



**YURI MARTINS ALVES**

**FÍSICA FORENSE:  
O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO DA  
TRAGÉDIA DO TITANIC**

**LAVRAS – MG**

**2022**

**YURI MARTINS ALVES**

**FÍSICA FORENSE:**

**O ENSINO DE FÍSICA ATRAVÉS DA INVESTIGAÇÃO DA TRAGÉDIA DO TITANIC**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Licenciatura em Física como requisito para a obtenção do grau de Licenciado em Física da Universidade Federal de Lavras.

Prof<sup>a</sup>. Dra. Iraziet da Cunha Charret

Orientadora

**LAVRAS – MG**

**2022**

**Ficha catalográfica elaborada pela Coordenadoria de Processos Técnicos  
da Biblioteca Universitária da UFLA**

Alves, Yuri Martins

Física forense : O Ensino de Física através da investigação da tragédia do Titanic / Yuri Martins Alves. 1ª ed. – Lavras : UFLA, 2022.

67 p. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso–Universidade Federal de Lavras, 2022.

Orientadora: Profª. Dra. Iraziet da Cunha Charret.

Bibliografia.

1. Física forense. 2. Ensino. 3. Problematização. 4. Investigação. 5. Resolução de problemas. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

A reprodução e a divulgação total ou parcial deste trabalho são autorizadas, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte. CDD-808.066

Este documento possui páginas em branco para facilitar a impressão frente-e-verso.

*Dedico ao meu pai, Marcos Roberto, e à minha mãe, Maria Célia, por terem me proporcionado esta oportunidade, e ao meu irmão, Athos, por ser meu parceiro de vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, gostaria de agradecer aos meus pais, Marcos Roberto e Maria Célia, que sempre estiveram ao meu lado em todos os momentos, fossem eles fáceis ou difíceis, e nunca mediram esforços para me ajudar, oferecendo apoio ao longo de toda a minha trajetória.

Agradeço ao meu irmão, Athos, por ser meu porto seguro e meu companheiro de vida.

À minha orientadora, Iraziet, pela atenção e pelos direcionamentos, sem os quais este trabalho não seria possível.

À Universidade Federal de Lavras, por todas as oportunidades oferecidas durante todo esse período.

A todos os professores com os quais tive o prazer de conviver, por todo o conhecimento ofertado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), por proporcionarem minha estadia e vivência no ambiente universitário.

Aos meus amigos, que foram essenciais nos momentos difíceis.

*"Scientific progress is measured in units of courage, not intelligence."*

*(Paul Dirac)*

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo a elaboração de uma proposta didática que abordasse conteúdos de Física presentes no currículo escolar do Ensino Médio através da utilização do filme Titanic, onde os alunos deverão se passar por peritos e investigar as causas do acidente a partir de algumas cenas do filme. A princípio, foi feita uma discussão a respeito de algumas metodologias de ensino utilizadas na proposta, como o ensino por investigação, ensino por argumentação, ensino por problematização e resolução de problemas, além de aspectos relacionados à Ciência Forense. Logo após, foi feito um detalhamento da revisão bibliográfica desenvolvida no trabalho, o qual abordou aspectos como os termos chave escolhidos, os critérios de escolha dos documentos e os resultados obtidos. Em seguida, é apresentada a proposta onde são discutidos os problemas elaborados, bem como as possibilidades de utilização dos mesmos em sala de aula. Vale ressaltar que a proposta não foi implementada em nenhuma turma, muito pelo fato da mesma ter sido desenvolvida durante a pandemia da Covid-19, o que dificultou de forma considerável o contato com a sala de aula. Por fim, aparecem as considerações finais, onde é feito um relato a respeito dos pontos relevantes do trabalho como um todo.

**Palavras-chave:** Física forense. Ensino. Investigação. Argumentação. Problematização. Resolução de problemas.

## ABSTRACT

The present work had as objective the elaboration of a didactic proposal that approached contents of Physics present in the school curriculum of the High School through the use of the movie Titanic, where the students must pass themselves as experts and investigate the causes of the accident from some scenes of the movie. At first, a discussion was made about some teaching methodologies used in the proposal, such as teaching by investigation, teaching by argumentation, teaching by problematization and problem solving, in addition to aspects related to Forensic Science. Soon after, a detailed review of the literature developed in the work was carried out, which addressed aspects such as the key terms chosen, the criteria for choosing the documents and the results obtained. Then, the proposal is presented where the problems elaborated are discussed, as well as the possibilities of using them in the classroom. It is worth mentioning that the proposal was not implemented in any class, mainly because it was developed during the Covid-19 pandemic, which made contact with the classroom considerably difficult. Finally, the final considerations appear, where a report is made about the relevant points of the work as a whole.

**Keywords:** Forensic physics. Teaching. Investigation. Argumentation. Problematization. Problem solving.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – A argumentação nos diferentes momentos da investigação científica. . . . .	16
Figura 2.2 – A argumentação na hibridação entre a cultura escolar e a cultura científica. . . . .	16
Figura 3.1 – Gráfico que representa a situação das propostas. . . . .	25
Figura 3.2 – Gráfico que representa os níveis de ensino de aplicação das propostas. . . . .	26
Figura 3.3 – Gráfico que representa a distribuição das propostas aplicadas entre instituições públicas e privadas. . . . .	27
Figura 3.4 – Gráfico que representa os temas abordados. . . . .	27
Figura 3.5 – Gráfico que representa a distribuição dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea. . . . .	29
Figura 3.6 – Gráfico que representa a distribuição dos conteúdos de Física Clássica. . . . .	29
Figura 3.7 – Gráfico que representa a distribuição das estratégias de ensino utilizadas durante as atividades. . . . .	30
Figura 4.1 – RMS Titanic. . . . .	33
Figura 4.2 – Trajetória prevista para a viagem do Titanic entre Queenstown (Cobh) e Nova York. . . . .	43
Figura 4.3 – Representação de um movimento retilíneo unidimensional. . . . .	44
Figura 4.4 – Gráfico da posição em função do tempo ( $x \times t$ ) para um movimento retilíneo uniforme. . . . .	44
Figura 4.5 – Possibilidades de abrigo do casal levando em consideração o espaço disponível sobre o destroço. . . . .	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Quantidade de trabalhos selecionados. . . . .	24
------------------------------------------------------------	----

## LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1 – Alguns dados aproximados que podem ser úteis para a resolução do problema 2. . . . .	40
Quadro 4.2 – Alguns dados aproximados que podem ajudar na resolução do problema 3.	43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> . . . . .	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>2.1</b>	<b>Metodologias no ensino de ciências</b> . . . . .	<b>12</b>
<b>2.1.1</b>	<b>Ensino por Investigação</b> . . . . .	<b>13</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Ensino por Argumentação</b> . . . . .	<b>16</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Ensino por Problematização</b> . . . . .	<b>18</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Resolução de problemas</b> . . . . .	<b>20</b>
<b>2.2</b>	<b>A ciência forense no Ensino de Física</b> . . . . .	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> . . . . .	<b>23</b>
<b>3.1</b>	<b>Resultados e discussões</b> . . . . .	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>PROPOSTA: ENSINANDO FÍSICA ATRAVÉS DO FILME TITANIC</b> . .	<b>32</b>
<b>4.1</b>	<b>TITANIC: algumas informações</b> . . . . .	<b>32</b>
<b>4.2</b>	<b>Houve crime na tragédia do Titanic?</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Algumas discussões</b> . . . . .	<b>34</b>
<b>4.3</b>	<b>Investigando as causas do acidente</b> . . . . .	<b>35</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Primeiro Problema: Flutuabilidade (Grupo 1)</b> . . . . .	<b>36</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Segundo Problema: Colisões (Grupo 2)</b> . . . . .	<b>39</b>
<b>4.3.3</b>	<b>Terceiro Problema: Movimento (Grupo 3)</b> . . . . .	<b>42</b>
<b>4.3.4</b>	<b>Quarto Problema: Trocas de calor (Grupo 4)</b> . . . . .	<b>45</b>
<b>4.3.5</b>	<b>Quinto Problema: Flutuabilidade (Grupo 5)</b> . . . . .	<b>48</b>
<b>4.4</b>	<b>Sequência de ensino</b> . . . . .	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>Considerações finais</b> . . . . .	<b>57</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> . . . . .	<b>59</b>
	<b>APENDICE A – Lista de trabalhos selecionados</b> . . . . .	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema educacional vem sendo alvo de significativas mudanças nos últimos anos, tendo como objetivo a transformação de um ambiente puramente transmissivo, o qual caminha na contramão no que se refere à formação de um sujeito autônomo e esclarecido, em um ambiente cujo propósito seja estimular o pensamento crítico, criando assim condições favoráveis para o desenvolvimento pessoal e social do indivíduo (FRANÇA; GOMES; FRANÇA JÚNIOR, 2021). Discutir os caminhos trilhados pela educação é, sem dúvidas, um desafio muito importante, visto que é necessário oferecer como produto algo que seja qualitativamente adequado para a formação do aluno (CÂNDIDO; GENTILINI, 2017).

No que se refere ao Ensino de Física na Educação básica, este ainda é caracterizado por ser muito mecanizado, sendo que, ao invés de dar lugar às discussões que favorecem o desenvolvimento pessoal do aluno, privilegia-se a memorização em massa de conteúdos, que, na maioria das vezes, acabam sendo rejeitados e esquecidos logo em seguida (CLEMENT; TERRAZAN, 2012). Segundo os mesmos autores, é possível perceber um grande distanciamento entre os conteúdos estudados na escola com a realidade presente no cotidiano. Prova disso é o despreparo dos alunos, a julgar pelos rendimentos obtidos no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), além do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), no que se trata da utilização do conhecimento, até então adquirido na escola, na resolução de problemas que abordam temas presentes no dia a dia (FRANÇA; GOMES; FRANÇA JÚNIOR, 2021). Ainda, poucas são as pessoas que utilizam o conhecimento científico para resolver problemas cotidianos, como, por exemplo, o cálculo do consumo de energia de determinados aparelhos eletrônicos e a leitura e interpretação de rótulos presentes em embalagens de alimentos, o que deixa claro a necessidade de um comprometimento com o letramento da população (BRASIL, 2018). Sendo assim, é preciso fazer uso de estratégias que consigam despertar o interesse dos alunos, para que estes possam sentir-se motivados a buscarem conhecimento de uma forma prazerosa e inovadora.

O presente trabalho teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica de documentos que abordam o assunto em questão e desenvolver uma proposta que possibilite ensinar Física de uma forma não convencional, utilizando metodologias que sejam acessíveis a qualquer tipo de ambiente escolar, visando colocar o aluno na posição de desenvolvedor e descobridor do próprio conhecimento. O tema escolhido para isso foi a Física forense.

A ciência forense está presente na vida de todas as pessoas, seja por meio de uma notícia em jornal, um filme ou uma série televisiva. Provavelmente, todos já tiveram contato com esse tipo de conteúdo. Particularmente, um físico forense possui várias funções, sendo que, segundo Souza (2019), as principais delas são:

Análise de acidentes de trânsito, determinação do tipo de veículo a que possam pertencer fragmentos como pedaços de lanternas e para-choques encontrados no local onde aconteceu o acidente e reconstruir, quando necessário, a dinâmica de homicídios, envolvendo, por exemplo, questões balísticas, tais como: trajetória de projéteis, distância em que foi efetuado o disparo, os orifícios de entrada e saída desses projéteis (SOUZA, 2019, p.27).

O desejo e o fascínio dos telespectadores em saber como se desenvolve uma investigação criminal que visa determinar os autores e os motivos de um crime cresce cada vez mais devido à grande disponibilidade de tais conteúdos nas mídias sociais, o que torna a utilização de seus elementos uma potencial estratégia didática para que se possa ensinar alguns conceitos científicos (SOUZA et al., 2017).

Pensando nisso, foi desenvolvida, baseada em um dos documentos utilizados na revisão bibliográfica (TENÓRIO; LEITE; TENÓRIO, 2014), uma proposta que busca trabalhar conceitos físicos através de um filme, o Titanic. O motivo da escolha do filme foi o fato do mesmo conter vários conceitos físicos em potencial para serem utilizados em uma aula, além de ser muito popular e não possuir restrições de idade para os alunos que já cursam o ensino médio. A proposta se trata da realização do “dia do perito”; os alunos se passarão por profissionais da área ao analisar os acontecimentos ao longo do filme, desde a construção do navio até o momento pós-tragédia.

O trabalho foi estruturado em 5 capítulos, sendo: introdução, fundamentação teórica, revisão de literatura, proposta didática e considerações finais. Ainda, é possível encontrar um apêndice, o qual contém a lista dos trabalhos selecionados.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ensinar ciências não é uma tarefa simples, muito pelo fato desta exigir um alto grau de abstração dos alunos, ou seja, a capacidade de analisar e definir o que é ou não relevante para a construção do conhecimento, análise esta que os estudantes não estão acostumados a realizar (CARVALHO et al., 2010 apud BERTUSSO; WENDLING; MALACARNE, 2018).

Segundo Bachelard (1977 apud DELIZOICOV, 2001), o estudante chega às aulas, especificamente nas de Física, com conhecimentos já construídos devido a sua interação com a vida cotidiana, e que, portanto, durante a educação escolar, o aluno derruba os obstáculos trazidos pela vida cotidiana e constrói novos conhecimentos. Schnetzler (1992) segue a mesma linha de raciocínio, tomando como pressuposto que o aluno inicia o desenvolvimento do seu conhecimento na ciência escolar com várias ideias e concepções a respeito de fenômenos e conceitos científicos geralmente diferentes daqueles que se busca ensinar pelo simples fato de estarem inseridos no mundo. Portanto, o que eles aprendem depende do conhecimento que já trazem para a sala de aula, além das características do próprio processo de ensino. Sendo assim, o ensino deve ser concebido como um processo onde os conceitos já conhecidos pelos alunos sejam re-trabalhados sob novas formas e perspectivas, não deixando que suas concepções prévias sejam destruídas.

Pensando nisso, é preciso escolher bem quais metodologias utilizar para que se possa estimular o desenvolvimento do aluno, tanto pessoal, quanto como cidadão e profissional, fazendo com que ele desenvolva suas habilidades e percepções sobre o mundo no qual está inserido.

### 2.1 Metodologias no ensino de ciências

As metodologias de ensino compreendem os artifícios usados pelos educadores visando a construção do conhecimento por parte dos alunos, sendo que cada educador utiliza formas e métodos diferentes para que tal objetivo seja alcançado. Espera-se que essa mesma educação seja capaz de capacitar os indivíduos através do aprendizado, fazendo-os resolver os problemas que surgem à sua volta.

Fazer com que um aluno aprenda a aprender requer primeiro um método de ensino centrado em situações que conduzam ao ensino. Não só é preciso aprender a aprender ouvindo, escrevendo, memorizando e reproduzindo o conhecimento. É necessário também algo mais dinâmico, que possa estimular o interesse dos alunos não só fisicamente, mas intelectualmente. O aprendiz deve colocar em funcionamento todas as suas estruturas cognitivas durante o processo

de aprendizagem e ser capaz de transcender essa estrutura para refletir e restaurar todas as ações realizadas para buscar o conhecimento (ROSA; ROSA, 2012).

França, Gomes e França Júnior (2021) estabelecem uma interlocução com as ideias de Vigotski ao destacar a importância da linguagem específica da Física (conceitual, simbólica e matemática), já que o referido autor transmite a ideia de que o conhecimento é transferido através da linguagem, originando assim o pensamento. Assim, ainda segundo o autor, é necessária uma articulação dessas linguagens, para que, no processo de ensino-aprendizagem, não ocorra a simples transmissão de conteúdos ou a reprodução de ideias.

Segundo Mourão e Sales (2018), a motivação aparece como um dos fatores importantes neste processo, a qual deve ser alcançada com o protagonismo do aluno. Várias metodologias de ensino contemplam tal objetivo, mas irei abordar apenas quatro delas: ensino por investigação, ensino por argumentação, ensino por problematização e resolução de problemas.

### **2.1.1 Ensino por Investigação**

O ensino por investigação teve origem no período da inclusão das Ciências da natureza nos currículos norte-americano e dos países europeus, no século XIX, tendo como objetivo ir contra o ensino clássico vigente (BERTUSSO; WENDLING; MALACARNE, 2018).

Esse modelo clássico ainda se mostra muito presente, já que, segundo Munford e Lima (2007), o ensino de ciências, de modo geral, tem sido realizado não através de significativas problematizações e diálogos entre teoria e mundo real, mas sim por meio de proposições científicas tomadas como verdade, o que acarreta em construções inadequadas sobre a ciência como “empreendimento cultural e social”, impedindo assim o verdadeiro aprendizado. Apesar do conhecimento científico escolar ser resultado de um processo de adaptação do conhecimento científico desenvolvido no ambiente universitário (VILLANI; NASCIMENTO, 2003), é possível perceber uma grande diferença entre ambos.

As abordagens investigativas, então, podem se tornar um meio para que aspectos referentes à prática dos cientistas sejam inseridos no ambiente escolar (MUNFORD; LIMA, 2007).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC),

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou

experimental. [...] Vale a pena ressaltar que, mais importante do que adquirir as informações em si, é aprender como obtê-las, como produzi-las e como analisá-las criticamente (BRASIL, 2018, p.551).

