



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Hemily Eduarda Santos

**A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O
ESTUDO DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES NO ENSINO MÉDIO**

Recife
2024



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

Hemily Eduarda Santos

**A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS: CONTRIBUIÇÕES PARA O
ESTUDO DO PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Verônica Tavares Santos Batinga.

Linha de Pesquisa: Ensino e Aprendizagem de Ciências e da Matemática.

Recife
2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema Integrado de Bibliotecas da UFRPE
Biblioteca Central, Recife-PE, Brasil

S237a Santos, Hemily Eduarda.

A abordagem de resolução de problemas : contribuições para o estudo do princípio de Arquimedes no Ensino médio / Hemily Eduarda Santos. – Recife, 2024.

174 f.: il.

Orientador(a): Verônica Tavares Santos Batinga.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, BR-PE, 2024.

Inclui referências.

1. Física (Ensino médio) 2. Resolução de problema 3. Vigotsky, L. S. (Lev Semenovich), 1896-1934 I. Batinga, Verônica Tavares Santos, orient. II. Título

CDD 370

HEMILY EDUARDA SANTOS

Título: A Abordagem de Resolução de Problemas: Contribuições para o Estudo do Princípio de Arquimedes no Ensino Médio.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências como requisito parcial para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em: ____/____/____

Comissão Examinadora

Prof^a. Dra. Verônica Tavares Santos Batinga
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(Presidente e Orientadora)

Prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenorio
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(1º Examinador Externo)

Prof^a. Dra. Angela Fernandes Campos
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE
(2ª Examinadora Externa)

Recife
2024

Esta dissertação é dedicada aos meus pais, Joselma e
Claudeilton, os primeiros e constantes guias em minha jornada.

Agradecimentos

Inicialmente, expresso minha gratidão à Deus por todas as oportunidades e bênçãos que foram concedidas. Sou grata pelas pessoas que Ele colocou em meu caminho, tornando esta jornada mais suave e significativa.

Expresso minha profunda gratidão à minha mãe, Joselma, que representa a essência da excelência em minha vida. Sem ela, minha jornada jamais teria sido moldada da forma como é hoje. À minha família, em especial meu pai, meu padrasto, e minha sogra que sempre acreditaram em mim e celebram minhas conquistas.

Também desejo estender meus agradecimentos à Lucas, meu noivo. Ele tem sido meu pilar desde o início. Agradeço por sua constante presença, por trazer felicidade e, acima de tudo, por ser ele mesmo.

Não posso deixar de mencionar Kethily e Pietro, minha irmã e sobrinho, que, sem saber, aliviaram um fardo em meus ombros. Eles resgatam a parte mais leve de mim, proporcionando os melhores momentos de riso.

Não posso deixar de agradecer à minha orientadora, Verônica Batinga, que se esforça para acolher suas orientandas para além do ambiente acadêmico. Sua bondade é inspiradora. Sua orientação foi essencial para o meu crescimento e amadurecimento acadêmico. Assim como o acolhimento do grupo de pesquisa: Núcleo de Pesquisa de Ensino e Aprendizagem Baseado na Resolução de Problemas (NuPeABRP), onde tivemos muitos debates que me auxiliaram na escrita dessa dissertação.

Expresso minha gratidão a um grupo especial de pessoas: Wibson, Larissa, Wash e Flávia que permanecem presentes mesmo diante de nossas agendas agitadas. Agradeço por estarem sempre ao meu lado, por ouvirem minhas palavras e por dedicarem seu tempo para me oferecerem conselhos tão necessários.

Agradeço também aos meus colegas de turma, Manoel, Neto, Marcelo, Ane e Letícia que enfrentaram desafios ao meu lado para alcançarmos nossos objetivos. Especialmente a Gabizinha, minha companheira de pesquisa, pela colaboração em nossos encontros e trocas de ideias. Agradeço à Simone, minha mãe no mestrado, pelo cuidado constante.

Meus agradecimentos se estendem aos colegas de trabalho, Rhalldney, Thalles, Mario, Gabriela, Thays, Lucas, Carlos, Felipe, Celso e Vinícius pelo apoio contínuo e por me lembrarem da importância de vivenciar momentos fora do ambiente de trabalho.

Um agradecimento especial a toda Classe Estudantil que está sempre presente em minha jornada, compartilhando momentos e preocupações.

