na confecção de uma coroa de ouro, e pediu Arquimedes que o verificasse [...]. Segundo o historiador, medindo os volumes de água deslocada por ouro e prata e pela coroa, Arquimedes teria comprovado a falsificação" (Nussenzveig, 2014, p. 22-23).

Tipler & Mosca, apresentam uma explicação para a solução da falsificação mais alinhada com as ideias de Galileu, porém, relatam a referida solução como algo que realmente aconteceu. Na p. 440, os autores afirmam que Arquimedes "recebeu a incumbência de determinar, de forma não destrutiva, se uma coroa (na verdade, uma grinalda) feita para o rei Hierão II era de ouro puro". Posteriormente, os autores mencionam a história do grito *eureka*, "*conta-se que ele encontrou a solução ao mergulhar em uma banheira e imediatamente correu para casa, nu pelas ruas de Siracusa, gritando...*", e declaram que a descoberta da fraude teria ocorrido mediante o desequilíbrio de uma balança de dois braços. Embora seja plausível a explicação encontrada por Galileu, Martins (2000, p. 120) afirma que "nós nem sequer sabemos se existiu a coroa do rei Hieron". Assim, em virtude de nenhum dos livros analisados confrontarem as propostas de Vitruvius e Galileu, todos receberam o *emoji* na coluna visão 5.

Em relação a inserção do *emoji* que aparece na coluna visão 6, o qual se relaciona com uma visão individualista da Ciência, ao omitir explicitamente a contribuição de Stevin, os livros sugerem que Arquimedes foi o único estudioso que contribuiu para o desenvolvimento do princípio que leva o seu nome. Embora seja notória a participação de nomes tais como Torricelli, Pascal, Newton, entre outros, a omissão de Stevin, em específico, foi considerada suficiente para uma caracterização individualista da construção dessa parte da Física. Conforme mencionado, todos os livros analisados se apropriaram das ideias de Stevin para obter a equação para o empuxo. No entanto, o reconhecimento explícito de sua contribuição para a Ciência foi apontado apenas no livro de Nussenzveig (p. 22): "chega-se ao mesmo resultado aplicando o princípio da solidificação, enunciado por Stevin em 1586". É importante mencionar que estudos recentes destacam a contribuição de outros pesquisadores para um entendimento mais amplo sobre a força de empuxo, a qual nem sempre se encontra ao longo da vertical (Lima; Venceslau; Brasil, 2014), nem sempre tem o mesmo módulo do peso do volume de fluido deslocado (Landi, 2025), dentre outras circunstâncias que não poderiam ser discutidas por Arquimedes porque necessitam de ferramentas do Cálculo Diferencial e Integral (Lima, 2012; Lima; Monteiro, 2013).

Finalmente, a visão descontextualizada e socialmente neutra, última linha do Quadro 1, tem relação com discussões que perpassam os campos da Ciência e da Tecnologia. Por vezes, esses casos podem ser vistos como um ensino reduzido ao conhecimento em sua forma instrumental, técnico e acrítico. Por outro lado, a intenção dos autores pode ser justamente discutir, com rigor e clareza, apenas o conhecimento científico em sua forma crua, isto é, ignorando as suas intrincadas relações com os campos político, ambiental e social. Nos livros analisados neste trabalho, é possível observar aplicações envolvendo o funcionamento de densímetros, o peso máximo que uma jangada suporta, a fração submersa de um iceberg, o

equilíbrio de embarcações, a relação entre a densidade e a flutuação, entre outros exemplos pertinentes para o ensino de Física. Contudo, observa-se que os reflexos no âmbito da complexidade sociológica e política da construção do conhecimento científico são ignorados pelos respectivos autores. Devido a importância de um ensino de Física pautado em uma postura mais crítica em relação a temas que abranjam Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente, ao examinar especificamente o princípio de Arquimedes nos livros analisados, observou-se uma completa ausência de discussões relacionadas com a visão 7.

Conclusões

Observou-se que os livros mais citados nos PPCs de Licenciatura em Física que obtiveram o maior conceito no ENADE 2021, ainda abordam o princípio de Arquimedes de forma tradicional. A análise realizada demonstrou que os livros não contribuem com a difusão das ideias originais de Arquimedes. A contribuição de Stevin (princípio da solidificação) também é ignorada na maioria dos livros analisados. Além disso, não se menciona a crítica de Galileu para a solução (improvável) apresentada por Vitruvius para o problema da coroa do rei Hierão II. Finalmente, é importante reconhecer que as demonstrações apresentadas nos livros analisados envolvendo a determinação do módulo da força de empuxo possuem limitações conceituais. Em particular, aquela que envolve as ideias de Stevin, não explicam os casos em que a força de empuxo não está orientada ao longo da direção vertical para cima. Dessa forma, acredita-se que os aspectos aqui discutidos podem colaborar com o trabalho docente no sentido de contribuir com uma concepção de Ciência que é fruto de um trabalho coletivo e dinâmico ao longo do tempo, em consonância com uma epistemologia contemporânea.