Esta metodologia mostra a necessidade de se promover um ensino que seja mais interativo, conversacional, e que seja baseado em atividades capazes de fazer com que o aluno aceite a explicação científica para além de seus dogmas e concepções (MUNFORD; LIMA, 2007).

Retomando a premissa de que os alunos dão entrada na ciência escolar com ideias e concepções já formadas a respeito de fenômenos e conceitos científicos (SCHNETZLER, 1992), Campos e Nigro (1999 apud BRITO; FIREMAN, 2016, p.128) argumentam que,

O que parece ocorrer é que os alunos criam um significado para as informações a que têm acesso, adaptando-as às suas próprias concepções. Desse modo, acabam criando uma realidade própria, que dá sentido à informação que receberam, sem, no entanto, alterar a sua concepção inicial.

Segundo Brito e Fireman (2016), para alterar essa concepção prévia e fazer com que o verdadeiro aprendizado citado por Munford e Lima (2007) aconteça, é necessário incitar os alunos à investigações e análises críticas através de problemas que envolvam fenômenos naturais seguidos de ações como: “formulações de hipóteses, testes de hipóteses, comparação de evidências, troca de experiências, argumentação e socialização das conclusões alcançadas.”

Pensando nisso, Campos e Nigro (1999 apud BRITO; FIREMAN, 2016) trazem um exemplo de atividade prática que busca fazer com que os alunos deem lugar à explicações guiadas pela ciência, e não apenas por suas concepções prévias. Segundo os autores,

[...] se um aluno acredita que o efeito de afundar é determinado pelo volume de um objeto – objetos grandes afundam e objetos pequenos flutuam –, e não pela relação entre a sua massa e o seu volume, o professor pode, então, criar situações nas quais esse sistema explicativo não seja válido. Uma das possibilidades seria apresentar ao aluno dois objetos: um pequeno e bem denso e um grande e pouco denso. Em seguida, o professor poderia perguntar ao aluno o que ele acha que irá acontecer se os objetos forem mergulhados na água. Caso o aluno diga que o objeto maior vai afundar e o menor não, ele estará em situação de conflito cognitivo ao observar o resultado da atividade (CAMPOS; NIGRO, 1999 apud BRITO; FIREMAN, 2016, p.128)

Entretanto, para iniciar tal processo de mudança conceitual, torna-se necessário que o professor consiga criar um ambiente onde os alunos se envolvam de maneira eficiente com o objeto de estudo e não sejam apenas meros expectadores (BRITO; FIREMAN, 2016). Assim, ainda segundo os autores, o aluno não somente "faz ciência", mas aprende "sobre ciência", ou

seja, ele se alfabetiza cientificamente, tornando-se capaz de discutir e apresentar uma avaliação crítica aos conteúdos estudados.

Essa mudança conceitual pode acontecer de várias formas. Para Schnetzler (1992), algumas delas são:

1) acréscimo de novas concepções em função de experiência posterior do aluno, através do seu desenvolvimento pessoal e pelo contato com idéias de outras pessoas; 2) reorganização das concepções existentes, tanto desafiadas por alguma nova idéia externa ao aluno, quanto como resultado de um processo de pensamento desenvolvido internamente por ele próprio; 3) rejeição de concepções existentes, como resultado de uma reorganização conceitual que implica substituição dessas por outras concepções novas, em função do confronto entre o seu ponto de vista anterior com o ponto de vista da Ciência (SCHNETZLER, 1992, p.19).

Fazendo uma análise da primeira, é fácil perceber que esta se mostra pouco eficiente, já que um simples acréscimo de novas concepções não muda o fato do aluno possuir concepções prévias e equivocadas, as quais deveriam ser retrabalhadas a fim de serem alteradas. A segunda parece ir ao encontro da primeira, já que não proporciona nenhum conflito entre as concepções recém adquiridas e as concepções prévias. Em contrapartida, a terceira se mostra muito eficiente, já que possibilita a mudança da concepção inicial, fazendo com que o aluno entre em um conflito de ideias onde prevaleça a visão científica. Isso não quer dizer que sua concepção inicial será destruída, mas sim que ela irá evoluir para ideias aceitas cientificamente (SCHNETZLER, 1992).

Vale ressaltar que o ensino de ciências através da investigação não se restringe necessariamente à atividades práticas ou experimentais, nem à atividades muito "abertas", ou que o mesmo deve ser usado no desenvolvimento de todos os conteúdos. Segundo Munford e Lima (2007), uma atividade experimental nem sempre apresenta características necessárias na investigação, e pode ser menos investigativa que uma atividade sem caráter prático. As autoras defendem ainda que existem temas mais apropriados para tal abordagem, ficando a mesma como uma forma de diversificação inovadora.

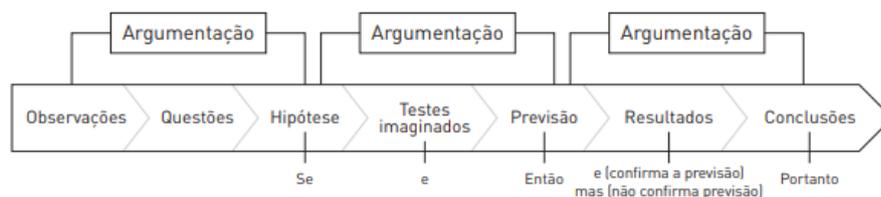
Entende-se, portanto, que o ensino por investigação pode levar os alunos à prática da ciência através da sua aproximação com as atividades que exigem o engajamento, a elaboração de hipóteses, a obtenção de dados e sua consolidação e a capacidade de conclusão a partir de argumentos e evidências científicas (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

### 2.1.2 Ensino por Argumentação

O processo de ensino e aprendizagem científico não é apenas uma construção pessoal, já que o conhecimento científico não é algo que os alunos possam descobrir por si próprios. Na verdade, a aprendizagem científica envolve processos pessoais e sociais (COSTA, 2008). Sendo assim, independentemente do tipo de atividade investigativa utilizada no ambiente escolar, sempre será exigida uma interação entre os alunos que constituem tal ambiente, onde estes compartilham seus pontos de vista sobre o assunto investigado, promovendo, através disso, um espaço interativo de argumentação (FERRAZ; SASSERON, 2017). Essa mesma interação proporciona uma externalização do pensamento até então individual e sua passagem de uma argumentação retórica para uma argumentação dialógica, ou seja, a troca de ideias entre várias pessoas, a qual melhor se aproxima da metodologia que conduz à construção do conhecimento científico (COSTA, 2008).

A figura (2.1) mostra a representação da argumentação nos diferentes momentos da investigação científica.

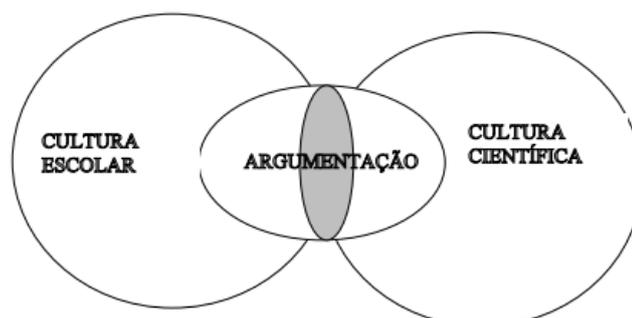
Figura 2.1 – A argumentação nos diferentes momentos da investigação científica.



Fonte: Scarpa (2015, p.20).

Segundo a autora, a argumentação age no processo de regulação e contato entre a cultura científica e a cultura escolar, intermediando a zona de fronteira entre ambas, assim como mostra a figura (2.2).

Figura 2.2 – A argumentação na hibridação entre a cultura escolar e a cultura científica.



Fonte: Scarpa (2009, p.69).

Para Costa (2008), desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes deve ser considerado um objetivo básico do ensino, pois assim eles se tornam capazes de defender e justificar suas ideias quando em confronto, além de conseguir entender que a construção do conhecimento científico se dá através de questionamentos.

Segundo Duschl, Schweingruber e Shouse (2007) e McNeill (2011), situações argumentativas favorecem a construção de múltiplas explicações de forma crítica e possibilitam o uso das evidências como embasamento de suas afirmações, contribuindo assim para a construção da compreensão dos diferentes conteúdos da ciência. Com isso, é possível perceber que a introdução de tal prática nas aulas pode favorecer a comunicação e o pensamento crítico do aluno, colaborando assim para o processo de alfabetização científica.

Ainda segundo Costa (2008), um aspecto que deve ser considerado é o conhecimento prévio dos estudantes, já que o caráter argumentativo, segundo Osborne e Patterson (2011), devido à necessidade de premissas na obtenção de conclusões, não é espontâneo. Quando existente, faz com que os mesmos sintam-se capazes de argumentar perante um determinado assunto. Por outro lado, sua falta pode proporcionar ocasiões em que os alunos não consigam explicitar seu ponto de vista e justificá-lo através de fundamentações, pois não conseguem acessar conhecimentos pré-existentes de maneira adequada ou até mesmo não os conhecem. Nota-se, assim, a necessidade da atenção do professor para que tal caráter seja instaurado. Essa necessidade é citada por Chiaro e Leitão (2005), os quais dizem que:

[...], o processo de apropriação do conteúdo curricular depende significativamente da mediação do professor na medida em que suas ações discursivas conferem estatuto epistêmico ao discurso dos alunos. [...] É necessário que um processo social e comunicativo de apropriação de um conteúdo preexistente aconteça e para isso, o papel do professor [...] torna-se fundamental (CHIARO; LEITÃO, 2005, p.357).

Sendo assim, o professor deve ser responsável pela mediação entre o processo argumentativo e a construção do conhecimento, visando a promoção de habilidades em ciências que os tornem capazes de traçar e percorrer caminhos para a construção de hipóteses e justificativas para suas conclusões na busca por soluções de problemas. Nesse âmbito, o aluno deve ser encorajado a formular seu ponto de vista e a ouvir pontos de vista distintos, já que se trata de um ambiente que promove a troca de ideias entre várias pessoas.

Nussbaum e Sinatra (2003 apud COSTA, 2008), através de um estudo que buscou testar a eficácia de uma intervenção de mudança conceitual baseada na argumentação, verificaram que alunos solicitados a discutir sobre uma explicação alternativa (explicação científica) de um

problema físico utilizando a argumentação apresentaram um melhor rendimento se comparados aos participantes que foram solicitados a resolver o problema sem argumentação.

Com base nesta situação, torna-se necessário que os alunos aprofundem sua compreensão sobre a natureza da argumentação, sendo induzidos a usarem a racionalidade crítica e argumentativa para serem capazes de desempenhar um papel ativo na construção e desenvolvimento da própria sociedade. Assim, os mesmos estarão conscientes do impacto dos seus procedimentos e se tornarão capazes de argumentar com fundamento na hora da tomada de decisões (COSTA, 2008).

### **2.1.3 Ensino por Problematização**

O processo de ensino-aprendizagem através da metodologia da problematização pode ser visto como um percurso onde se utiliza de um problema presente na realidade e se realiza um estudo sobre o mesmo, buscando, através disso, encontrar suas possíveis causas e soluções (TEO; BORSOI; FERRETTI, 2019). Vale ressaltar que a presente metodologia é caracterizada por conduzir o estudante para além de um mero exercício intelectual, fazendo-o avançar por um caminho que apresenta a realidade social como ponto de partida e chegada (BERBEL, 2012).

A metodologia da problematização, em consonância com a ideia de uma proposta que possa ser inserida em qualquer ambiente escolar, não exige grandes alterações materiais ou físicas no espaço, sendo que as principais alterações se mostram presentes na programação da disciplina (BERBEL, 1998).

Dentre as várias contribuições aos problemas relativos ao ensino-aprendizagem de ciências, Bachelard tem presença marcante, o qual destaca a importância da atribuição da origem do conhecimento à busca de soluções para tais problemas. Segundo ele,

Antes de tudo o mais, é preciso saber formular problemas. E seja o que for que digam, na vida científica, os problemas não se apresentam por si mesmos. É precisamente esse sentido do problema que dá a característica do genuíno espírito científico. Para um espírito científico, todo conhecimento é resposta a uma questão. Se não houve questão, não pode haver conhecimento científico. Nada ocorre por si mesmo. Nada é dado. Tudo é construído (BACHELARD, 1977 apud DELIZOICOV, 2001, p.3).

Assim, problematizar é selecionar e criar problemas adequados, de modo que seja possível introduzir um novo conhecimento para o aluno, conhecimento esse que ele ainda não possui. Para isso, é necessário que o problema tenha um significado para o estudante, de modo

a conscientizá-lo que a sua solução exige um conhecimento que para ele é inédito (BERTUSSO; WENDLING; MALACARNE, 2018).

É possível planejar as atividades em sala de aula da seguinte forma: os professores podem solicitar aos alunos a explicação da situação envolvida no tema selecionado e seus conhecimentos prévios, de forma a direcionar o processo de questionamento para a(s) resolução(ões) de problemas que irão fazer com que os alunos aprendam coisas novas. Isto significa que a seleção do plano de estudos e do plano a ser realizado começa com a análise temática, podendo os professores utilizar esses temas para encontrar as questões mais relevantes a serem formuladas e dar explicações claras de acordo com a situação em pauta na problematização (envolvendo tópicos particulares) e conhecimentos físicos específicos (DELIZOICOV, 2001).

Como forma de sistematizar as atividades didático-pedagógicas, aparecem os momentos pedagógicos de Delizoicov, os quais são formados por três partes (DELIZOICOV, 2001). São elas:

**Problematização inicial:** esta etapa tem por finalidade fazer com que o aluno sinta a necessidade de adquirir novos conhecimentos a partir de um problema que deve ser enfrentado. Inicialmente, são apresentadas situações conhecidas pelos alunos, as quais, além de estarem envolvidas no tema estudado, exigem o conhecimento de conceitos físicos para serem interpretadas. Neste momento, os conhecimentos que os alunos vão expor são problematizados. O professor aparece com a finalidade de questionar os posicionamentos, além de fomentar a discussão das respostas dadas pelos alunos (DELIZOICOV, 2001).

**Organização do conhecimento:** nesta etapa, são estudados, com a utilização de diversas atividades orientadas pelo professor, os conhecimentos físicos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial. Nesse ponto, a resolução de problemas com lápis e papel desempenha sua função formativa na apropriação de conhecimentos específicos (DELIZOICOV, 2001).

**Aplicação do conhecimento:** a finalidade deste momento é capacitar os alunos a empregarem os conhecimentos físicos nas situações reais, ou seja, o suporte teórico fornecido pela Física está em pauta nesse momento. Nesta etapa, é feita uma sistematização do conhecimento incorporado pelo aluno para analisar e interpretar as situações iniciais que determinaram seu estudo, além de outras situações que podem ser compreendidas pelo mesmo conhecimento. Para isso, assim como na etapa anterior, são desenvolvidas atividades, formulando, através disso, os chamados problemas abertos (DELIZOICOV, 2001).

A problematização aparece como um recurso essencial no que se refere ao desenvolvimento de conteúdos em sala de aula, podendo melhorar o processo de ensino-aprendizagem à medida que consegue atribuir um maior valor e sentido aos temas científicos estudados (BERTUSSO; WENDLING; MALACARNE, 2018). Tal metodologia apresenta-se com a finalidade de questionar o quanto determinada experiência alterou a compreensão, a apreensão, as atitudes e o comportamento de cada aluno, visando a consciência crítica e não apenas a compreensão dos conceitos e mecanismos básicos da ciência (CYRINO; TORALLES-PEREIRA, 2004).

Entende-se então que, através desta metodologia, é possível que a construção do conhecimento ocorra de forma mais eficiente, levando em conta os saberes trazidos pelo aluno para a sala de aula.

#### **2.1.4 Resolução de problemas**

É necessário, nas diferentes etapas e áreas da educação, que os alunos desenvolvam habilidades e estratégias que lhes permitam a compreensão de novos conhecimentos por si mesmos ao invés da simples obtenção e memorização de conhecimentos prontos e acabados presentes em nossa ciência, sociedade e cultura, visando assim uma sociedade mais justa, onde o mesmo seja capaz de intervir no desenvolvimento humano e social de forma crítica e criativa objetivando a melhoria de vida do cidadão. Para que isso aconteça, é preciso fazer com que os alunos sejam capazes de enfrentar, através da busca por novos conhecimentos e habilidades, situações diferentes em contextos diversificados, pois, somente assim, estarão aptos para a necessária adaptação às mudanças que acontecem no ramo cultural, tecnológico e profissional da atualidade (SOARES; PINTO, 2001).

Sendo assim, as situações problema surgem como auxílio no desenvolvimento da capacidade de enfrentar situações até então nunca vistas, além de ser um facilitador da contextualização dos conteúdos escolares, ou seja, elas podem ser elaboradas tanto com o objetivo de abordar aspectos internos referentes à disciplina, quanto para se trabalhar com situações cotidianas e históricas. Entretanto, para que seja possível a compreensão destas situações, torna-se necessária uma conexão entre a teoria e a prática, onde as situações de vivência pessoal do aluno podem ser aproveitadas de forma a contribuir com o processo de construção do conhecimento escolar, o qual auxiliará o aluno na compreensão dos fenômenos e situações cotidianas já mencionadas (CLEMENT; TERRAZZAN, 2012).