Agradeço à Ceça, Silvana e Wolney, que me acompanharam no processo de escrita do pré-projeto e me incentivaram a buscar a seleção do programa. Agradeço também à Altenes, um parceiro de profissão, pelo olhar atento no processo de escrita do roteiro do experimento.

Agradeço aos professores da banca examinadora, Angela Campos e Alexandro Tenório por suas valiosas contribuições, pela atenção e humanidade durante o exame de qualificação do projeto. O mundo necessita de mais profissionais como vocês.

Agradeço também ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e à CAPES pela bolsa concedida para cursar o mestrado. Em especial, expresso minha gratidão às professoras Mônica Folena e Janaina Couto, cujas disciplinas foram de extrema importância para esta pesquisa e para o meu crescimento profissional, e das quais tive a honra de ser aluna.

Por fim, agradeço à todos da escola a qual os dados foram processados pela disponibilidade e atenção para que essa pesquisa fosse aplicada com todo suporte possível. Especialmente aos alunos e alunas que sempre se mostraram dispostos em participar das aulas elaboradas.

“A formulação de um problema é mais importante que sua solução.”
Albert Einstein

Resumo

A Resolução de Problemas é uma linha de pesquisa que pertence à Didática das Ciências e Matemática, e uma metodologia de ensino amplamente discutida na área de pesquisa em Ensino de Ciências e Matemática, sendo alvo de investigação por diversos pesquisadores nacionais e internacionais. Esta dissertação teve como objetivo geral avaliar as contribuições da abordagem de Resolução de Problemas para o estudo do Princípio de Arquimedes pelos alunos do ensino médio, em aulas de Física. Trata-se de pesquisa de natureza qualitativa e do tipo intervenção pedagógica. Os procedimentos de pesquisa adotados foram: 1) análise bibliográfica de artigos de periódicos científicos para identificar as direções de estudos sobre a Resolução de Problemas ancorados na teoria de Vygotsky, desenvolvidos na área de ensino de Física com alunos do ensino médio, 2) Elaboração de uma intervenção didática com base na resolução de problemas na perspectiva de Vygotsky e 3) Análise de dados das produções e interações dos estudantes durante a intervenção. Os dados foram analisados com base nas categorias construídas a priori, relacionadas com o conhecimento físico escolar e as etapas da resolução de problemas, a saber: Desenvolvimento dentro das Expectativas (DDE), Desenvolvimento Regular (DR), Desenvolvimento abaixo das Expectativas (DAE) e Desenvolvimento Insuficiente (DI). Os resultados evidenciaram a importância da abordagem de resolução de problemas na promoção do desenvolvimento dos alunos, com relação a compreensão das limitações do Princípio de Arquimedes e o estímulo ao pensamento crítico e colaborativo. Em síntese, conclui-se que a Resolução de Problemas se apresentou como uma abordagem que possibilitou uma compreensão contextualizada e significativa do Princípio de Arquimedes, a elaboração de hipóteses, questionamentos, análise de dados e comunicação de resultados pelos estudantes.

Palavras-Chaves: Resolução de Problema; Física; Ensino Médio; Vygotsky.

Abstract

Problem Solving is a line of research that belongs to Science and Mathematics Didactics, and a teaching methodology widely discussed in the area of research in Science and Mathematics Teaching, being the target of investigation by several national and international researchers. This dissertation had the general objective of evaluating the contributions of the Problem Solving approach to the study of Archimedes' Principle by high school students, in Physics classes. This is research of a qualitative nature and of the pedagogical intervention type. The research procedures adopted were: 1) bibliographical analysis of articles from scientific journals to identify the directions of studies on Problem Solving anchored in Vygotsky's theory, developed in the area of Physics teaching with high school students, 2) Preparation of a didactic intervention based on problem solving from Vygotsky's perspective and 3) Data analysis of students' productions and interactions during the intervention. The data were analyzed based on the categories constructed a priori, related to school physical knowledge and the stages of problem solving, namely: Development within Expectations, Regular Development, Development below Expectations and Insufficient Development. The results highlighted the importance of the problem-solving approach in promoting student development, in relation to understanding the limitations of Archimedes' Principle and encouraging critical and collaborative thinking. In summary, it is concluded that Problem Solving presented itself as an approach that enabled a contextualized and meaningful understanding of Archimedes' Principle, the elaboration of hypotheses, questions, data analysis and communication of results by students.