Agradecimentos

Ao Dr. Elefterios Lidorikis, pesquisador, físico, grego, que atua na Universidade de Ioannina, Grécia, pela tradução dos termos em grego. Ao amigo Dr. Mikhail Vasilevskiy da Universidade do Minho pela intermediação com o Dr. Lidorikis.

Referências bibliográficas

- Acerbi, F. (2013). The Archimedes Palimpsest. *Aestimatio*, 10, 34–46. <https://jps.library.utoronto.ca/index.php/aestimatio/article/view/26017>
- Alencar, S. O. T., e ARTHURY, L. H. M. (2020). Concepções de Ciência em livros didáticos de Física: análise de uma coleção do PNLD. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 12(1), 1-18. <https://revistapos.cruzeirosul.edu.br/rencima/article/view/2744>
- Assis, A. K. T. (1996). Sobre os corpos flutuantes, tradução comentada de um texto de Arquimedes. *Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência*, 16, 69–80. [https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V16-p69-80\(1996\).pdf](https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Revista-SBHC-V16-p69-80(1996).pdf)
- Assis, A. K. T. (2008). Arquimedes, o centro de gravidade e a lei da alavanca. Montreal: Apeiron Montreal <https://www.ifi.unicamp.br/~assis/Arquimedes.pdf>

Bergmann, U. (2007). Archimedes brought to light. *Physics World*, 20(11), 39–42. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2058-7058/20/11/39>

Chondros, T. G. (2010). Archimedes life works and machines. *Mechanism and Machine Theory*, 45(11), 1766–1775. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0094114X10000959>

Fernandes, M. A. M., e Porto, P. A. (2012). Investigando a presença da história da Ciência em livros didáticos de Química Geral para o Ensino Superior. *Química Nova*, 35(2), 420-429. <https://www.scielo.br/j/qn/a/SNhbHrYwRcmmqspH7TZypPK/?format=pdf&lang=pt>

Gil Pérez, D., et al. (2001). Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153. <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/DyqhTY3fY5wKhzFw6jD6HFJ/?format=pdf&lang=pt>

Godoy, A. S. (1995). Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais. *Revista de Administração de Empresas*, 35(3), 20-29. <https://www.scielo.br/j/rae/a/ZX4cTGrqYfVhr7LvVyDBgdb/?lang=pt>

Heath, T. L. (1897). *The Works of Archimedes*. Londres: Cambridge University Press. https://www.google.com.br/books/edition/The_Works_of_Archimedes/bTEPAAAAIAAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=The+Works+of+Archimedes.&printsec=frontcover

Hidalgo, J. M., Queiroz, D. M., e Oliveira, M. C. J. (2021). A História da Ciência no PNLD 2018: o Princípio de Arquimedes como estudo de caso. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(2), 1251-1281. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/76199/47331>

Hidalgo, J. M., Ramalho, E., e Anselmo, D. H. A. L. (2023). A historical and conceptual analysis of Archimedes' Principle in higher education textbooks and its relevance for teachers. *Physics Education*, 58, 055009. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ace673>

Hidalgo, J. M., Queiroz, D. M. e Anselmo, D. H. A. L. (2021). O “Princípio de Pascal” nos livros do PNLD 2018: uma análise crítica multicontextual (histórica e conceitual). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 43, e20210064. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/XvvsV5LHkhBgmvz5PNMHy5H/?format=pdf&lang=pt>

Landi, S. (2025). Displaced volume versus submerged volume in the floating of a solid. *Physics Education*, 60, 015020. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/ad9214>

Landi Júnior, S., Mesquita, N. A. S., e Queirós, W. P. (2024a). A importância de modelos para o ensino de Física: em foco o princípio de Arquimedes nos livros didáticos de Ensino Médio. *Amazônia: Revista de Educação em Ciências e Matemáticas*, 20(40), 269-284. <https://www.periodicos.ufpa.br/index.php/revistaamazonia/article/view/15538>

Landi Júnior, S., Mesquita, N. A. S., e Queirós, W. P. (2024b). Uma análise conceitual do princípio de Arquimedes nos livros didáticos de Ciências da Natureza do Ensino Médio. *Revista de Educação Pública*, 33, 78-102.

<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/educacaopublica/article/view/16243>

Leroy, B. (1985). Archimedes principle: a simple derivation. *European Journal of Physics*, 6(1), 56.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/6/1/107/pdf>

Lima, F. M. S. (2012). Using surface integrals for checking Archimedes' law of buoyancy. *European Journal of Physics*, 33(1), 101-113. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/33/1/009>

Lima, F. M. S., e Monteiro, F. F. (2013). Buoyant force in a nonuniform gravitational field. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 35(3), 3701. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/XWCbBKM7ymhWnV5dhBNZ7Ym/?lang=en>

Lima, F. M. S., Venceslau, G. M., e Brasil, G. T. (2014). A downward buoyant force experiment. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 36(2), 2309.