De uma forma geral, determinada situação se caracteriza como um problema quando sua solução não ocorre de maneira imediata e nem admite automatismos, obrigando o aluno a refletir e a tomar uma série de decisões que proporcionarão uma sequência de etapas a serem seguidas no processo de resolução (CLEMENT; TERRAZZAN, 2012). De forma análoga, Soares e Pinto (2001) defendem que, para que determinada situação possa ser considerada um problema, ela deve proporcionar uma série de reflexões e de tomadas de decisões no que se refere ao caminho a ser utilizado para que se possa resolver tal problema, caminho esse que não possui automatismos como método de resolução imediata. Assim, cabe aos professores a apresentação de situações-problema que consigam fazer com que os alunos tenham uma participação ativa no processo de resolução, seja na análise dos resultados, na reflexão ou no compartilhamento de ideias, tornando possível a construção do conhecimento.

A partir do momento que o professor adota o método de resolução de problemas, ele passa a ter o papel de orientador, incentivando e mediando as ideias apresentadas pelos alunos para que estas tornem-se produtivas, proporcionando aos estudantes a construção do conhecimento. Para isso, ele deve criar um ambiente de cooperação que preze pelo processo de resolução e pela importância de questionamentos e discussões entre os alunos, e não apenas pelo resultado final (VIANNA, 2002).

Vale ressaltar que é preciso tomar alguns cuidados quando se fala de resolução de problemas. Segundo Vianna (2002), ocorre uma certa confusão quando alguns professores utilizam com seus alunos questões presentes, por exemplo, em provas de olimpíadas, e acham que tais questões, por não se encaixarem nos esquemas prévios de resolução, são boas para serem trabalhadas dentro da metodologia de resolução de problemas. Mesmo que algumas delas realmente não permitam que tais esquemas sejam utilizados, é preciso levar em consideração o desejo que esse problema desperta no aluno. Tais problemas, que normalmente se mostram ser difíceis e enigmáticos, são mais bem aceitos para aqueles alunos que já possuem certa atração pelo assunto em questão e se mostram pouco ou nada eficientes no que se refere à capacidade de despertar o interesse nos demais alunos. É preciso, então, antes de tudo, que o problema utilizado seja problema para os alunos, ou seja, é preciso que estes demonstrem interesse em resolvê-los.

Para Romanatto (2012), na resolução de problemas,

[...] os estudantes vão exercitar as suas mais diversas capacidades intelectuais como também mobilizar estratégias das mais diversas naturezas para encontrar a resposta, tais como: criatividade, intuição, imaginação, iniciativa,

autonomia, liberdade, estabelecimento de conexões, experimentação, tentativa e erro, utilização de problemas conhecidos, interpretação dos resultados, etc (ROMANATTO, 2012, p.303).

Portanto, ao ensinar por meio da resolução de problemas, pode-se ajudar os alunos a desenvolverem a capacidade de aprender e acostumá-los a determinar as respostas para suas questões; seja um problema escolar ou um problema da vida diária; ao invés de esperar de prontidão as respostas dadas pelo professor ou pelo livro didático (SOARES; PINTO, 2001).

## 2.2 A ciência forense no Ensino de Física

A ciência forense pode ser entendida como uma área interdisciplinar que envolve a Física, Biologia, Química, Matemática, entre várias outras, tendo como objetivo auxiliar nas investigações civis e criminais (SEBASTIANY et al., 2013).

A palavra forense significa um tribunal de justiça, ou seja, se remete à discussão pública, ficando definida pela *American Academy of Forensic Sciences* como “o estudo e a prática da aplicação de ciências para os fins da Lei” (NICKELL; FISCHER, 2014, p.1, tradução nossa).

Acredita-se que os primeiros cientistas forenses eram médicos que auxiliavam nas cenas de crimes de homicídio, muito pelo fato de serem os primeiros a chegar no local, sendo que a menção mais antiga que se tem a respeito da aplicação desses conhecimentos na busca pela elucidação de crimes data do ano de 1248, que se encontra no livro chinês “Hsi Duan Yu” (Lavagem de erros), o qual cita ainda alguns procedimentos médicos legais importantes através da observação de marcas características no pescoço ou ao nível de cartilagem, além de água nos pulmões, tornando possível a distinção entre uma morte por estrangulamento e afogamento (NICKELL; FISCHER, 2014).

De acordo com Antunes (2018), a ciência forense desempenha um papel importante no processo de construção do conhecimento científico de vários ramos das ciências naturais.

Para Souza et al. (2017), tal proposta pode favorecer o processo de ensino e aprendizagem de conceitos científicos, além de criar um ambiente de discussão e levantamento de hipóteses acerca da atividade, favorecendo assim o trabalho em equipe e o desenvolvimento da capacidade de abstração, exigida na resolução de problemas.

Em se tratando da Física, é possível abordar vários temas presentes no currículo escolar da disciplina. Na proposta, serão utilizados alguns conceitos de cinemática, hidrostática e termodinâmica.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

Para encontrar os documentos que serviram de fundamentação teórica para o presente trabalho, foi utilizado como fonte de pesquisa principal o portal de periódicos da CAPES.

Através da ferramenta de busca avançada, os seguintes filtros foram utilizados: Assunto - contém - "palavra chave" - E - Assunto - contém - "palavra chave", ambos sem restrição sobre o tipo de material e idioma, porém, restritos aos últimos cinco anos. Além disso, as seguintes palavras chave foram utilizadas: investigação, argumentação, problematização, resolução de problemas, ensino de física e física forense, contendo combinações como "investigação" e "ensino de física", "argumentação" e "ensino de física", "problematização" e "ensino de física", "resolução de problemas" e "ensino de física" e "física forense" e "ensino de física".

Vale ressaltar que, ao se utilizar os termos "física forense" e "ensino de física", nenhum resultado foi encontrado, nem mesmo quando o critério de data foi alterado para "qualquer ano". Como a Física forense é o tema central do presente trabalho, foi necessária a utilização do google acadêmico como fonte de pesquisa secundária. Portanto, deve-se levar em consideração que as buscas pelos termos "física forense" e "ensino de física", os quais serão apresentados na próxima seção, foram realizadas no google acadêmico, e não no portal de periódicos da CAPES, como os outros termos. Para a busca no google acadêmico, foram utilizados os seguintes termos chave e filtros: "física forense" AND "ensino de física", período de 2018 a 2022, ordenar por relevância, em qualquer idioma e qualquer tipo de material.

Dos trabalhos encontrados, foram feitas leituras de seus resumos e, quando necessário, de suas introduções e conclusões, com o intuito de identificar quais deles estavam dentro do escopo desejado. Após a seleção dos trabalhos, uma leitura completa foi realizada.

### 3.1 Resultados e discussões

A presente seção tem como objetivo apresentar e analisar os trabalhos selecionados a partir da busca nos portais.

Através da utilização dos filtros e das palavras chave mencionadas, assim como suas combinações, foram encontrados 58 resultados. Ao se utilizar os termos "investigação" e "ensino de física", foram encontrados 14 trabalhos. Depois de uma breve análise de seus resumos, 8 deles foram selecionados. Ao se utilizar os termos "argumentação" e "ensino de física", foram encontrados 5 trabalhos. Depois de uma breve análise de seus resumos, 3 deles foram selecionados. Ao se utilizar os termos "problematização" e "ensino de física", foram encontrados 3 trabalhos. Depois de uma breve análise de seus resumos, apenas 1 deles foi selecionado. Do restante, ambos já haviam aparecido com a utilização dos termos "investigação" e "ensino de física", sendo que um deles havia sido selecionado e o outro descartado. Ao se utilizar os termos "resolução de problemas" e "ensino de física", foram encontrados 7 trabalhos. Depois de uma breve análise de seus resumos, 3 deles foram selecionados. Ao se utilizar os termos "física forense" e "ensino de física", foram obtidos 29 resultados. Depois de uma breve análise de seus resumos, 3 deles foram selecionados.

Além disso, outro trabalho, o qual não aparece como resultado das buscas, foi utilizado como fundamentação teórica. Portanto, ao todo, foram selecionados 19 trabalhos<sup>1</sup>, como pode ser visto na tabela abaixo:

Tabela 3.1 – Quantidade de trabalhos selecionados.

Palavras chave	Número de trabalhos
Investigação e ensino de física	8
Argumentação e ensino de física	3
Problematização e ensino de física	1
Resolução de problemas e ensino de física	3
Física forense e ensino de física	3
Trabalhos pré-selecionados	1
Total	19

Fonte: Do autor (2022).

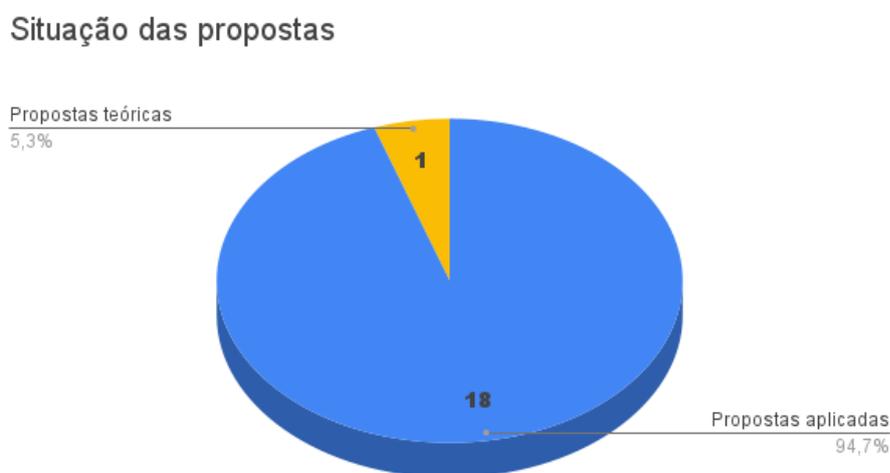
Dos trabalhos selecionados, foi feita uma análise a respeito de algumas características, como:

<sup>1</sup> A lista dos trabalhos selecionados encontra-se no Apêndice A.

- Situação da proposta (se aplicada ou não);
- Local de aplicação;
- Tema abordado;
- Estratégias de ensino.

A maioria foi desenvolvida em sala de aula, como é possível observar na figura 3.1.

Figura 3.1 – Gráfico que representa a situação das propostas.



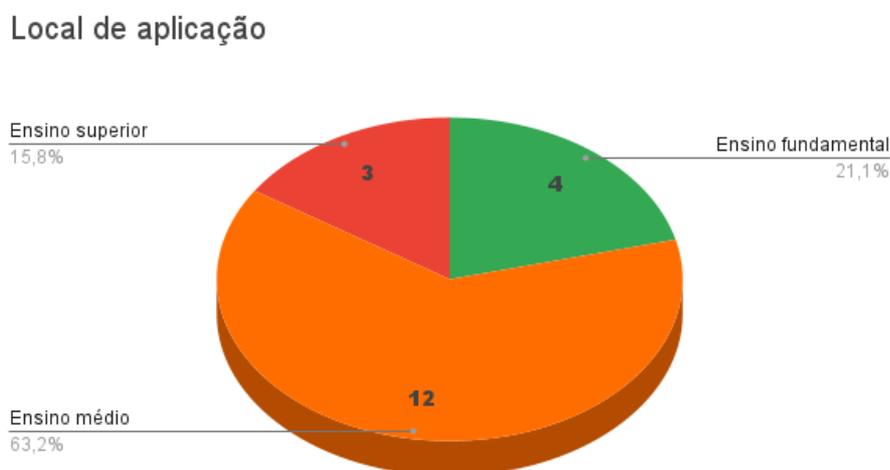
Fonte: Do autor (2022).

A proposta não aplicada (SOUZA, 2018) foi direcionada à estudantes de primeiro ano do ensino médio que convivem com o ensino tradicional, visando assim uma abordagem diferenciada do conteúdo que permita o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa.

De forma geral, a maioria das propostas foram direcionadas à estudantes do ensino médio, o que já era esperado considerando os níveis de atuação da disciplina. Entretanto, foi possível observar ainda propostas direcionadas à estudantes do ensino fundamental e superior (SILVA; ARAUJO, 2019); (RAIBOLT; HASTENREITER; RODRIGUES, 2017); (BARCELLOS et al., 2019); (TESTONI et al., 2017); (RIBEIRO; PIGOSSO; PASTORIO, 2019); (SOUZA, 2019); (ANTUNES, 2018), como pode ser visto na figura 3.2.

Raibolt, Hastenreiter e Rodrigues (2017) justificam a abordagem de conteúdos relacionados à Física logo no ensino fundamental pois acreditam que a maior parte dos problemas de aprendizagem e das dificuldades em Física no ensino médio são devidas à falta de vivência de tais conceitos nos níveis mais elementares de ensino.

Figura 3.2 – Gráfico que representa os níveis de ensino de aplicação das propostas.



Fonte: Do autor (2022).

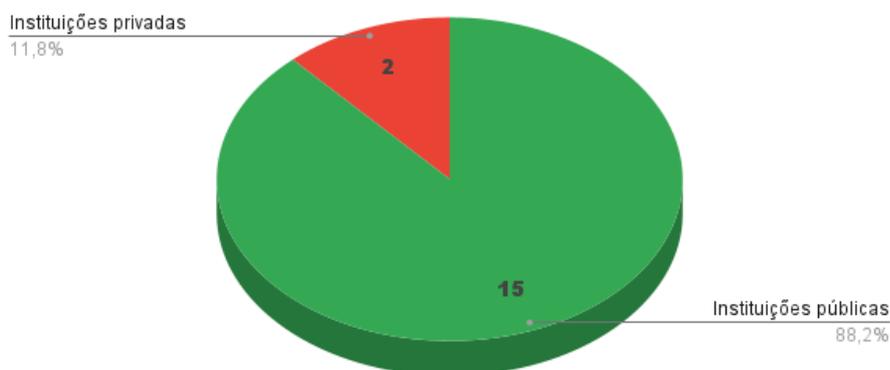
É importante destacar que, além da diferença entre os ensinos fundamental, médio e superior, deve-se levar em consideração o tipo de instituição à qual a proposta é direcionada; se pública ou privada. A minoria das propostas aplicadas que foram analisadas (RAIBOLT; HASTENREITER; RODRIGUES, 2017); (SOUZA, 2019) têm como público alvo turmas de instituições privadas. Tal fato pode ser explicado pela maior liberdade do professor da rede pública no que se refere ao planejamento dos conteúdos a serem trabalhados no decorrer do ano, além da tentativa de se obter uma significativa melhora na qualidade do ensino dessas instituições. A figura 3.3 ilustra esta distribuição.

Vale ressaltar que, como instituições públicas, estão sendo consideradas aquelas da rede municipal, estadual, militar e até mesmo federal, o que não exclui as desigualdades internas existentes entre as mesmas. Das 18 propostas aplicadas, apenas uma (MERIZIO; CLEMENT, 2021) não deixa claro o tipo de instituição onde foi desenvolvida e, portanto, não foi considerada na análise gráfica.

No que se refere ao conteúdo abordado, é possível observar, na figura 3.4, uma baixa utilização dos temas de Física Moderna e Contemporânea se comparados aos temas de Física Clássica. Um provável motivo é o despreparo dos professores para lidar com os conteúdos relacionados à Física Moderna e Contemporânea. Porém, outros fatores podem também influenciar este resultado, como a ausência ou pouca importância dos temas nos currículos da educação básica.

Figura 3.3 – Gráfico que representa a distribuição das propostas aplicadas entre instituições públicas e privadas.

### Instituições públicas / privadas

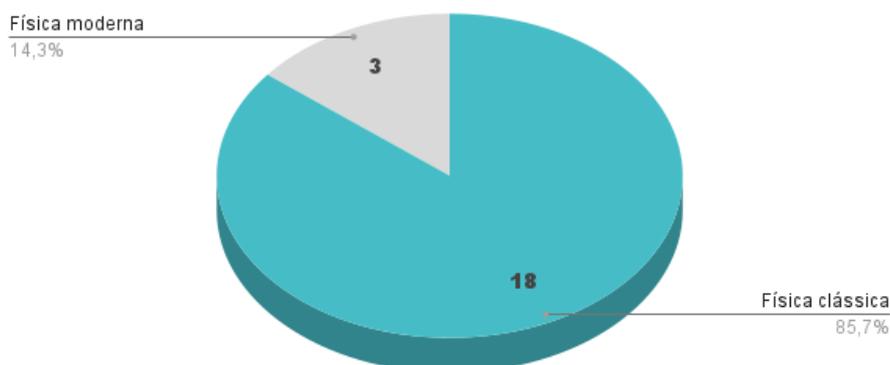


Fonte: Do autor (2022).

Segundo Rodrigues e Carlos (2019), é necessário estender e diversificar os temas a serem trabalhados no decorrer do ano letivo para que se torne possível desenvolver no aluno uma visão mais representativa da natureza da ciência e de sua complexidade. Isto evidencia a necessidade de se desenvolver materiais a respeito, uma vez que a Física presente no currículo escolar não tem acompanhado os avanços tecnológicos ocorridos nas últimas décadas. Entretanto, é preciso deixar claro que esse não foi o objetivo do presente trabalho.

Figura 3.4 – Gráfico que representa os temas abordados.

### Temas abordados



Fonte: Do autor (2022).