Keywords: Problem Solving; Physics; High School; Vygotsky.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Imagem ilustrativa do sistema formado entre o problema e a resposta, onde Vygotsky inclui o signo como elemento mediador.	7
Figura 2. Representação da Zona de Desenvolvimento Proximal que está entre o Nível de Desenvolvimento Real e o Nível de Desenvolvimento Potencial, ou seja, está entre o que o aluno já sabe e aqui que ele buscará aprender.	10
Figura 3. Diagrama com as subdivisões dos problemas escolares que são divididos em problemas escolares qualitativos, quantitativos e pequenas pesquisas.....	19
Figura 4. Exemplos de problemas qualitativos em física.	20
Figura 5. Exemplo de um problema quantitativo em química.	20
Figura 6. Critérios para se elaborar um potencial problema, partindo de questões ou exercícios.....	24
Figura 7. Percurso dos alunos irão na busca pelas possíveis soluções.	27
Figura 8. Processo avaliativo da Resolução de Problemas.....	27
Figura 9. Ilustração de uma seringa e um pote do remédio, ambos com o mesmo peso e a mesma altura.....	30
Figura 10. Representação vetorial em (a) da pressão que a pedra sofre quando está submerso em um fluido, em nosso caso, na água e em (b) temos a representação do vetor resultante....	32
Figura 11. Submarino nas duas situações estudadas pelos alunos. A esquerda temos o submarino no fundo do aquário e a bexiga vazia e a direita o temos boiando com a bexiga cheia.....	32
Figura 12. Imagem do lado esquerdo, foto 1, que mostra o recipiente com a quantidade menor de fluido do que o volume do objeto precisaria para flutuar e na imagem do lado direita, intitulada pelos autores de foto 2 temos o empuxo atuando no corpo.....	35
Figura 13. Recipientes usados no experimento.	39
Figura 14. Imagem do material físico disponibilizado para os alunos escreverem seus questionamentos. O enunciado é o problema que já foi exposto no quadro 17.	48
Figura 15. Imagem do contexto de como Arquimedes desenvolveu suas ideias para a elaboração do seu princípio com elementos anacrônicos adicionados.....	48
Figura 16. Modelo do material físico disponibilizado para os alunos no intuito de auxiliá-los na busca por possíveis soluções.....	49
Figura 17. Etapas realizadas para escolha dos periódicos.	54

Figura 18. Representação do código referente às categorias e subcategorias encontradas nas unidades de contexto.	59
Figura 19. Pictograma com a relação entre a quantidade de grupos e a apresentação de hipóteses e questionamentos em relação ao problema 1 na aula 1. Os grupos estão representados pelos livros, sendo cada livro um grupo. Usamos () para a quantidade de grupos que não apresentaram a categoria analisada e () para os grupos que apresentaram. A esquerda temos a análise quanto a presença de hipóteses e a direita os questionamentos. ..	79
Figura 20. Pictograma com a relação entre a quantidade de grupos (representados pelos livros) e a apresentação dos questionamentos em relação ao problema 1 na aula 1. Usamos () para a quantidade de grupos que não apresentaram o questionamento analisado e () para os grupos que apresentaram.	81
Figura 21. Pictograma com a relação entre a quantidade de grupos (representados pelos livros) e a apresentação dos questionamentos em relação ao problema 2 na aula 1. Usamos () para a quantidade de grupos que não apresentaram o questionamento analisado e () para os grupos que apresentaram.....	83
Figura 22. Registro da segunda atividade proposta no primeiro momento. Sendo as respostas apresentadas às do grupo 2.	84
Figura 23. Esquema usado em sala para elencar o papel de cada aluna voluntária.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1:Primeira etapa do processo de desenvolvimento da RP em sala de aula.....	25
Quadro 2: Segunda etapa do processo de desenvolvimento da RP em sala de aula.....	25
Quadro 3: Terceira etapa do processo de desenvolvimento da RP em sala de aula.	26
Quadro 4: Quarta etapa do desenvolvimento da RP.....	28
Quadro 5. Relações entre as etapas gerais da Resolução de Problema e a teoria de Vygotsky.	29
Quadro 6. Quadro referente a como os livros mais usados nas universidades que possuem o curso de licenciatura em física utilizam. Cada livro apresenta o Princípio de Arquimedes.....	33
Quadro 7. Quadro referente aos objetivos específicos, ações e instrumentos de pesquisa.	44
Quadro 8. Potenciais problemas reais e seus espelhos de resposta.	45
Quadro 9. Apresentamos uma síntese do planejamento das atividades que serão realizadas em cada um dos momentos da sequência de aulas.	51
Quadro 10. Revistas que foram selecionadas por meio do qualis e o seu foco e escopo.	54
Quadro 11. Revistas classificadas com o qualis A1.	56
Quadro 12. Revistas classificadas com o qualis A2.	56
Quadro 13. Trabalhos publicados nas revistas selecionadas (2016 e março de 2022) que tratam da metodologia RP ancorados em Vygotsky com alunos de Ensino Médio na área de Ensino de Física.....	57
Quadro 14. Categorias e subcategorias analíticas que emergiram dos artigos analisados.	58
Quadro 15. Categorias adotadas para a análise de dados do primeiro momento (apresentação dos problemas).....	60
Quadro 16. Categorias adotadas para a análise de dados do segundo e terceiro momento (resoluções dos problemas 1 e 2).....	61
Quadro 17. Categorias que foram adotadas para a análise de dados do quarto momento (retomada do problema).....	62
Quadro 18. Quadro com a categoria referente às Temáticas presentes na BNCC para o Ensino de Ciências. Apresentamos as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.....	63
Quadro 19. Quadro com a categoria referente a série do Ensino Médio. Apresentamos as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.....	65