<https://www.scielo.br/j/rbef/a/w7VfCBmYgN46Wm77ttMmQ7d/?format=html&lang=en>

Magnaghi, C. P., e Assis, A. K. T. (2019). *O Método de Arquimedes: Análise e Tradução Comentada*. Montreal: Apeiron Montreal. <http://www.ifi.unicamp.br/~assis/O-Metodo-de-Arquimedes.pdf>

Martins, R. (2000). Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, 17(2), 115-121. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6769>

Napolitani, P. D. (2013) Between myth and mathematics: the vicissitudes of Archimedes and his work. *Lettera Matematica*, 1, 105-112. <https://link.springer.com/article/10.1007/s40329-013-0021-1#citeas>

Netz, R. (2000). The origins of mathematical physics: new light on an old question. *Physics Today*, 53(6), 32-37. <https://pubs.aip.org/physicstoday/article/53/6/32/411305/The-Origins-of-Mathematical-Physics-New-Light-on>

Nunes, R. C., e Queirós, W. P. (2020). Visões deformadas sobre a natureza da ciência no conteúdo de relatividade especial em livros didáticos de física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 19(2) 295-319. <http://revistas.educacioneditora.net/index.php/REEC/article/view/36>

Nussenzveig, H. M. (2014). *Curso de Física Básica*. v. 2. 5 Ed. Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. São Paulo: Blucher.

Rorres, C. (2004). Completing book II of Archimedes' On Floating Bodies. *The Mathematical Intelligencer*, 26, 32-42. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02986750>

Salerno, E., Tonazzini, A., e Bedini, L. (2007). Digital image analysis to enhance underwritten text in the Archimedes palimpsest. *IJDAR*, 9, 79-87. <https://doi.org/10.1007/s10032-006-0028-7>

Santana, A. J. S., Mota, M. D. A., e Leite, R. C. M. (2024). O Novo Ensino Médio e suas implicações no ensino e aprendizagem dos fungos. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 259-276. http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen23/REEC_23_2_05_ex2159_1020.pdf

Santos Júnior, E. R., Hidalgo, J. M., e Paula, T. A. (2023). Contribuições ao ensino do Princípio de Arquimedes. *A Física na Escola*, 21, 230073. <https://fisicanaescola.org.br/index.php/revista/article/view/73/17>

Silva, F. W. O. (2007). A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), 149-159. <https://www.scielo.br/j/rbef/a/wXbCrhcZ79KtDZ5FZmtK8hM>

Silveira, F. L., e Medeiros, A. (2009). O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 26(2), 273-294. https://www.if.ufrgs.br/~lang/Textos/Paradoxo_hidro_GALILEU.pdf

Snir, J. (1991). Sink or float-what do the experts think?: The historical development of explanations for floatation. *Science Education*, 75(5) 595-609. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sce.3730750508>

Anexo

Abaixo consta os 12 cursos de Licenciatura em Física que obtiveram conceito 5 na prova do ENADE/2021 e a respectiva bibliografia de disciplinas que abordam o princípio de Arquimedes. Optou-se em manter a designação e o código como no relatório apresentado pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Recuperado de <https://enade.inep.gov.br/enade/#!/relatorio>.

Instituição, cidade – código ENADE	Bibliografia básica
Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba – 115088	Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2005. Tipler, P.; Mosca, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. Nussenzveig, M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.
Fundação Universidade Federal do ABC, Santo André – 1102398	Alonso, M.; Finn, E. J. Física, um curso universitário: Mecânica. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. Serway, R. A.; Jewett, J. W. Princípios de Física: Movimento Ondulatório e Termodinâmica. 3. ed. São Paulo: Thomson, 2004.
Universidade Estadual de Campinas, Campinas – 47461	Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro – 63486	Nussenzveig, M. Curso de Física Básica: Mecânica. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. Nussenzveig, M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Mecânica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Young, H. D.; Freedman, R. A. Física I, Sears e Zemansky: Mecânica. 12. ed. São Paulo: Pearson Education, 2008. Young, H. D.; Freedman, R. A. Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e Ondas. 12. ed. São Paulo: Pearson Education, 2008. Tipler, P.; Mosca, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – 21579	Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. Nussenzveig, H. M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 5. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blücher, 2014. Young, H. D.; Freedman, R. A. Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e Ondas. 12. ed. São Paulo:

	Pearson Education, 2008.
Universidade Federal de São João Del Rei, São João Del Rei – 66729	Tipler, P. A; Mosca, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. Halliday, D.; Resnick, R.; Krane, K. S. Física 2. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – 12963	Bibliografia não disponível no PPC do curso.
Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora – 13098	Tipler, P. A; Mosca, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. Young, H. D.; Freedman, R. A. Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e Ondas. 12. ed. São Paulo: Pearson Education, 2008. Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre – 45027	Bibliografia não disponível no PPC do curso.
Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – 13840	Halliday, D.; Resnick, R.; Walker, J. Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. Nussenzveig, H. M. Curso de Física Básica: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor. 5. ed. Rio de Janeiro: Edgard Blucher, 2014. Tipler, P. A; Mosca, G. Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul – 1319158	PPC não disponível no site da instituição.
Universidade Federal da Bahia, Salvador – 13273	Bibliografia não disponível no PPC do curso.