Dos temas de Física Moderna e Contemporânea, aqueles que marcaram presença foram:

- radiação de corpo negro;
- relatividade geral, buracos negros e lentes gravitacionais;
- partículas elementares.

Os temas citados acima apareceram em três trabalhos (RODRIGUES; CARLOS, 2019); (FERREIRA et al., 2021); (LONDERO; MOSINAHTI, 2017), como pode ser visto na imagem 3.4, sendo um em cada.

Já dos temas de Física Clássica, aqueles que marcaram presença foram:

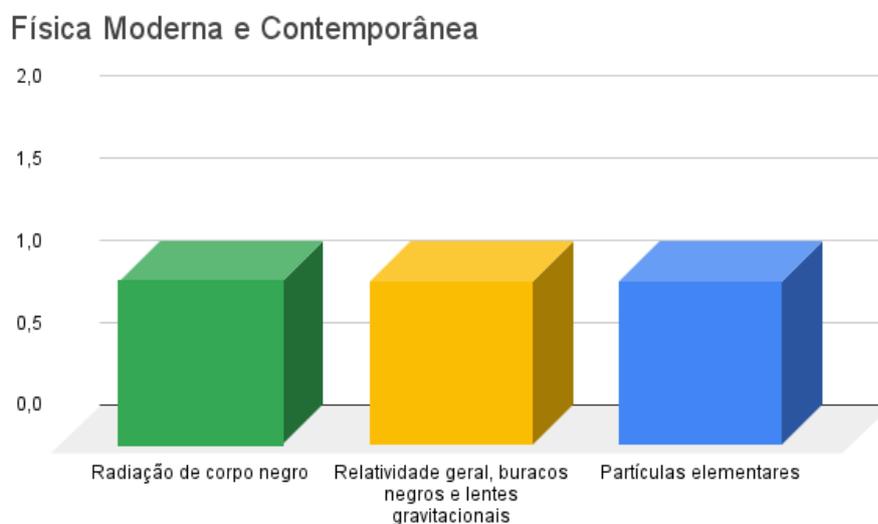
- conceitos relacionados à Termodinâmica;
- conceitos relacionados à Ondulatória;
- conceitos relacionados à Hidrostática;
- conceitos relacionados à Mecânica;
- conceitos relacionados à Ótica;
- conceitos relacionados à Astronomia;
- conceitos relacionados à Cinemática.

A maior incidência de conteúdos foram daqueles relacionados à Mecânica e à Cinemática, o que, de certa forma, já era esperado. Na sequência, aparecem Hidrostática, Termodinâmica, Ondulatória, Ótica e Astronomia, sendo os três últimos com percentuais iguais.

As figuras 3.5 e 3.6 ilustram a distribuição dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea e Física Clássica, respectivamente.

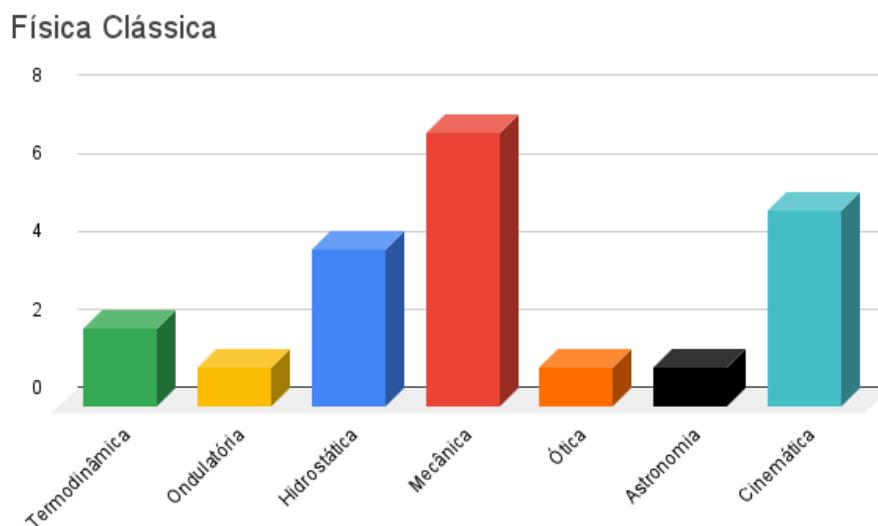
Além da necessidade de diversificação dos temas, Rodrigues e Carlos (2019) trazem a importância do uso de variadas abordagens, já que, segundo os autores, a implementação de uma mesma estratégia de ensino em turmas com perfis diferentes não produz um nível de aprendizagem similar, deixando clara a necessidade de um planejamento que leve em consideração as peculiaridades do ambiente. Na figura 3.7, é possível identificar as diferentes estratégias utilizadas no desenvolvimento das atividades dos trabalhos analisados. Fica evidente a preferência pela utilização de atividades experimentais e pelo uso das tecnologias digitais, as quais trazem

Figura 3.5 – Gráfico que representa a distribuição dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea.



Fonte: Do autor (2022).

Figura 3.6 – Gráfico que representa a distribuição dos conteúdos de Física Clássica.



Fonte: Do autor (2022).

consigo as tecnologias móveis, as simulações computacionais, os recursos áudio-visuais, entre outras.

Na proposta desenvolvida neste trabalho, optou-se pela utilização de um filme (Titanic), o qual é caracterizado como um recurso áudio-visual. Essa ideia surgiu após a leitura de um dos artigos selecionados (TENÓRIO; LEITE; TENÓRIO, 2014), o qual fez uso de um episódio da série televisiva *Crime Scene Investigation* (CSI) para elaborar uma atividade onde os alunos deveriam se passar por peritos criminais e analisar os fenômenos físicos envolvidos nas cenas.

Figura 3.7 – Gráfico que representa a distribuição das estratégias de ensino utilizadas durante as atividades.



Fonte: Do autor (2022).

Baseado nos acontecimentos do filme, foram desenvolvidos alguns problemas abertos que têm como conteúdos integrantes aqueles relacionados à cinemática, hidrostática e termodinâmica, os quais, coincidentemente, são os mais encontrados nas propostas educacionais. Assim como no trabalho base, a ideia é fazer com que os alunos se passem por peritos e analisem os fenômenos físicos envolvidos nas cenas selecionadas.

Para a elaboração dos problemas abertos, levou-se em consideração os resultados obtidos através da aplicação das atividades dos trabalhos analisados.

Moura e Silva (2019) relataram uma mudança de postura dos alunos que participaram das atividades, os quais foram de meros receptores de informação para descobridores do próprio conhecimento. Tal mudança de postura proporcionou as condições necessárias para a transformação do conhecimento prévio em conhecimento científico.

Em todos os trabalhos, foi considerada a importância da divisão da turma em grupos, já que esta possibilita uma maior argumentação entre os próprios alunos. A argumentação torna-se importante na medida em que percebe-se uma maior facilidade dos alunos no entendimento do conteúdo a partir da utilização de uma linguagem mais próxima àquela presente em sua realidade. Com isso, os alunos que possuem maior facilidade com o assunto estudado podem expor seus conhecimentos dentro do grupo, fazendo com que aqueles alunos que apresentam dificuldades no entendimento do assunto tenham maiores chances de aprendizado.

Todos os resultados mostraram uma maior participação dos estudantes se comparada com as aulas tradicionais. Além disso, os alunos mostraram-se mais motivados no desenvolvimento das atividades.

Portanto, fica claro que o uso de estratégias e metodologias diversificadas podem contribuir de forma positiva para o aprendizado dos estudantes.

#### **4 PROPOSTA: ENSINANDO FÍSICA ATRAVÉS DO FILME TITANIC**

Dentre as várias estratégias didáticas disponíveis, acredito que os filmes, por serem bem aceitos pelo público em geral, merecem um lugar de destaque. Segundo Silva (2014), as mídias possuem um papel fundamental como estimulantes na construção do conhecimento, podendo ser utilizadas como um instrumento a serviço da educação, já que são capazes de proporcionar atividades escolares diversificadas voltadas para o desenvolvimento crítico do aluno. Como, em muitas das vezes, a ciência que se aprende na escola não privilegia sua dimensão prática, ou seja, seu verdadeiro funcionamento, os filmes podem aparecer como veículos de formação dessas noções (OLIVEIRA, 2006).

A facilidade de divulgação e disseminação do conhecimento científico devido ao desenvolvimento das tecnologias de informação tem possibilitado ao público uma maior oportunidade de aprendizagem pessoal, a qual ocorre fora do ambiente escolar na medida em que o aluno busca conhecimento por vontade própria (TENÓRIO; LEITE; TENÓRIO, 2014). Segundo Falk e Coulson (2000 apud TENÓRIO; LEITE; TENÓRIO, 2014), um estudo revelou que grande parte dos indivíduos envolvidos admitiram ter aprendido sobre ciências durante seu tempo de lazer. Sendo assim, as escolas não devem competir com as mídias, mas sim torná-las parte das aulas como estratégia didática, possibilitando aos estudantes a motivação no processo de aprendizagem.

A proposta que aqui apresento consiste no estudo e na aplicação de alguns conceitos físicos através da análise de situações presentes no filme. Os alunos serão guiados por um texto que retrata a sequência de acontecimentos, o qual apresenta cinco problemas que deverão ser debatidos e solucionados em grupo. Cada grupo será responsável pela resolução de um problema, e, no final, será realizada uma socialização entre os mesmos com o objetivo de apresentar suas resoluções, buscando assim esclarecer o motivo da tragédia e discutir os conceitos físicos envolvidos.

##### **4.1 TITANIC: algumas informações**

A figura (4.1) mostra uma imagem do Titanic, o maior e mais luxuoso navio do mundo no início do século XX. Em sua viagem inaugural, ele partiu de Southampton, Inglaterra, no dia 10 de abril de 1912, com destino a Nova York, Estados Unidos, com 1316 passageiros e 885 tripulantes (THOMEN, 2015).

Figura 4.1 – RMS Titanic.



Fonte: (CANNON, 2012).

Por ter sido um transatlântico moderno para a época, seu nível de segurança era considerado muito alto. Desde 1902, a White Star Line, companhia de transporte marítimo responsável pelo Titanic, transportara 2.179.594 passageiros, sendo que, durante esse período, apenas dois óbitos foram registrados, os quais se tratam de passageiros que estavam a bordo do navio Republic, que colidiu com o Florida, outro transatlântico. Da colisão, foi possível concluir que, mesmo com grandes danos, os transatlânticos modernos demoravam para afundar, possibilitando assim mais tempo para uma possível transferência de passageiros para outras embarcações (MAYO, 2017).

O Titanic possuía 16 compartimentos<sup>1</sup> à prova d'água, sendo que se até 4 deles fossem danificados e preenchidos com água, ainda assim o navio flutuaria (MAYO, 2017).

Entretanto, no quarto dia de viagem, por volta das 23h40, um grande objeto foi avistado a cerca de 400 metros de distância do navio. Era um iceberg. O Titanic, com mais de 46 mil toneladas de metal, colide com mais de 500 mil toneladas de gelo, fazendo com que 5 de seus 16 compartimentos à prova d'água fossem danificados (MAYO, 2017).

---

<sup>1</sup> Constituídos por porões de carga, salas da caldeira, motor alternativo, motor de turbina, tanques de pico, os quais eram separados por comportas estanques, que poderiam ser acionadas da ponte de comando.

O navio afundou após quase três horas do acontecido, fazendo com que mais de 1500 pessoas perdessem a vida (MAYO, 2017).

O Carpathia, navio que resgatou os sobreviventes do naufrágio, chegou ao local da colisão às 4 da manhã, quando o Titanic já estava totalmente submerso, conseguindo resgatar um pouco mais de 700 pessoas (MAYO, 2017).

## **4.2 Houve crime na tragédia do Titanic?**

Após o acidente, foi dado início às investigações a fim de encontrar possíveis culpados pelo desastre. Dois inquéritos foram realizados: um pelo senado dos Estados Unidos, presidido pelo senador William Alden Smith, e outro pela câmara britânica, dirigido por Lord Mersey. A partir desses inquéritos, fica evidente a existência de irregularidades técnicas no Titanic, fazendo com que algumas leis fossem acrescentadas e outras alteradas (HAAS, 2009).

As discussões apresentadas a seguir fazem menção a alguns fatos reais, como é o caso dos inquéritos realizados; entretanto, a ideia é fazer com que os alunos, baseados nos dados desses inquéritos e nos resultados obtidos com a resolução dos problemas, julguem se houve ou não crime na tragédia do Titanic.

### **4.2.1 Algumas discussões**

O naufrágio do Titanic é uma polêmica que se estende até os dias atuais. É possível encontrar algum culpado pela tragédia? Houve negligência dos responsáveis pela segurança do navio? Estas são questões que serão discutidas pelos alunos, já que estes estarão se passando por peritos durante a investigação do acidente.

Algumas das conclusões obtidas pelos inquéritos podem ser vistas a seguir:

- O número de botes salva-vidas era insuficiente para a quantidade de pessoas a bordo.

Além da quantidade de botes salva-vidas ter sido insuficiente para o número de pessoas a bordo, aqueles que estavam disponíveis foram, inicialmente, destinados aos tripulantes da primeira classe. Com isso, é possível afirmar que houve irregularidade na decisão de equipar o navio com uma quantidade de botes salva-vidas insuficiente? A prioridade pelo embarque de tripulantes da primeira classe pode ser vista como um crime?

- O navio era chamado de "insumersível", já que se até 4 de seus 16 compartimentos fossem danificados e preenchidos com água, o que dificilmente aconteceria em uma colisão frontal, ainda assim ele flutuaria.

Entretanto, quando o iceberg é avistado, o capitão do navio inicia uma manobra de desvio, o que acabou fazendo com que o choque acontecesse com sua lateral. Baseado nisso, é possível atribuir culpa ao capitão?

- Após o acidente, fica exigido aos navios de rotas transatlânticas a implementação de várias normas de segurança, como o acesso total ao navio para a saída dos passageiros, a realização de exercícios de segurança, comunicações via rádio, entre outras, o que deixa clara a insuficiência das normas de segurança do Titanic.

O fato do Titanic não possuir comunicação via rádio pode ser encarado como uma negligência da equipe responsável por sua construção? Se os tripulantes tivessem sido treinados com exercícios de segurança o resultado poderia ter sido diferente?

Assim, espera-se que os alunos sejam capazes de opinar e concluir se houve ou não crime, utilizando para isso os dados recém mencionados e as principais causas do acidente, as quais serão obtidas durante a resolução dos problemas.

### **4.3 Investigando as causas do acidente**

O que era improvável aconteceu. Mesmo com toda a margem de segurança apresentada pelo Titanic, o navio acabou naufragando e entrando para a história como um dos maiores acidentes marítimos de todos os tempos. Na tentativa de explicar o que poderia ter acontecido, surgiram vários questionamentos sobre os prováveis motivos que levaram à tragédia. Segundo Thomen (2015), o aço utilizado na construção do navio não era forte o suficiente na temperatura que se encontravam as águas do Atlântico Norte na noite do acidente, o que pode ter sido crucial para o aparecimento de grandes danos no momento do choque.

A seguir, serão apresentados alguns problemas que buscam analisar situações ocorridas durante a viagem, como forma de investigar as causas que, somadas, levaram ao trágico fim do Titanic. Tais problemas abordam conceitos básicos de Física, como cinemática, hidrostática e termodinâmica, mostrando ser possível desenvolver uma boa análise dos fatores que culminaram na magnitude da tragédia apenas com os conceitos presentes no currículo escolar dos alunos.

Os problemas serão divididos em cinco grupos, sendo que cada um ficará responsável por uma situação diferente. O primeiro grupo deverá explicar como um objeto pesado como o Titanic consegue flutuar na água, além de entender o porquê da grande segurança ofertada pelo navio. O segundo grupo será responsável por explicar os motivos dos graves danos causados na colisão, já que o navio, feito de metal, se choca com um iceberg, constituído de gelo, além de explicar o porquê parte do iceberg fica acima da superfície e parte fica submersa, indicando a proporção aproximada de tais partes. O terceiro grupo será responsável por estimar o local do acidente baseado em algumas informações da viagem, além de estipular o tempo de resgate. O quarto grupo será responsável por analisar as condições de sobrevivência das vítimas nas águas gélidas do oceano, concluindo se será ou não possível realizar o resgate de alguém com vida baseado no tempo máximo de sobrevivência das vítimas no mar em comparação com o tempo necessário para o resgate. O quinto e último grupo será responsável por explicar por que Jack, no final do filme, não se abrigou juntamente com Rose no destroço de madeira que flutuava na água.

Com isso, espera-se que seja possível concluir que um conjunto de pequenos fatores como os citados nos problemas contribuíram para que a tragédia acontecesse em suas devidas proporções.

#### **4.3.1 Primeiro Problema: Flutuabilidade (Grupo 1)**

Ao serem colocados na água, determinados objetos conseguem ficar em situação de flutuabilidade. Entretanto, existem objetos que afundam imediatamente. Imagine duas esferas maciças de mesmo volume, uma constituída de metal e outra de isopor. Quando colocadas na água, a que for constituída de metal irá afundar e a de isopor irá flutuar.