Quadro 20. Quadro com a categoria referente a natureza do problema, com as subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados e as unidades de contexto responsáveis pelas inferências.....	68
Quadro 21. Quadro com a categoria referente a Teoria Histórico-cultural, com as subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados e as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.	74
Quadro 22. Enunciados presentes nos textos sobre o Empuxo disponibilizados de forma física para os alunos que solicitaram no primeiro momento.....	92
Quadro 23. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 1 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.	93
Quadro 24. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 2 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.	94
Quadro 25. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 3 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.	96
Quadro 26. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 4 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.	97
Quadro 27. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 5 ao realizar o experimento que compõem o terceiro momento dessa pesquisa.	98
Quadro 28. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 6 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.	99
Quadro 29. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 8 ao realizar o experimento que compõem o terceiro momento dessa pesquisa.	101
Quadro 30. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 10 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.	102
Quadro 31. Transcrição dos turnos 1 e 2 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	104
Quadro 32. Transcrição dos turnos 3 e 4 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	105
Quadro 33. Transcrição dos turnos 5 e 6 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	106
Quadro 34. Transcrição dos turnos 7 e 8 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	106
Quadro 35. Transcrição dos turnos 9 e 10 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	108

Quadro 36. Transcrição dos turnos 11 e 12 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.	108
Quadro 37. Transcrição dos turnos 13 e 14 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.	109
Quadro 38. Transcrição dos turnos 15 e 16 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.	110
Quadro 39. Transcrição dos turnos 17 e 18 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.	110
Quadro 40. Transcrição do turno 19 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	111
Quadro 41. Transcrição do turno 20 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.....	112
Quadro 42. Representação das categorias elencadas para cada grupo após a análise dos seus trabalhos.....	113