Ao se tratar do Titanic, este era constituído basicamente de metal, e, como sabemos, um objeto feito de metal, como a pequena esfera do exemplo acima, tende a afundar quando colocado na água. Mesmo assim, o Titanic era um navio aparentemente seguro, ou seja, tinha a capacidade de flutuar com uma grande margem de segurança na água do mar.

#### **Questões de investigação**

1. Levando em consideração a grande massa e a constituição do Titanic, o que tornava possível que ele flutuasse com segurança na água do mar?

2. O que levou seus fabricantes a confiarem tanto na "impossibilidade do navio submergir" a ponto de não disponibilizarem botes salva-vidas para todos os passageiros?
3. Por que o navio começou a afundar a partir do momento em que 5 de seus 16 compartimentos foram comprometidos?

### **Discutindo o problema**

O problema aborda a questão da flutuabilidade de um objeto grande e massivo na água. Como isso é possível? Sendo ele de metal, como ele conseguia flutuar?

Com o intuito de resolver este problema, os alunos deverão realizar, inicialmente, um debate dentro do grupo e elencar os principais pontos a serem levados em consideração para solucioná-lo. Essas discussões iniciais devem ser orientadas pelo professor.

Para que seja possível analisar a situação, é necessário que os alunos tenham em mãos algumas informações importantes, tais como: as dimensões do navio, sua massa e a densidade da água do mar. Entretanto, tais informações não serão oferecidas de cara, mas deverão ser solicitadas pelos próprios alunos durante as discussões, as quais serão fornecidas pelo professor.

Como exemplo, podem ser considerados os seguintes dados: suponha que o navio possui a forma de um paralelepípedo de 169 m de comprimento, 23 m de altura e 15,473 m de largura. Além disso, considere que todos os 16 compartimentos possuem volumes iguais, sendo que a soma de todos eles é equivalente ao volume total do navio, o qual tem 46.328 toneladas de massa. A densidade da água do mar tem o valor aproximado de  $1027 \text{ kg/m}^3$ .

Como se trata de um problema aberto, é possível que os alunos sozinhos não consigam identificar todos os pontos necessários, ou ainda, mesmo com todos os pontos em mãos, não consigam resolvê-lo. Devido a isso, o professor deve aparecer como um facilitador, guiando-os no caminho correto. Vale ressaltar que o objetivo principal deste e dos outros problemas é fazer com que os alunos entendam a aplicação dos conceitos físicos presentes em todas as abordagens. Para que isso aconteça, podem ser utilizados alguns questionamentos por parte do professor, tais como:

- Qual é a relação entre as dimensões do navio e a flutuabilidade do mesmo?
- Qual é a relação entre o peso e a condição de flutuabilidade?
- Qual é a relação entre a inundação dos compartimentos e o peso do navio?

- Em que essa relação afeta a condição de equilíbrio?

Já que o problema envolve questões como densidade e empuxo, o conteúdo de hidrostática pode ser muito bem trabalhado a partir dessa discussão, de forma que os alunos tenham um papel central no desenvolvimento desse conhecimento.

### **Hidrostática: uma breve discussão**

Corpos sólidos geralmente têm formas e volumes bem definidos. Entretanto, quando se fala em um fluido, tanto sua forma quanto seu volume podem ser indefinidos. A água, por exemplo, tem volume bem definido, mas uma forma indefinida, a qual se molda de acordo com o recipiente que a contém. Já um gás não possui volume nem forma definidos, pois, além de se adequar ao recipiente que o contém, ele pode se expandir ocupando todo o volume disponível (NUSSENZVEIG, 2002).

Para a descrição do movimento dos corpos rígidos, as grandezas físicas mais importantes são a massa ( $m$ ) e a força ( $F$ ) à qual ele está submetido. Já para descrever o movimento dos fluidos, por eles não possuírem forma definida, torna-se mais útil falar em massa específica ou densidade ( $\rho$ ) e pressão ( $P$ ) do que em massa e força (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

A densidade é uma grandeza escalar e pode ser escrita como

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (4.1)$$

onde  $m$  é a massa do objeto e  $V$  é o seu volume. A unidade de medida para densidade no Sistema Internacional (SI) é o  $\text{kg/m}^3$ , já que a massa é dada em quilogramas (kg) e o volume em metros cúbicos ( $\text{m}^3$ ) (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Para se ter uma medida precisa da densidade é necessário que se leve em conta a temperatura, já que as densidades da maior parte dos sólidos e dos líquidos variam com a variação da mesma. Quando um corpo sólido possui densidade maior que a da água, ele afunda na água, e quando a densidade de um corpo sólido for menor que a da água, ele flutua (TIPLER; MOSCA, 2009).

Se esse mesmo corpo, mergulhado em água, é pesado com uma balança de mola, o peso aparente será menor que o peso real. Essa diferença é devido a presença de uma força vertical para cima, que é exercida pela água, que tende a equilibrar parcialmente a força da gravidade.

Esse é o conhecido Princípio de Arquimedes. A força exercida pela água é chamada de Empuxo ( $E$ ) e é numericamente igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo (TIPLER; MOSCA, 2009).

De acordo com o Princípio de Arquimedes, o módulo da força de empuxo pode ser escrito como

$$E = m_f \cdot g \quad (4.2)$$

onde  $m_f$  é a massa do fluido deslocado e  $g$  é a aceleração da gravidade (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Pela equação (4.1), temos que  $m_f = \rho V_{fd}$ . Então,

$$E = \rho g V_{fd} \quad (4.3)$$

sendo  $V_{fd}$  o volume do fluido deslocado.

Se a força peso de um corpo for maior que o empuxo realizado pelo fluido sobre ele, esse corpo irá afundar. Seu peso aparente pode ser escrito como (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016)

$$P_{ap} = P - E$$

Como exemplo, temos que é mais fácil levantar uma pedra pesada dentro de uma piscina com água porque a força aplicada será menor que o peso real devido a contribuição do empuxo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Quando um corpo flutua em um fluido, o módulo das forças peso e empuxo são iguais (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

O intuito deste primeiro problema é trabalhar os conceitos de densidade e empuxo, já que será necessário que os alunos façam uma comparação entre as densidades do navio e da água do oceano, além de explicar o porquê da submersão do navio a partir do momento em que 5 de seus 16 compartimentos são danificados e preenchidos com a água do mar. Com isso, espera-se que eles consigam concluir que a densidade do navio era consideravelmente menor que a da água, tornando possível sua flutuabilidade com uma grande margem de segurança.

#### 4.3.2 Segundo Problema: Colisões (Grupo 2)

Mesmo sendo constituído de metal, o navio sofreu vários danos ao colidir com o iceberg, o que acabou fazendo com que ele afundasse em cerca de três horas.

### Questões de investigação

1. Por que o navio, feito de metal, sofreu danos a ponto de naufragar, sendo que o mesmo colidiu com um pedaço de gelo? Apresente em resposta um exemplo similar comum no dia a dia.
2. Por que parte do iceberg se encontra aparente na superfície e parte submersa?
3. Qual é a fração do volume visível em relação ao volume total do iceberg?

### Discutindo o problema

Este segundo problema aborda o conteúdo de colisões e suas consequências, além de conter uma discussão sobre a flutuabilidade de um iceberg baseada nas frações do volume de gelo visível e submerso.

Com o intuito de resolver o problema, os alunos deverão realizar um debate dentro do grupo e elencar os principais pontos para sua resolução. Para que seja possível analisar a situação, é necessário que os alunos tenham em mãos algumas informações importantes, como a massa do navio, sua velocidade, a massa do iceberg, a densidade da água do mar e a densidade do gelo. Tais informações deverão ser solicitadas pelos próprios alunos durante as discussões, as quais serão fornecidas pelo professor.

Como exemplo, pode-se considerar os dados apresentados no quadro (4.1).

Quadro 4.1 – Alguns dados aproximados que podem ser úteis para a resolução do problema 2.

Massa do navio	Velocidade	Massa do iceberg	Densidade da água / gelo
46.328t	41 km/h	500.000t	1027kg/m <sup>3</sup> / 924,3kg/m <sup>3</sup>

Fonte: Do autor (2022).

Como se trata de um problema aberto, é possível que os estudantes não consigam identificar todos os pontos necessários para a solução. O professor, visando que os alunos tenham em mãos todos os dados necessários para a resolução do problema, pode realizar uma série de questionamentos, tais como:

- Qual é a relação entre os danos causados pela colisão e as dimensões/características dos objetos?
- Quais características físicas da água no estado sólido a diferem da água no estado líquido?

- Qual é a relação entre o volume e a condição de equilíbrio (flutuabilidade)?

Já que o problema envolve questões relacionadas à colisão e hidrostática (já mencionada no problema anterior), ambos os temas podem ser trabalhados a partir dessa discussão, de forma que os alunos tenham um papel central no desenvolvimento desses conhecimentos.

### **Colisões: uma breve discussão**

As colisões estão presentes em diversos momentos do dia a dia do ser humano. Como exemplos, é possível citar o choque entre duas bolas de bilhar, a batida entre dois ou mais veículos em um acidente de trânsito, o chute que um jogador dá na bola em jogo de futebol, entre outros.

Usualmente, é possível tratar tais colisões, que normalmente ocorrem em um curto intervalo de tempo, como um sistema isolado, já que quaisquer forças externas atuando sobre os corpos são mais fracas que as forças de interação entre os mesmos, que são iguais e opostas. Devido a isso, a quantidade de movimento é conservada. (TIPLER; MOSCA, 2009).

Se a energia cinética do sistema após a colisão for igual à energia cinética do sistema antes da colisão, temos o que é chamado de colisão elástica. Caso contrário, quando a energia cinética após a colisão é diferente da energia cinética antes da colisão, temos o que é chamado de colisão inelástica (TIPLER; MOSCA, 2009).

As colisões inelásticas são as mais frequentes no nosso cotidiano. Como exemplos, é possível citar os acidentes automobilísticos, o choque de asteróides com planetas, entre outros. Parte da energia cinética do sistema é transformada em outros tipos de energia, tais como a energia térmica, luminosa, sonora, entre outras, ou até mesmo na realização de trabalho de deformação permanente (MEIRA; KAMASSURY; MEIRA, 2017). Quanto maior a massa de um dos objetos, maior o dano que o mesmo causa no outro objeto.

O intuito deste segundo problema é trabalhar o conceito de colisões, levando em consideração que a massa do iceberg era muito maior que a massa do Titanic, o que explica o porquê de, mesmo sendo construído de um material resistente, o navio ter sofrido graves danos. Além disso, o problema engloba o conceito de densidade e empuxo como necessários para se calcular a relação entre a densidade da água e do gelo com as parcelas dos volumes visível e submerso. Com isso, espera-se que os alunos consigam concluir que quanto maior a diferença de massa dos objetos envolvidos em uma determinada colisão, maior a diferença causada pelos danos - o objeto com uma massa muito menor tende a sofrer um dano muito maior - e que aproximada-

mente 10% do volume do bloco de gelo ficará visível na superfície, já que a densidade do gelo equivale à aproximadamente 90% da densidade da água.

### 4.3.3 Terceiro Problema: Movimento (Grupo 3)

Antes de partir em direção a Nova York, o Titanic passou por duas cidades: Cherbourg, na França, e Queenstown (hoje chamada de Cobh), na Irlanda (THOMEN, 2015). Porém, o navio nunca conseguiu chegar em Nova York, já que afundou logo após a colisão com um grande iceberg.

#### Questões de investigação

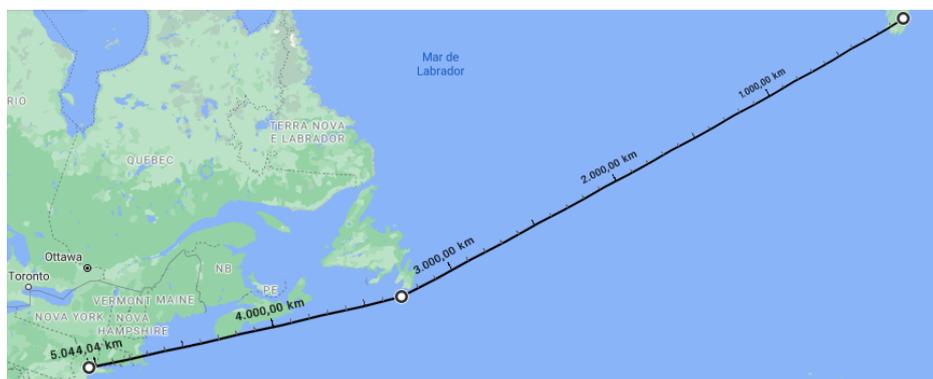
1. Supondo que não tenha sido possível identificar as coordenadas geográficas do local do acidente durante o aviso de naufrágio, em que local do oceano seria provável encontrar o navio e os passageiros que conseguiram sobreviver para a realização do resgate? Construa, com o auxílio do *Google Maps*, a trajetória prevista para o Titanic e marque o local aproximado do acidente.
2. Supondo que a única comunicação possível do navio aconteceu com Nova York, quanto tempo levaria para que a equipe de resgate vinda de tal região chegasse ao local do acidente?

O problema aborda uma série de questões importantes no que se refere à busca pelo local do acidente e à possibilidade de resgate. Como se trata de um problema aberto, torna-se necessário que os alunos consigam identificar quais pontos principais devem ser levados em consideração para a sua resolução. Por exemplo, para que seja possível identificar o local da colisão, são necessárias algumas informações importantes, como o dia e o horário da partida do último local onde o navio parou, o tipo de movimento realizado, a trajetória e o dia e horário da colisão. Além disso, para determinar o tempo necessário para que a equipe de resgate chegue até o local do acidente, é preciso saber qual a sua velocidade média e a distância entre as cidades. Tais informações devem ser solicitadas pelos alunos.

A título de exemplo, é possível considerar que o navio saiu de Queenstown às 13h30 do dia 11 de abril de 1912 rumo ao seu destino final, desenvolvendo um movimento retilíneo e uniforme. No dia 14 de abril, às 23h40, aconteceu a colisão que ocasionou seu naufrágio. A

figura (4.2) mostra o trajeto que o Titanic deveria percorrer durante sua viagem de Queenstown (Cobh) até Nova York, cidade onde ele nunca chegou.

Figura 4.2 – Trajetória prevista para a viagem do Titanic entre Queenstown (Cobh) e Nova York.



Fonte: Adaptado a partir de Google (2021).

O quadro (4.2) traz alguns dados aproximados sobre essa viagem.

Quadro 4.2 – Alguns dados aproximados que podem ajudar na resolução do problema 3.

Saída de Queenstown	Acidente	Velocidade	Distância entre as cidades	Resgate
13h30 - 11 de abril	23h40 - 14 de abril	41 km/h	5044 km	80 km/h

Fonte: Do autor (2022).

Para que todas estas informações sejam solicitadas pelos alunos no momento da discussão em grupo, o professor pode utilizar alguns questionamentos, tais como:

- Quais grandezas são necessárias para se descrever um movimento qualquer?
- Como forma de simplificação, levando em consideração a trajetória e a velocidade, é possível aproximar o movimento do navio com qual movimento já conhecido?

Já que o problema envolve questões relacionadas ao tempo de percurso, velocidade e trajetória, o conteúdo de cinemática pode ser trabalhado a partir dessa discussão, de forma que os alunos tenham um papel central no desenvolvimento desse conhecimento.

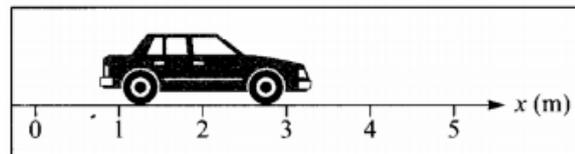
### **Cinemática: uma breve discussão**

Um dos objetivos da Física é estudar e descrever o movimento dos corpos, analisando, por exemplo, a velocidade com que se movem ou a distância percorrida em um determinado intervalo de tempo. O mundo, assim como tudo que se faz presente nele, está sempre em movimento (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016).

Existem vários tipos de movimento, sendo que o mais simples de todos (e o único que será analisado aqui) é o movimento retilíneo e uniforme (MRU), o qual acontece em linha reta com uma velocidade constante.

Para que seja possível descrever o movimento, é preciso adotar um referencial, que, no caso do MRU, é simplesmente uma reta orientada com um referencial fixo, de modo que, através disso, é possível descrever a posição de um corpo em um determinado instante (NUSSENZVEIG, 2002). Como exemplo de um referencial desse tipo, temos a figura (4.3).

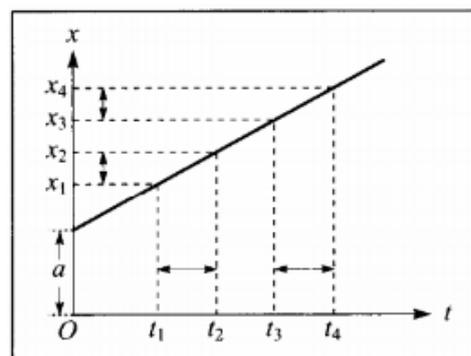
Figura 4.3 – Representação de um movimento retilíneo unidimensional.



Fonte: Nussenzveig (2002, p.23).

De acordo com a figura (4.3), temos que  $x(t)$  é a posição do carro na estrada, no instante  $t$ , ocupada pelo para-choque dianteiro (NUSSENZVEIG, 2002). À medida que o tempo passa, sua posição varia linearmente, sendo possível construir um gráfico para tal movimento. Este gráfico, ilustrado na figura (4.4), é uma reta, já que, para intervalos de tempo  $\Delta t$  iguais, são percorridas distâncias  $\Delta x$  iguais (NUSSENZVEIG, 2002).

Figura 4.4 – Gráfico da posição em função do tempo ( $x \times t$ ) para um movimento retilíneo uniforme.



Fonte: Nussenzveig (2002, p.24).

A velocidade média do movimento, que é a razão entre o deslocamento e o intervalo de tempo necessário para que ele ocorra, é numericamente igual ao coeficiente angular da reta, dado pela eq. (4.4):

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x(t_2) - x(t_1)}{t_2 - t_1} \quad (4.4)$$

A velocidade pode assumir tanto um valor positivo quanto um valor negativo (quando o corpo se move no sentido decrescente de  $x$ ). Sua unidade de medida no Sistema Internacional (SI) é o metro por segundo (m/s), já que o deslocamento é dado em metros (m) e o tempo em segundos (s) (NUSSENZVEIG, 2002). Tomando  $t_0$  como o instante inicial, sendo que  $x(t_0) = x_0$  é a posição inicial, é possível obter a equação horária do MRU a partir da eq. (4.4):

$$\begin{aligned}\frac{x(t) - x(t_0)}{t - t_0} &= v \\ x(t) &= x_0 + v(t - t_0)\end{aligned}\tag{4.5}$$

Se o corpo parte da origem no instante inicial, temos que  $t_0 = 0$  e  $x_0 = 0$ . Então, a equação (4.5) pode ser escrita como

$$x(t) = v \cdot t$$

O intuito deste terceiro problema é trabalhar alguns conceitos presentes no conteúdo de cinemática na busca pela posição do navio na hora do acidente e do tempo necessário para o resgate, tendo como base a distância entre as duas cidades, o tempo de viagem e a velocidade desenvolvida pelo navio e pela equipe de resgate. Com isso, espera-se que os estudantes consigam concluir que é possível, através das ferramentas disponíveis, fazer uma boa aproximação do local onde ocorreu o acidente, além de estipular o provável tempo de resgate, o que, em uma situação real, poderia salvar a vida de várias pessoas.

#### 4.3.4 Quarto Problema: Trocas de calor (Grupo 4)

A temperatura do corpo humano é um dos parâmetros fisiológicos mais controlados do organismo (BIAZZOTTO et al., 2006). Não é possível sobreviver por muito tempo em temperaturas muito baixas devido à hipotermia.

#### Questões de investigação

1. Seria possível, baseado no tempo que a equipe de resgate leva para chegar ao local do acidente, encontrar alguém com vida em alto mar fora dos botes salva-vidas?

2. Caso a resposta seja negativa, qual seria a maior distância para um resgate que possibilitasse tal feito?

O problema aborda os conteúdos de termodinâmica e cinemática ao abordar a hipotermia e suas consequências, além de sua relação com o tempo máximo de resgate. Com o intuito de resolver o problema, os alunos deverão realizar um debate dentro do grupo e elencar os pontos principais para a sua resolução.

Para que seja possível analisar a situação, é necessário que os alunos tenham em mãos algumas informações importantes, como o calor específico e o fluxo de calor do corpo humano na temperatura que se encontrava a água, o peso médio das vítimas, entre outras. Tais informações deverão ser solicitadas pelos próprios alunos durante as discussões, as quais serão disponibilizadas pelo professor. Além disso, os alunos necessitarão do tempo que a equipe de resgate leva para chegar ao local, dado este que é motivo de investigação do grupo 3. Entretanto, o mesmo poderá ser disponibilizado ao grupo 4 quando requerido, já que se torna inviável esperar a conclusão do outro grupo para só então começar a se pensar no problema.

Suponha que o corpo humano perca calor a uma taxa de  $136,5 \text{ cal/s}$  ( $571,389 \text{ J/s}$ ) na temperatura em que se encontrava a água no momento do acidente, que era algo em torno de  $-2^\circ\text{C}$  (RAMIS, 2013), e entre em hipotermia grave quando a temperatura corporal, que se encontra normal na faixa de  $37^\circ\text{C}$ , cai para um valor menor que  $28^\circ\text{C}$  (GOLIN et al., 2003). O calor específico médio do corpo humano é próximo de  $0,84 \text{ cal/g}\cdot^\circ\text{C}$  ( $3516,24 \text{ J/kg}\cdot\text{K}$ ) (LUZ, 2021), e podemos aproximar a massa corporal média das vítimas como algo em torno de  $65 \text{ kg}$ . A velocidade média da equipe de resgate é  $80 \text{ km/h}$ .

Como se trata de um problema aberto, é possível que os alunos não consigam identificar todos os pontos necessários. O professor, visando que os alunos tenham em mãos todos os dados para a resolução do problema, pode realizar uma série de questionamentos, tais como:

- Além do afogamento, qual outro problema enfrentado pode ter sido crucial para promover a morte das vítimas?
- O que acontece quando dois corpos com temperaturas diferentes entram em contato?
- Como o tempo influencia essa configuração?
- Qual é a relação entre o tempo de resgate e a sobrevivência das vítimas?

Já que o problema envolve questões como hipotermia e movimento, os conteúdos de termodinâmica e cinemática (já trabalhado no terceiro problema) podem ser trabalhados a partir dessa discussão, de forma que os alunos tenham um papel central no desenvolvimento desses conhecimentos.

### **Termodinâmica: uma breve discussão**

Quando se tem um corpo mais quente em contato com um corpo mais frio, existe a transferência de energia térmica na forma de calor do corpo de maior temperatura para o corpo de menor temperatura (TIPLER; MOSCA, 2009). Se uma quantidade de calor  $Q$  é absorvido ou cedido por um objeto, sua variação de temperatura pode ser escrita como

$$\Delta T = T_f - T_i = \frac{Q}{C}, \quad (4.6)$$

onde  $T_f$  é a temperatura final,  $T_i$  é a temperatura inicial e  $C$  é a capacidade térmica do objeto (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016). Se  $T_f$  for maior que  $T_i$ , significa que o objeto ganhou calor e portanto  $Q > 0$ . Caso contrário, se  $T_f$  for menor que  $T_i$ , significa que o objeto cedeu calor e portanto  $Q < 0$ . Sendo  $m$  a massa de tal objeto, a capacidade térmica pode ser escrita como

$$C = mc,$$

onde  $c$  é chamado de calor específico do material de que é feito o objeto (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2016), o qual define a variação térmica de determinado material ao receber ou ceder determinada quantidade de calor. Sendo assim, a equação (4.6) pode ser reescrita na forma

$$Q = mc\Delta T$$

A transferência de calor entre corpos se dá através de três processos diferentes: convecção, radiação e condução (NUSSENZVEIG, 2002). A convecção acontece em fluidos, onde o calor é trocado em decorrência do movimento do próprio fluido, também chamado de correntes de convecção. O local do fluido que se encontra mais quente tem sua densidade diminuída, o que faz com que esta parcela suba e seja substituída por uma parcela mais fria, e assim continuamente (NUSSENZVEIG, 2002). A radiação transfere calor através da radiação eletromagnética,

e, por isso, pode ocorrer mesmo no vácuo. Um corpo aquecido emite radiação térmica que é absorvida por outro corpo (NUSSENZVEIG, 2002). A condução, que pode ocorrer tanto em fluidos quanto em sólidos através da diferença de temperatura, só ocorre através de um meio material. O calor sempre irá fluir de um corpo com a temperatura mais alta para um corpo com a temperatura mais baixa (NUSSENZVEIG, 2002).

O fluxo de calor, que mede a variação da quantidade de calor por unidade de tempo, pode ser escrito como

$$\Phi = \frac{Q}{\Delta t}, \quad (4.7)$$

e, normalmente, é medido em cal/s. Como o calor é uma forma de energia, é possível também medi-lo em Joule, sendo que  $1 \text{ cal} \approx 4,186 \text{ J}$ .

Com este problema, espera-se que os alunos possam compreender alguns assuntos abordados nos conteúdos de cinemática e termodinâmica a partir da busca pela posição do navio na hora do acidente e da análise das condições de sobrevivência, tendo como base algumas características físicas e fisiológicas do corpo humano e o tempo de viagem da equipe de resgate.

#### 4.3.5 Quinto Problema: Flutuabilidade (Grupo 5)

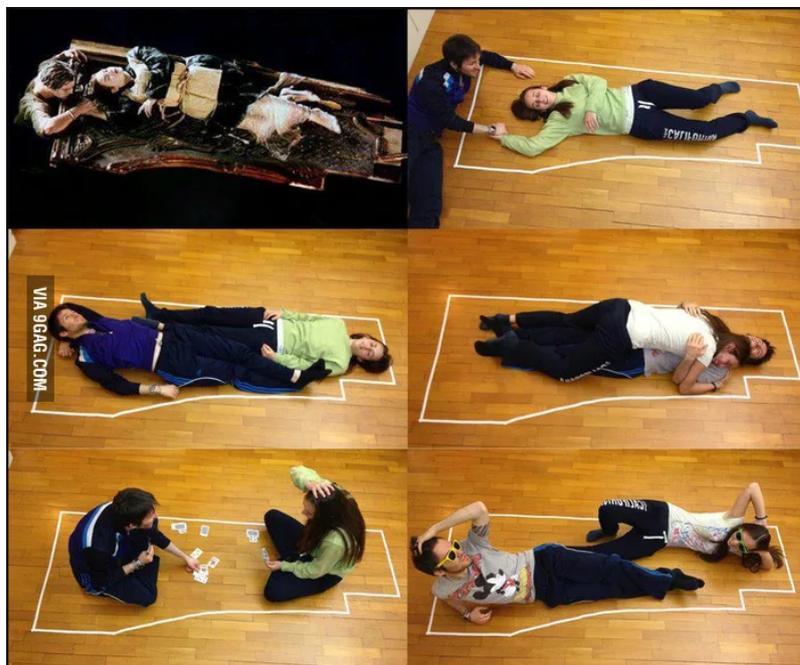
Uma das cenas mais marcantes do filme é o momento em que Rose consegue se abrigar em um destroço de madeira, enquanto Jack, dentro da água, a acompanha. Vários foram os questionamentos que surgiram a respeito do destroço conseguir abrigar, além de Rose, também Jack.

A figura (4.5) começou a ser divulgada nas redes sociais assim que o filme foi lançado, mostrando haver espaço para o casal, e não apenas para Rose, sobre o destroço de madeira (OLIVEIRA, 2012). Caso isto tivesse acontecido, Jack poderia ter sobrevivido e dado um fim diferente à história.

#### Questões de investigação

1. Com base na figura (4.5), os questionamentos apresentados pelo público mostram-se pertinentes?
2. O simples fato de existir espaço no destroço para ambos os personagens garante a segurança destes?

Figura 4.5 – Possibilidades de abrigo do casal levando em consideração o espaço disponível sobre o destroço.



Fonte: Funny (2012).

3. Seria realmente possível que Jack tomasse seu lugar ao lado de Rose e se mantivesse a salvo até o momento do resgate?

O problema aborda uma situação muito debatida entre o público. Por ser um problema aberto, o mesmo dá suporte para uma série de ideias diferentes por parte dos alunos e faz com que seja necessário uma análise de cada uma dessas possibilidades até que se chegue a um consenso. Espera-se que, à medida que os questionamentos avancem, surjam perguntas estratégicas cujas respostas são necessárias para a continuidade da análise do problema.

Mais uma vez, o professor aparece como um guia, levando os alunos para o caminho correto. A ideia principal do problema é a comparação entre o peso total do destroço com o empuxo máximo exercido pela água. Para que isso seja possível, é necessário que os alunos busquem algumas informações, tais como: as dimensões, o peso, o volume e a densidade do destroço, o peso dos personagens, a densidade da água e a aceleração da gravidade. Como uma aproximação, podem ser utilizados os seguintes dados: suponha que o destroço tenha o formato de um paralelepípedo de dimensões  $2,40\text{ m} \times 0,70\text{ m} \times 0,10\text{ m}$  e densidade  $570\text{ kg/m}^3$ , que a densidade da água seja  $1027\text{ kg/m}^3$ , que Rose tenha um peso de  $600\text{ N}$  e Jack de  $750\text{ N}$  e considere a aceleração da gravidade como sendo  $9,8\text{ m/s}^2$ .

Vale ressaltar que nem sempre os alunos conseguirão sozinhos chegar aos questionamentos necessários para a obtenção de todos os dados para a solução do problema. O professor, como guia, pode realizar uma série de perguntas que façam com que os alunos obtenham todos os dados importantes para a situação em análise. Segue abaixo algumas questões que podem direcionar os alunos na atividade.

- O que torna possível a flutuação de um determinado objeto em um fluido?
- O que faz com que um determinado objeto afunde em um fluido?
- Quais as características de tal objeto devem ser levadas em consideração para que se possa realizar uma análise da situação de afundamento ou flutuabilidade?
- Qual é a relação entre o peso e a condição de equilíbrio?
- A partir de que momento essa condição de equilíbrio deixa de existir?

Já que o problema envolve questões como densidade e empuxo, o conteúdo de hidrostática (já trabalhado no primeiro problema) pode ser muito bem trabalhado a partir dessa discussão, de forma que os alunos tenham um papel central no desenvolvimento desse conhecimento.

Com este problema, espera-se que os alunos possam compreender alguns assuntos abordados no conteúdo de hidrostática, como a relação entre o peso e o empuxo e a densidade de um determinado objeto, tendo os alunos no centro do processo de aprendizagem através da contextualização do tema com acontecimentos do dia a dia, já que, apesar do filme não tratar de fatos totalmente verdadeiros, ele aborda uma situação real.

#### **4.4 Sequência de ensino**

Esta seção tem como objetivo apresentar uma proposta de desenvolvimento da sequência de ensino em sala de aula, explicando o uso dos problemas elaborados, a forma de condução, os objetivos associados com as aulas e com a proposta como um todo, as características esperadas para o público, o tempo necessário para seu desenvolvimento e a forma de avaliação.

#### **Pré-requisitos**

Já que a sequência aborda conceitos como movimento, flutuabilidade e temperatura, tornam-se previamente necessárias algumas noções básicas de cinemática, hidrostática e ter-

modinâmica, de forma que tais conceitos contribuam para um maior entendimento dos temas e possibilite o desenvolvimento da proposta.

### **Objetivos da proposta**

A proposta tem como objetivo, através do uso de elementos da física forense, apresentar um modelo de aula que possibilite estimular nos alunos o pensamento crítico, utilizando para isso metodologias que façam deles desenvolvedores e descobridores do próprio conhecimento através da resolução de problemas que visam uma significativa evolução em seus processos investigativo e argumentativo, além de trabalhar conteúdos presentes no currículo escolar, como cinemática, hidrostática e termodinâmica.

Diferente de um modelo de ensino clássico, que tem como prioridade o julgamento de todo um processo evolutivo de determinado conteúdo através de uma avaliação que visa medir o nível de conhecimento do aluno, tal proposta tem por objetivo avaliar, além do conhecimento adquirido pelo aluno a respeito do conteúdo, que se mostra muito importante, a forma como o aluno buscou encontrar maneiras de solucionar o problema através de questionamentos e troca de ideias entre os demais integrantes do grupo, demonstrando sua opinião e defendendo seu ponto de vista. Neste quesito, todo o processo, e não apenas o resultado final, é avaliado.

Devido a má aceitação da disciplina por grande parte dos estudantes, já que a mesma é conhecida por ser uma disciplina onde se encontram algumas dificuldades na compreensão de determinados assuntos, muito pelo fato da linguagem matemática se fazer bastante presente, a proposta tem por objetivo aproximar o aluno dos conteúdos através de artefatos bem aceitos por esta comunidade, como é o caso da tecnologia audiovisual, fazendo com que a motivação seja peça crucial no processo de busca por conhecimento por parte dos alunos.

### **Problemas**

Os problemas abordam diferentes temas presentes no currículo escolar da disciplina de Física do ensino médio, como cinemática, hidrostática e termodinâmica, além de exigir certo conhecimento a respeito das leis de Newton. Devido a isso, faz-se necessário que a proposta seja preferencialmente trabalhada nos dois últimos anos do ensino médio, já que provavelmente tais alunos, nessa etapa de formação, já tiveram contato com esse tipo de conteúdo, mesmo que de forma introdutória.

A divisão dos alunos em grupos aparece como uma ótima estratégia, já que isso permite uma maior discussão entre os mesmos a respeito dos passos a serem seguidos para que se possa solucionar o problema, ficando reservado a cada integrante a necessidade de apresentar um ponto de vista e defendê-lo, o qual será julgado pelo restante dos alunos e, após chegarem em uma conclusão, decidirem se tal ponto de vista mostra-se ou não pertinente.

Além de possibilitar que os alunos adquiram conhecimento sobre esses temas, os problemas proporcionam situações de investigação e argumentação, fazendo com que não seja possível a utilização de algoritmos prontos para sua resolução, ou seja, não torna possível o uso de estratégias prontas e mecanizadas.

No que se refere às etapas de resolução, as estratégias utilizadas podem ser separadas nos seguintes estágios (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2020, p.4):

1. Definição e representação do problema;
2. Elaboração de planos e estratégias de solução;
3. Implementação das estratégias de solução;
4. Avaliação e monitoramento do processo.