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	QUESTÃO DE PESQUISA	3
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	Objetivo Geral:	3
1.2.2	Objetivos Específicos:	3
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	3
2.1	ASPECTOS BIOGRÁFICOS E CRONOLÓGICOS DA TEORIA HISTÓRICO-CULTURAL DE VYGOTSKY	4
2.2	NOÇÃO DE PROBLEMA E CATEGORIAS DA TEORIA DE VYGOTSKY	6
2.2.1	Signo e Ferramenta	6
2.2.2	Zona de Desenvolvimento Proximal	8
2.2.3	Conceituação Científica	10
2.3	ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	12
2.3.1	Definindo e diferenciando problemas de exercícios	13
2.3.2	Classificação dos problemas	15
2.3.2.1	Problema Real	15
2.3.2.2	Problemas Científicos	16
2.3.2.3	Problemas cotidianos	17
2.3.2.4	Problemas escolares	18
2.4	O PAPEL DO ALUNO NA ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	21
2.5	O PAPEL DO PROFESSOR NA ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS	22
2.6	COMO PROPOR, RESOLVER E ENSINAR A RESOLVER PROBLEMAS	23
2.7	APROXIMAÇÕES ENTRE A RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS E ALGUMAS CATEGORIAS DE VYGOTSKY	28
2.8	EMPUXO E O PRINCÍPIO DE ARQUIMEDES	30
2.8.1	A abordagem do paradoxo hidrostático de Galileu nas literaturas	38
3	PERCURSO METODOLÓGICO	41
3.1	CONTEXTO E PARTICIPANTES DA PESQUISA	42
3.2	INSTRUMENTOS DE PESQUISA	44
3.3	ETAPAS DE ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE AULAS	46
3.4	ETAPAS DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA DE AULAS	47
3.4.1	Primeira Aula	47
3.4.2	Segunda Aula	49
3.4.3	Terceira Aula	50
3.4.4	Quarta Aula	50
3.5	PROCEDIMENTOS DE ANÁLISE DE DADOS	53
3.5.1	A Abordagem da Resolução de Problemas no ensino de física ancorados em aspectos da teoria Vygotsky	53
3.5.2	Resolução de Problema acerca da lacuna no Princípio de Arquimedes	59
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	63

4.1	A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMA NO ENSINO DE FÍSICA	63
4.1.1	Temáticas e Contexto das Pesquisas	63
4.1.2	Tipologia dos Problemas	66
4.1.3	Pressupostos da Teoria Histórico-Cultural	74
4.1.4	Considerações Parciais	77
4.2	ANÁLISE DE PROBLEMA 1 (1ª AULA)	78
4.3	ANÁLISE DE PROBLEMA 2 (1ª AULA)	82
4.4	ANÁLISE DO ANACRONISMO (1ª AULA)	84
4.5	ANÁLISE DA RESOLUÇÃO DO PRIMEIRO PROBLEMA (2ª AULA)	85
4.6	ANÁLISE DA RESOLUÇÃO DO SEGUNDO PROBLEMA (3ª AULA)	91
4.7	ANÁLISE DA RETOMADA DOS PROBLEMAS 1 E 2, JÚRI SIMULADO (4ª AULA)	103
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
	REFERÊNCIAS	117
	APÊNDICES	127
	ANEXOS - RECORTES DOS LIVROS DE FÍSICA QUE TRABALHAM O CONCEITO DE EMPUXO.	152

APRESENTAÇÃO

A pesquisa teve origem em uma motivação pessoal que surgiu durante o Ensino Médio quando o professor de Física narrou pela primeira vez a história de Arquimedes e a coroa do Rei, a palavra “Eureka” ficou gravada em minha mente. No entanto, essa motivação foi tolhida devido às abordagens tradicionais predominantes, nas quais o foco muitas vezes estava na reprodução de respostas padronizadas, em detrimento da exploração das perguntas.

Atualmente, vivemos em uma sociedade em que a informação está a apenas um clique. Não é mais necessário possuir um conhecimento enciclopédico. Sendo assim, estamos cada vez mais interessados no processo de questionamento e na formulação de hipóteses para encontrar soluções, mesmo que o resultado final seja previsível em algumas ocasiões. A verdadeira revolução está na forma como obtemos esse resultado, como exemplificado por esta dissertação que está sendo lida. A informação agora chega até nós de forma digital, em contraste com o formato físico do passado.

Durante minha graduação, levei um longo tempo para descobrir qual direção desejava seguir na pesquisa. Dediquei anos à pesquisa em física computacional, o que me permitiu alcançar ótimos resultados e adquirir um maior entendimento do mundo acadêmico. No entanto, ainda não me sentia completamente realizada nessa área. Sempre tive o desejo de ensinar, razão pela qual optei pela licenciatura, e sempre fui apaixonada pela ideia de ter “respostas na ponta da língua” sobre como a natureza se comporta, o que me levou à escolha da física como campo de estudo. Por isso, decidi seguir o caminho da licenciatura em física e, ao concluir o curso, comecei a lecionar. Foi nesse período que tive contato com o Núcleo de Pesquisa de Ensino e Aprendizagem Baseado na Resolução de Problemas (NuPeABRP), que me acolheu e me introduziu ao mundo da pesquisa na área de ensino.

Tornar-me pesquisadora sempre foi um sonho desde menina, agora, mulher, escrevo esta dissertação com orgulho do caminho que percorri até aqui. A metodologia da Resolução de Problemas (RP) me apresentou a uma nova abordagem para o ensino, e poder contribuir com ela me traz uma imensa satisfação. Então, volto a história narrada a anos atrás: “Arquimedes e a Coroa do Rei” e por meio de uma abordagem da RP busquei discutir essa história e a lacuna no princípio de Arquimedes com os alunos do Ensino Médio.

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos, no contexto do ensino médio, nota-se a presença de estudantes cada vez mais interessados na pergunta "para que precisarei usar esse conteúdo no cotidiano?". Eram chamados de geração Z, pessoas nascidas entre 1995 e 2012. Muitos apontaram que essa geração, ao contrário da Y, que havia mudado a forma de trabalho, poderia alterar os modos de ensino e aprendizagem devido à sua familiaridade com o uso das tecnologias da informação e comunicação, bem como à sua vontade de verificar a aplicação dos conteúdos aprendidos em sala (HOLUBOVA, 2015).

Ainda que essa geração seja considerada nova e que seu papel na sociedade seja modificar as formas de ensino, essa já é uma pauta bastante discutida. A priorização do ensino por transmissão-recepção era algo que precisava ser modificado, sendo uma necessidade não só dos alunos, mas também uma orientação das leis e diretrizes nacionais da educação brasileira. Desde 1997, com a criação dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), dizia-se que o aluno precisava ter "desenvolvimento de capacidades de pesquisar, buscar informações, analisá-las e selecioná-las; a capacidade de aprender, criar, formular" (BRASIL, 2002, p. 5). Sendo assim, o PCN destaca que o desafio é "o ponto de partida para o trabalho de construção da compreensão dos fenômenos naturais, que na escola se desenvolve" (BRASIL, 1996, p. 77).

Vygotsky (2002), já falava que o aprendizado das crianças começa antes mesmo de frequentarem a escola. Antes de aprenderem a somar, dividir, multiplicar e subtrair, elas já têm uma noção de quantidade, desenvolvendo uma aritmética pré-escolar. Na escola, o foco é nos conhecimentos científicos. Vygotsky afirma que aprendizado e desenvolvimento estão inter-relacionados desde o nascimento. Ele destaca que, ao contrário do aprendizado pré-escolar, que é informal, o aprendizado escolar é sistematizado

Afirma ainda que, o aprendizado não deve ser associado ao desenvolvimento apenas por níveis, mas sim pela relação entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado (VYGOTSKII, 2002).

Um dos responsáveis por esse desenvolvimento é o professor e como a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) afirma, o mesmo precisa "criar, planejar, realizar, gerir, avaliar situações didáticas eficazes para a aprendizagem e desenvolvimento dos alunos, manejar diferentes estratégias de comunicação dos conteúdos [...]" (BRASIL, 1996), é de suma

importância que o professor prepare espaços onde o aluno não fosse mais um ser passivo, mas sim um que tivesse ideias próprias e que pudesse expressá-las

Nesta dissertação, para realizar esse processo de ensino e aprendizagem, usamos a sequência de aulas embasadas na abordagem de Resolução de Problemas (RP), que tem como objetivo fazer com que o professor atue na construção do processo pedagógico, servindo como um mediador e não como um expositor dos conhecimentos.

Buscamos trabalhar a visão dos educandos acerca da lacuna encontrada no Princípio de Arquimedes (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009), conteúdo que não é encontrado nos livros didáticos. Com o intuito de motivá-los a buscar embasamento para seus argumentos em fontes diferentes, além de promover espaços para debates sobre possíveis incoerências em histórias narradas para explicar como foi desenvolvido o princípio de Arquimedes.

Como panorama geral temos que dos 14 livros aprovados no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015, apenas 03 apresentavam de maneira implícita a natureza da ciência, e nenhum deles discutia de maneira aprofundada a temática (DA SILVA; ANTONOVICK, 2016). Quando o conceito de empuxo era apresentado, vinha definido como uma força relacionada ao volume que o objeto deslocava ao ser colocado em um determinado fluido, conceitos presentes também nos livros aprovados no PNLD/2018. Isso nos leva à conclusão de que só existiria a força de empuxo se o volume do líquido antes de colocar o objeto fosse maior ou igual ao do objeto (DRUMMOND; DE MEDEIROS QUEIROZ; DE OLIVEIRA, 2021). No entanto, Silveira e Medeiros (2009) mostraram que não, e sugeriram uma nova maneira de abordar este conceito.