Sendo assim, os conhecimentos de conteúdo e os procedimentais, habilidades metacognitivas, de argumentação e justificativa, estimativa de grandezas, elaboração e teste de hipóteses, se mostram conhecimentos e habilidades necessárias relevantes para que se possa resolver tais problemas (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2020).

### **Condução da proposta**

Inicialmente, torna-se necessário ter em mente o conhecimento que os alunos apresentam sobre os temas que serão abordados ao longo dos problemas. Sabemos que a Física é uma ciência que está presente nas mais diversas situações do cotidiano, e, por isso, mesmo sem ainda ter contato com o conteúdo na escola, o aluno apresenta certas concepções prévias sobre o assunto. Tais concepções merecem atenção e serão importantes no momento da resolução dos problemas.

Como forma de avaliar esse conhecimento prévio, será disponibilizado um pequeno questionário abordando questões conceituais que fazem parte do conteúdo que se pretende estudar com a utilização da proposta. O questionário pode ser visto logo em seguida.

1. O que faz com que determinados corpos flutuem na água e outros afundem?
2. Como é possível descobrir se um corpo afunda ou não na água mesmo antes dele ser colocado na mesma?
3. O que significa dizer que um corpo está em equilíbrio mecânico?
4. O que é uma trajetória?
5. O que é velocidade média?
6. O que caracteriza o Movimento Retilíneo e Uniforme (MRU)?
7. Qual é a característica de uma colisão inelástica?
8. Em uma colisão entre um caminhão e um carro, sabemos, pela terceira Lei de Newton, que a força exercida em ambos é igual. Porém, os danos apresentados pelo carro são muito maiores se comparados aos do caminhão. A que se deve essa diferença?
9. Como ocorre o fluxo de calor entre dois corpos?
10. Quais grandezas estão relacionadas com a variação da temperatura de um corpo?
11. Duas quantidades iguais de água e óleo, à mesma temperatura, são colocadas em recipientes diferentes e recebem uma mesma quantidade de calor de uma fonte quente. Para um mesmo intervalo de tempo, qual substância apresentará um maior acréscimo em sua temperatura?

Este questionário, que é um exemplo de questões possíveis de serem utilizadas, auxiliará o professor no momento do direcionamento dos alunos, deixando clara a necessidade ou não de uma maior intervenção como forma de guiá-los no processo de solução dos problemas. Após analisar o questionário e ter em mente o conhecimento expresso pelos alunos sobre o tema, a proposta pode ser iniciada de fato.

Como a proposta trata de problemas relacionados à acontecimentos presentes no filme Titanic, é necessário que os alunos o tenham assistido em algum momento. Caso seja preciso, o filme pode ser reproduzido em sala de aula para todos ou até mesmo ficar como tarefa assistí-lo em casa.

Os alunos serão divididos em cinco grupos, sendo que cada grupo ficará responsável por analisar uma situação diferente. Cada um destes problemas possui situações que deverão ser

solucionadas com base nos conhecimentos dos alunos e com a mediação do professor. Como se tratam de problemas abertos, será necessária uma investigação por parte dos alunos dos acontecimentos que levaram a tal situação e a coleta do maior número de dados que conseguirem para que seja possível solucioná-los. Caso os alunos não consigam sozinhos reunir todas as informações necessárias, o professor deve entrar com questionamentos que os direcionem e façam com que os mesmos cheguem em tais informações, podendo elas ser dadas pelo próprio professor.

Após reunir todos os dados necessários, os alunos deverão utilizar artefatos da Física para desenvolverem uma explicação para o problema. Nesse momento, podem surgir várias dúvidas, já que alguns alunos talvez não tenham conhecimento a respeito dos fenômenos físicos e da abordagem matemática necessária para o desenvolvimento da questão. Espera-se que essas dúvidas sejam sanadas dentro do próprio grupo, onde os alunos que possuem uma maior facilidade com o assunto expliquem para o restante dos integrantes. Uma vantagem de tal metodologia é que os alunos possuem uma linguagem mais comum entre si se comparada com a linguagem do professor, o que pode facilitar o entendimento. A argumentação aparece como um fator importante nesse momento, já que será necessário defender um ponto de vista proposto e se chegar a um consenso. Caso nenhum dos alunos consiga tal feito, o professor pode usar a situação para realizar uma breve explicação do conteúdo, possibilitando assim que os alunos consigam dar sequência na resolução do problema.

Por fim, logo após todos os grupos terem encontrado possíveis soluções para os problemas, será realizada uma espécie de socialização entre eles, onde os alunos apresentarão os passos desenvolvidos no processo de resolução e discutirão com o restante da turma. Com isso, espera-se que a sequência de fatos apresentados e explicados pelos grupos possa contribuir para o entendimento dos motivos para tal tragédia ter acontecido em suas devidas proporções, além de possibilitar que os alunos concluam se houve ou não crime.

### **Tempo de aplicação**

Como se tratam de problemas abertos, em que os alunos terão que investigar e buscar por si próprios os caminhos necessários para que possam solucioná-los, é preciso estar ciente de que esse processo pode levar algum tempo, o qual pode variar de grupo para grupo. Alguns pontos que podem influenciar diretamente no andamento da atividade são: o nível de empenho dos integrantes dos grupos, a organização, o conhecimento a respeito do tema estudado, entre

outros. Além disso, outro aspecto que pode influenciar nesse quesito é a forma como o professor administra a atividade, ficando responsável por não permitir que os alunos trilhem caminhos que se afastem do objetivo da proposta.

De forma geral, e levando em consideração uma aula de 50 minutos, acredito ser possível desenvolver a proposta em 5 aulas, sendo a primeira reservada para o filme, se necessário, duas delas reservadas para a resolução do problema em grupo e as outras duas para a socialização dos resultados obtidos por todos. Vale ressaltar que pode ser necessário um maior período de tempo para que os alunos consigam resolver os problemas, já que os estes demandam várias investigações por parte daqueles. Caso o tempo estipulado não seja suficiente, baseado nos problemas elaborados, acredito que o acréscimo de uma aula seja suficiente para que a tarefa seja concluída.

### **Avaliação**

A avaliação levará em conta todo o processo de solução do problema. Para que o aluno obtenha um bom rendimento, ele deverá ser peça ativa em todos os passos, sendo necessário que o mesmo investigue a situação em busca de informações chave e argumente com os outros integrantes do grupo. Seguindo as etapas de resolução mencionadas anteriormente (OLIVEIRA; ARAUJO; VEIT, 2020), um possível questionário individual pode ser visto logo a seguir.

1. Definição e representação do problema: Descreva o problema apresentado baseado em sua leitura inicial.
2. Elaboração de planos e estratégias de solução: Elenque os principais pontos que devem ser levados em consideração para que se possa solucionar o problema, além de uma prévia de como os mesmos serão utilizados no momento da resolução.
3. Implementação das estratégias de solução: Descreva os passos que serão seguidos para a resolução do problema.
4. Avaliação e monitoramento do processo: Apresente uma conclusão a respeito dos passos utilizados, bem como sobre os resultados obtidos.

Após todos os grupos encerrarem esta primeira parte, será solicitado que eles façam uma breve apresentação de seus problemas ao restante da turma, explicando os passos utilizados no

momento da resolução e os resultados obtidos. Com todos esses dados, os grupos deverão elaborar um pequeno relatório que contenha a sequência cronológica de acontecimentos e explicar, baseado nos conhecimentos físicos presentes, o motivo da tragédia ter alcançado tal magnitude.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já mencionado, o objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de alguns problemas abertos que possibilitassem aos alunos a oportunidade de atuarem como “peritos” durante a investigação de determinados acontecimentos presentes no filme “Titanic” e que trabalhassem conceitos de Física básica inseridos no currículo escolar do ensino médio. É válido ressaltar que os temas não foram escolhidos de forma prévia, surgindo somente após a seleção das cenas do filme definidas como integrantes da proposta.

Inicialmente, esperava-se que a proposta fosse utilizada em sala de aula a fim de testar sua eficiência e analisar os resultados obtidos. Dessa forma, seria possível identificar quais pontos foram capazes de proporcionar aquilo que se espera dos problemas, que é permitir aos alunos a construção e aplicação do conhecimento através da investigação de situações que envolvam acontecimentos da vida real, mesmo que vistas nas cenas do filme, e fazer com que os estudantes tenham contato com uma forma diferente de se aprender um conteúdo, os quais teriam papel fundamental nesse processo. Ainda, seria possível identificar quais pontos não alcançaram o resultado esperado, dando a oportunidade de repensá-los e adequá-los aos dados.

A não aplicação da proposta foi devida principalmente à pandemia da covid-19, a qual afetou significativamente o andamento das atividades escolares entre os anos de 2020 e 2021. Uma hipótese levantada, a qual também não foi concluída, foi sua utilização com os alunos do curso de Licenciatura em Física da própria Universidade, matriculados na disciplina de Física II. Existe uma grande diferença entre alunos do ensino superior, mesmo se tratando de alunos que estão cursando os períodos iniciais, e alunos do ensino médio. Assim, os dados que seriam obtidos através de sua utilização com os licenciandos poderiam pouco ou nada contribuir para o julgamento de sua eficácia na educação básica. Além disso, as aulas estavam acontecendo de forma remota, o que dificultaria a organização da turma em grupos e inviabilizaria a argumentação entre os alunos, as quais são características centrais da proposta. Outra hipótese seria utilizá-la durante as atividades de estágio supervisionado, a qual também não teve sucesso, já que os estágios I, II e III aconteceram de forma remota, e, no estágio IV, que está sendo realizado no momento (segundo semestre do ano de 2022), não houve coincidência entre os conteúdos estudados pelos alunos e aqueles presentes na proposta. Com isso, foi preciso contentar-se com sua não aplicação, deixando-a apenas como uma proposta de ensino. Entretanto, sua utilização pode ser parte de trabalhos que venham a ser produzidos posteriormente, seja pelo próprio autor, seja por algum leitor.

Mesmo com a não aplicação da proposta, foi possível absorver do trabalho um alto nível de aprendizado considerando-se as etapas seguidas durante a produção do material. Para o desenvolvimento da fundamentação, foram necessárias diversas leituras de materiais que abordavam diferentes metodologias e estratégias de ensino. Levando em consideração a demanda de um professor por conhecer formas diversificadas e eficientes de se apresentar um conteúdo, tais leituras forneceram um grande embasamento teórico, possibilitando o aprofundamento daquilo que foi visto durante a graduação e o aprendizado de outros conteúdos. Ainda, foi possível perceber as dificuldades envolvidas no planejamento de um material didático que tenha como objetivo contribuir com a melhoria da qualidade da educação, já que é preciso levar em consideração as particularidades existentes no processo de aprendizagem. Além de despertar o interesse do aluno, é preciso dar sentido às atividades por ele desenvolvidas, fazendo com que o mesmo possa utilizar desses novos conhecimentos na resolução de problemas existentes em seu dia a dia.

Através da revisão, foi possível concluir que é preciso produzir mais materiais que façam uso da Física forense como estratégia didática para o ensino de conceitos científicos, já que tal estratégia possui grande potencial quando se pretende obter um ensino contextualizado.

Como colocado acima, espera-se que tal proposta possa ser utilizada no futuro, para que assim seja possível obter os resultados esperados e analisá-los de acordo com sua potencialidade em promover um ensino de qualidade aos estudantes.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, A. A. **Ciências forenses e o método aula invertida**: contribuições para o ensino de ciências naturais no ensino superior. 71 f. Monografia (Graduação Curso de Licenciatura em Ciências da Natureza) — Universidade Federal do Pampa, Dom Pedrito, RS, 2018. Disponível em: <<https://repositorio.unipampa.edu.br/jspui/handle/riu/3679>>. Acesso em: 10 jan. 2022.
- BACHELARD, G. **O racionalismo aplicado**. Rio de Janeiro, Zahar, 1977.
- BARCELLOS, L. da S. et al. A mediação pedagógica de uma licencianda em ciências biológicas em uma aula investigativa de ciências envolvendo conceitos físicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 19, p. 37–65, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u3765>>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- BERBEL, N. A. N. A problematização e a aprendizagem baseada em problemas: diferentes termos ou diferentes caminhos? **Interface-Comunicação, Saúde, Educação**, [S.I.], v. 2, n. 2, p. 139–154, fev. 1998. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/icse/a/BBqnRMcdxXyvNSY3YfztH9J/?format=pdf&lang=pt>>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- BERBEL, N. A. N. A metodologia da problematização em três versões no contexto da didática e da formação de professores. **Revista Diálogo Educacional**, Curitiba, v. 12, n. 35, p. 103–120, jan./abr. 2012. ISSN 1518-3483. Disponível em: <<https://doi.org/10.7213/dialogo.educ.5904>>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- BERTUSSO, F. R.; WENDLING, C. M.; MALACARNE, V. Investigação, problematização e argumentação: conteúdo e metodologia no ensino de ciências. **Revista Valore**, Volta Redonda, v. 3, p. 211–222, 2018. Disponível em: <<https://revistavalore.emnuvens.com.br/valore/article/view/156>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- BIAZZOTTO, C. B. et al. Hipotermia no período peri-operatório. **Revista Brasileira de Anestesiologia**, v. 56, n. 1, p. 89–106, jan.-fev. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0034-70942006000100012>>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- BRASIL. Ministério da educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.
- BRITO, L. O. d.; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 1, p. 123–146, jan-abr. 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172016180107>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- CAMPOS, M. C. d. C.; NIGRO, R. G. **Didática de ciências: o ensino-aprendizagem como investigação**. São Paulo: FTD, 1999.
- CÂNDIDO, R. de K.; GENTILINI, J. A. Base curricular nacional: reflexões sobre autonomia escolar e o projeto político-pedagógico. **Revista Brasileira de Política e Administração da Educação - Periódico científico editado pela ANPAE**, [S.I.], v. 33, n. 2, p. 323–336, mai./ago. 2017. ISSN 2447-4193. Disponível em: <<https://www.seer.ufrgs.br/rbpae/article/view/70269>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- CANNON, B. **RMS Titanic**. 2012. Px Pixels. Disponível em: <<https://pixels.com/featured/rms-titanic-bill-cannon.html>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

CARVALHO, A. M. P. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2010.

CHIARO, S. D.; LEITÃO, S. O papel do professor na construção discursiva da argumentação em sala de aula. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 18, n. 3, p. 350–357, dez. 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-79722005000300009>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Resolução de problemas de lápis e papel numa abordagem investigativa. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S.I.], v. 7, n. 2, p. 98–116, 2012. Disponível em: <[https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo\\_ID185/v7\\_n2\\_a2012.pdf](https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID185/v7_n2_a2012.pdf)>. Acesso em: 07 jan. 2022.

COSTA, A. Desenvolver a capacidade de argumentação dos estudantes: um objectivo pedagógico fundamental. **Revista Iberoamericana de Educación**, [S.I.], v. 46, n. 5, p. 1–8, jun. 2008. ISSN 1681-5653. Disponível em: <<https://doi.org/10.35362/rie4651951>>. Acesso em: 07 jan. 2022.

CYRINO, E. G.; TORALLES-PEREIRA, M. L. Trabalhando com estratégias de ensino-aprendizado por descoberta na área da saúde: a problematização e a aprendizagem baseada em problemas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p. 780–788, mai-jun. 2004. Disponível em: <[https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource\\_ssm\\_path=/media/assets/csp/v20n3/15.pdf](https://www.scielo.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/csp/v20n3/15.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2022.

DELIZOICOV, D. Problemas e problematizações. In: PIETROCOLA, M. (Org.). **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2001. p. 125–150. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4667611/mod\\_resource/content/1/Problemas\\_problematizacao.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4667611/mod_resource/content/1/Problemas_problematizacao.pdf)>. Acesso em: 11 jan. 2022.

DUSCHL, R. A.; SCHWEINGRUBER, H. A.; SHOUSE, A. W. Taking science to school: learning and teaching science in grades k-8. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, Washington, DC, v. 3, n. 2, p. 163–166, 2007. ISSN 1305-8223. Disponível em: <<https://www.ejmste.com/download/book-reviews-taking-science-to-school-learning-and-teaching-science-in-grades-k-8-4062.pdf>>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FALK, J. H.; COULSON, D. **Los Angeles science education research (LASER) project: Telephone survey report**. [S.l.]: Annapolis, MD: Institute for Learning Innovation, 2000.

FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações em ensino de ciências**, [S.I.], v. 22, n. 1, p. 42–60, abr. 2017. Disponível em: <<https://pdfs.semanticscholar.org/b622/c0380dda3856b314fc70349b1232ad35fa11.pdf>>. Acesso em: 07 jan. 2022.

FERREIRA, M. et al. Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da teoria da relatividade geral. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, SciELO Brasil, v. 43, 2021. ISSN 1806-9126. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0157>>. Acesso em: 05 ago. 2022.

FRANÇA, S. C. G.; GOMES, L. C.; FRANÇA JÚNIOR, M. C. da. Uma proposta para o ensino de física por meio de problematizações. **Revista Insignare Scientia**, [S.I.], v. 4, n. 3, p. 542–562, mar. 2021. ISSN 2595-4520. Disponível em: <<https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/12141>>. Acesso em: 07 jan. 2022.

FUNNY. **Science vs Rose**. 2012. 1 fotografia. Disponível em: <<https://9gag.com/gag/3887564>>. Acesso em: 14 jun. 2021.

GALVÃO, I. C. M. **Interação discursiva e argumentação dos alunos no ensino de Física**. 221 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Área de concentração: Ensino de Ciências) — Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru, 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/194450>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

GOLIN, V. et al. Hipotermia acidental em um país tropical. **Revista da Associação Médica Brasileira**, São Paulo, v. 49, n. 3, p. 261–265, set. 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0104-42302003000300028>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

GOOGLE. **Google Maps**. [S.l.]: Disponível em: <<https://www.google.com/maps/place/Cobh,+Co.+Cork,+Irlanda/@25.7906551,-39.2801651,3.19z/data=!4m2!1m15!4m14!1m6!1m2!1s0x4844839d75ebf407:0x3c98781731256321!2sCobh,+Co.+Cork,+Irlanda!2m2!1d-8.2942858!2d51.8503357!1m6!1m2!1s0x89c24fa5d33f083b:0xc80b8f06e177fe62!2sNova+Iorque,+Nova+York,+EUA!2m2!1d-74.0059728!2d40.7127753!3m4!1s0x4844839d75ebf407:0x3c98781731256321!8m2!3d51.8503357!4d-8.2942858>> Acesso em: 15 junho 2021, 2021.

GUIMARÃES, R. R.; MASSONI, N. T. Relato crítico de uma experiência didática acerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 37, n. 2, p. 695–717, ago. 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n2p695>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

HAAS, L. **Um Navio para Recordar**. 2009. NR Titanic. Disponível em: <<https://nrtitanic.wordpress.com/2009/11/07/os-inqueritos/>>. Acesso em: 05 set. 2022.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016. v. 2. ISBN 978-85-216-3206-1.

LAWALL, I. T. et al. Jogo didático: um recurso para resolução de problemas em aulas de física. **Ensino em Re-Vista**, Uberlândia, MG, v. 25, n. 2, p. 323–344, mai./ago. 2018. ISSN 1983-1730. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.14393ER-v25n2a2018-4>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

LONDERO, L.; MOSINAHTI, G. A problematização da física de partículas elementares e o uso de notícias da imprensa. **Enseñanza de las ciencias**, Sevilla, n. Extra, p. 5255–5260, set. 2017. ISSN 2174-6486. Disponível em: <[https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc\\_a2017nEXTRA/83.\\_a\\_problematizaciao\\_da\\_fisica\\_de\\_particulas\\_elementares.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/edlc/edlc_a2017nEXTRA/83._a_problematizaciao_da_fisica_de_particulas_elementares.pdf)>. Acesso em: 05 ago. 2022.

LUZ, G. **Calor específico do corpo humano**. 2021. Gelson Luz: Blog materiais. Disponível em: <<https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/09/calor-especifico-do-corpo-humano.html>>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MAYO, J. **Titanic: Minuto a minuto**. 1. ed. São Paulo: Vestígio, 2017. ISBN 978-85-8286-324-4.

- MCNEILL, K. L. Elementary students' views of explanation, argumentation, and evidence, and their abilities to construct arguments over the school year. **Journal of Research in Science Teaching**, Hoboken, v. 48, n. 7, p. 793–823, set. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/tea.20430>>. Acesso em: 07 jun. 2021.
- MEIRA, D. P.; KAMASSURY, J. K. S.; MEIRA, R. C. d. S. Uma discussão sobre o coeficiente de restituição. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.I.], v. 39, n. 4, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0278>>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- MERIZIO, A. D.; CLEMENT, L. Uso de tecnologias móveis sob uma perspectiva investigativa em aulas de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1453–1477, dez. 2021. ISSN 2175-7941. Disponível em: <<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2021.e76703>>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- MOURA, F. A. de; COSTA, B. C.; FREIRE, G. M. O ensino de física através de atividades investigativas sobre a primeira lei de newton. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 7, p. 1–22, 2019. ISSN 2525-3409. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v8i7.1159>>. Acesso em: 14 ago. 2022.
- MOURA, F. A. de; SILVA, R. O ensino de física por investigação: A socioconstrução do conhecimento para medir a aceleração gravitacional. **Research, Society And Development**, Grupo de Pesquisa Metodologias em Ensino e Aprendizagem em Ciências, v. 8, n. 3, p. 01–12, 2019. ISSN 2525-3409. Disponível em: <<https://doi.org/10.33448/rsd-v8i3.771>>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- MOURÃO, M. F.; SALES, G. L. O uso do ensino por investigação como ferramenta didático-pedagógica no ensino de física. **Experiências em Ensino de Ciências**, [S.I.], v. 13, n. 5, p. 428–440, ago. 2018. Disponível em: <<https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/113>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. d. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 89–111, jan-jun. 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172007090107>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- NICKELL, J.; FISCHER, J. F. **Crime science: methods of forensic detection**. Lexington, KY: The University Press of Kentucky, 2014. 312 p. ISBN 0813146615, 9780813146614.
- NUSSBAUM, E. M.; SINATRA, G. M. Argument and conceptual engagement. **Contemporary Educational Psychology**, Elsevier, v. 28, n. 3, p. 384–395, jul. 2003.
- NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica: Mecânica**. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2002. v. 1. ISBN 85-212-0298-9.
- OLIVEIRA, B. J. d. Cinema e imaginário científico. **História, ciências, saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 13 (suplemento), p. 133–150, out. 2006. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/hcsm/a/sj4GXX3M9Xhn7TsgPFZpzsJ/?lang=pt&format=pdf>>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- OLIVEIRA, L. D. de. Titanic, jack, rose e o princípio de arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Porto Alegre, RS, v. 29, n. 2, p. 283–288, ago. 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2012v29n2p283>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Resolução de problemas abertos como um processo de modelagem didático-científica no ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, [S.I.], v. 42, set. 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0043>>. Acesso em: 09 jan. 2022.

OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Scientific argument and explanation: A necessary distinction? **Science Education**, [S.I.], v. 95, n. 4, p. 627–638, jul. 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/sce.20438>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

RAIBOLT, B.; HASTENREITER, R. S. da C.; RODRIGUES, F. N. Problematização como base para construção de atividades experimentais em aulas de ciências no ensino fundamental I: Conceitos iniciais de hidrostática. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, Sevilla, n. Extra, p. 1033–1040, set. 2017. ISSN 2174-6486. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/184511>>. Acesso em: 05 ago. 2022.

RAMIS, N. T. **Prevención y tratamiento de la hipotermia en los trabajadores de la Marine Mercante**. Dissertação (Mestrado) — UPC, Facultat de Nàutica de Barcelona, Departament de Ciència i Enginyeria Nàutiques, fev. 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/2099.1/17381>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

RIBEIRO, B. S.; PIGOSSO, L. T.; PASTORIO, D. P. Implementação de metodologias ativas de ensino em uma turma de física básica: um estudo de caso. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, n. 2, p. 31–45, 2019. Disponível em: <<https://revistas.unc.edu.ar/index.php/revistaEF/article/view/26954>>. Acesso em: 05 ago. 2022.

RODRIGUES, R. d. S. R.; CARLOS, J. G. Estimando a temperatura da superfície do sol: um experimento, três enfoques. **Revista Caminho Aberto**, v. 6, n. 11, jul./dez. 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.35700/ca.2019.ano6n11.p15-24.2675>>. Acesso em: 05 ago. 2022.

ROMANATTO, M. C. Resolução de problemas nas aulas de matemática. **Revista Eletrônica de Educação**, UFSCar, São Carlos, SP, v. 6, n. 1, p. 299–311, mai. 2012. ISSN 1982-7199. Disponível em: <<https://doi.org/10.14244/19827199413>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

ROSA, C. T. W. da; GHIGGI, C. M. Monitoramento e controle metacognitivo na resolução de problemas em física: análise de um estudo comparativo. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, Florianópolis, v. 10, n. 2, p. 105–125, nov. 2017. ISSN 1982-5153. Disponível em: <<http://dx.doi.org/>>. Acesso em: 14 ago. 2022.

ROSA, C. W. da; ROSA, Á. B. da. O ensino de ciências (física) no brasil: da história às novas orientações educacionais. **Revista Iberoamericana de Educación**, Madrid, v. 58, n. 2, p. 1–24, fev. 2012. ISSN 1681-5653. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11162/185048>>. Acesso em: 07 jan. 2022.

SCARPA, D. L. **Cultura escolar e cultura científica**: aproximações, distanciamentos e hibridações por meio da análise de argumentos no ensino de biologia e na biologia. 236 f. Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em Educação. Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática) — Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009. Disponível em: <<https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-23092009-144938/en.php>>. Acesso em: 11 jan. 2022.

- SCARPA, D. L. O papel da argumentação no ensino de ciências: lições de um workshop. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 15–30, nov. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s02>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- SCHNETZLER, R. P. Construção do conhecimento e ensino de ciências. **Em Aberto**, Brasília, ano 11, n. 55, p. 17–22, jul./set. 1992. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/ojs3/index.php/emaberto/article/view/2155/1894>>. Acesso em: 07 jan. 2022.
- SEBASTIANY, A. P. et al. A utilização da ciência forense e da investigação criminal como estratégia didática na compreensão de conceitos científicos. **Educación química**, Cidade do México, v. 24, n. 1, p. 49–56, jan. 2013. ISSN 1870-8404. Disponível em: <[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2013000100009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2013000100009)>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- SILVA, E. dos S.; ARAUJO, A. A. V. R. de. Empuxo sobre um corpo imerso: Uma investigação em contexto de aprendizagem ativa considerando o paradoxo hidrostático de galileu. **Revista Prática Docente** — Ciências da natureza e suas tecnologias, v. 4, n. 1, p. 185–195, jan.-jun. 2019. ISSN 2526-1249. Disponível em: <<https://doi.org/10.23926/RPD.2526-2149.2019.v4.n1.p185-195.id366>>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- SILVA, J. A. Cinema e educação: o uso de filmes na escola. **Revista Intersaberes**, [S.I.], v. 9, n. 18, p. 361–373, jul.-dez. 2014. ISSN 1809-7286. Disponível em: <<https://doi.org/10.22169/revint.v9i18.642>>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- SOARES, M. T. C.; PINTO, N. B. Metodologia da resolução de problemas. In: 24<sup>a</sup> REUNIÃO ANPED, 2001, Caxambu. **Anais [...]**. Caxambu, 2001. p. 10. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2012/matematica\\_artigos/artigo\\_soares\\_pinto.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/setembro2012/matematica_artigos/artigo_soares_pinto.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2022.
- SOUZA, É. J. d. **Física forense na educação básica**: uma proposta baseada na alfabetização científica. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática) — Universidade Federal de São Paulo - Campus Diadema, Diadema, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/54624>>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- SOUZA, É. J. de et al. O jogo do perito: uma proposta investigativa para o ensino de ciências utilizando elementos de física forense. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS - XI ENPEC. **Atas do XI ENPEC**. Florianópolis, SC, 2017. p. 1–10. Disponível em: <<http://www.abrapecnet.org.br/enpec/xi-enpec/anais/resumos/R1245-1.pdf>>. Acesso em: 11 jan. 2022.
- SOUZA, P. L. P. de. **Balística**: Física forense para o ensino de lançamento oblíquo. 41 f. Monografia (Graduação em Física) — Universidade Federal Fluminense, Niterói, RJ, 2018. Disponível em: <<https://app.uff.br/riuff/handle/1/11152>>. Acesso em: 05 ago. 2022.
- TENÓRIO, T.; LEITE, R. de M.; TENÓRIO, A. Séries televisivas de investigação criminal e o ensino de ciências: Uma proposta educacional. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, [S.I.], v. 13, n. 1, p. 73–96, 2014. Disponível em: <[http://reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen13/REEC\\_13\\_1\\_5\\_ex779.pdf](http://reec.educacioneditora.net/volumenes/volumen13/REEC_13_1_5_ex779.pdf)>. Acesso em: 07 jan. 2022.

TEO, C. R. P. A.; BORSOI, A. T.; FERRETTI, F. Metodologia da problematização: uma possibilidade para o desenvolvimento de competências crítico-reflexivas em contextos curriculares tradicionais. **Educação**, Porto Alegre, v. 42, n. 3, p. 486–495, set.-dez. 2019. ISSN 1981-2582. Disponível em: <<https://doi.org/10.15448/1981-2582.2019.3.29602>>. Acesso em: 08 jan. 2022.

TESTONI, L. A. et al. Histórias em quadrinhos e argumentações em aulas de física. **Enseñanza de las ciencias**, Sevilla, n. Extra, p. 1465–1472, 2017. ISSN 2174-6486. Disponível em: <<https://ddd.uab.cat/record/184429>>. Acesso em: 05 ago. 2022.

THOMEN, D. M. N. **O Desastre do RMS Titanic**. 2015. GPET Física: Unicentro, PR. Disponível em: <<https://www3.unicentro.br/petfisica/2015/10/27/o-desastre-do-rms-titanic/>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros: Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica**. 6. ed. [S.l.]: LTC, 2009. v. 1. 788 p. ISBN 9788521617105.

TRIVELATO, S. L. F.; TONIDANDEL, S. M. R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 97–114, nov. 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-2117201517s06>>. Acesso em: 07 jan. 2022.

VIANNA, C. R. Resolução de problemas. In: FUTURO CONGRESSOS E EVENTOS (Org.). **Temas em Educação I: o Livro das Jornadas de 2002**. Pinhais, Paraná: Futuro Congressos e Eventos, 2002. p. 401–410. Disponível em: <[http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos\\_teses/MATEMATICA/Artigo\\_Carlos8.pdf](http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/2010/artigos_teses/MATEMATICA/Artigo_Carlos8.pdf)>. Acesso em: 08 jan. 2022.

VILLANI, C. E. P.; NASCIMENTO, S. S. do. A argumentação e o ensino de ciências: uma atividade experimental no laboratório didático de física do ensino médio. **Investigações em ensino de Ciências**, [S.l.], v. 8, n. 3, p. 187–209, 2003. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/539>>. Acesso em: 07 jun. 2021.

## APÊNDICE A – Lista de trabalhos selecionados

### INVESTIGAÇÃO E ENSINO DE FÍSICA

1. **Estimando a temperatura da superfície do Sol: um experimento, três enfoques**, (RODRIGUES; CARLOS, 2019).
2. **Uso de Tecnologias Móveis sob uma perspectiva investigativa em aulas de Física**, (MERIZIO; CLEMENT, 2021).
3. **O Ensino de Física por Investigação: A socioconstrução do conhecimento para medir a aceleração gravitacional**, (MOURA; SILVA, 2019).
4. **Ensino de astronomia: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral**, (FERREIRA et al., 2021).
5. **Empuxo sobre um corpo imerso: uma investigação em contexto de aprendizagem ativa considerando o paradoxo hidrostático de Galileu**, (SILVA; ARAUJO, 2019).
6. **Problematização como base para construção de atividades Experimentais em aulas de Ciências no Ensino Fundamental I : Conceitos Iniciais de Hidrostática**, (RAIBOLT; HASTENREITER; RODRIGUES, 2017).
7. **O Ensino de Física através de atividades investigativas sobre a Primeira Lei de Newton**, (MOURA; COSTA; FREIRE, 2019).
8. **A mediação pedagógica de uma licencianda em Ciências Biológicas em uma aula investigativa de ciências envolvendo conceitos físicos**, (BARCELLOS et al., 2019).

### ARGUMENTAÇÃO E ENSINO DE FÍSICA

9. **Relato crítico de uma experiência didática acerca de uma temática científica aplicada na educação básica: algumas reflexões epistemológicas e a defesa de um ensino de ciências fundamentado na argumentação dialógica**, (GUIMARÃES; MASSONI, 2020).
10. **Histórias em Quadrinhos e Argumentações em Aulas de Física**, (TESTONI et al., 2017).

11. **Interação discursiva e argumentação dos alunos no ensino de física**, (GALVÃO, 2020).

### **PROBLEMATIZAÇÃO E ENSINO DE FÍSICA**

12. **A problematização da física de partículas elementares e o uso de notícias da imprensa**, (LONDERO; MOSINAHTI, 2017).

### **RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E ENSINO DE FÍSICA**

13. **Implementação de metodologias ativas de ensino em uma turma de física básica: um estudo de caso**, (RIBEIRO; PIGOSSO; PASTORIO, 2019).
14. **Jogo didático: um recurso para resolução de problemas em aulas de Física**, (LAWALL et al., 2018).
15. **Monitoramento e controle metacognitivo na resolução de problemas em física: análise de um estudo comparativo**, (ROSA; GHIGGI, 2017).

### **FÍSICA FORENSE E ENSINO DE FÍSICA**

16. **Balística: física forense para o ensino de lançamento oblíquo**, (SOUZA, 2018).
17. **Física forense na educação básica: uma proposta baseada na alfabetização científica**, (SOUZA, 2019).
18. **Ciências forenses e o método aula invertida: contribuições para o ensino de ciências naturais no ensino superior**, (ANTUNES, 2018).

### **TRABALHOS PRÉ-SELECIONADOS**

19. **Séries televisivas de investigação criminal e o ensino de ciências: Uma proposta educacional**, (TENÓRIO; LEITE; TENÓRIO, 2014).