Em seu trabalho, Silveira e Medeiros (2009) expõem por meio de uma experiência com uma latinha, um recipiente e água que mesmo quando o volume do fluido disponível não é maior que o fluido que o objeto precisa deslocar a força de empuxo aparece. Nenhum dos livros analisados do PNLD de 2015 e 2018 trabalha com este experimento para discutir com os alunos esta lacuna.

Para a sequência de aulas, elaboramos dois problemas do tipo real para trabalhar a lacuna do Princípio de Arquimedes. Vygotsky afirma que o problema quando se apresenta ao estudante pode ser percebido como algo contraditório, entretanto, com o apoio de elementos mediadores é possível encontrar uma solução. Nessa direção, a abordagem de RP pode contribuir com o processo de tomada de consciência a respeito desta lacuna. Buscamos

discutir com os estudantes a importância de confrontar algo que aparentemente estava consolidado sobre o princípio de Arquimedes, entendendo que não é preciso invalidar uma teoria ou lei para se apresentar algo novo.

Com a intenção de discutirmos em sala de aula, a lacuna sobre o Princípio de Arquimedes que não é proposta nos vários livros didáticos de Física do ensino médio, delimitamos para esta dissertação as seguintes questões e objetivos de pesquisa:

1.1 Questão de pesquisa

Quais possíveis contribuições da Abordagem de Resolução de Problemas para o estudo do Princípio de Arquimedes pelos estudantes do ensino médio?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral:

Avaliar contribuições da Abordagem de Resolução de Problemas para o estudo da lacuna apresentada sobre o Princípio de Arquimedes pelos estudantes do ensino médio.

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Identificar as direções de estudos sobre a Resolução de problemas ancorados na teoria de Vygotsky, e desenvolvidos na área do ensino de Física com alunos do ensino médio;
- Analisar o processo da resolução de problemas articulada à experimentação acerca da lacuna apresentada no Princípio de Arquimedes;
- Analisar as possibilidades do RP para a apropriação da lacuna do princípio de Arquimedes pelos estudantes.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo, abordamos os referenciais teóricos que embasaram este trabalho. Iniciamos apresentando um panorama geral da vida de Vygotsky e destacamos suas principais contribuições teóricas, bem como sua relação com a Resolução de Problemas, que também teve seu espaço neste estudo. Dada a relevância desse autor, não apenas na área de psicologia social, mas também em suas contribuições para o ensino e aprendizagem, entre outras áreas, não pretendíamos esgotar as temáticas apresentadas. Em vez disso, buscamos relatar ao leitor a importância de suas obras até os dias atuais.

A seguir, fornecemos uma explanação detalhada sobre a metodologia da Resolução de Problemas. Nosso objetivo é preencher as lacunas que não foram abordadas nos textos e estudos disponíveis de Vygotsky. Para alcançar esse propósito, consultamos autores que se dedicam ao estudo da RP há bastante tempo e realizamos uma revisão da literatura. Isso nos permitiu compreender o cenário atual relacionado à Resolução de Problemas e ao ensino de física no ensino médio, com base nos princípios de Vygotsky.

2.1 Aspectos Biográficos e Cronológicos da Teoria Histórico-Cultural de Vygotsky

O momento histórico em que Vygotsky se encontrava na vida adulta tem um grande peso em suas contribuições. Nasceu em 17 de novembro de 1896 em Orsha, sendo o segundo de oito filhos de uma família judia (DE SOUZA, 2018). Sua família tinha uma situação financeira agradável, sendo considerada uma das mais cultas da cidade. Nesse ambiente mais intelectualizado, Vygotsky teve contato com várias áreas, moldando o seu futuro de pesquisador. Formou-se em 1917 na faculdade de direito e a partir desse ano ensinou literatura e psicologia em Gomel até 1923, nesse período em 1920 toma conhecimento de que está com tuberculose (OLIVEIRA, 1995).

Com essa notícia começou uma série de atividades intensivas, trabalhava como professor e pesquisador nas áreas de psicologia, filosofia, literatura, deficiência física e mental atuando em várias instituições de ensino e pesquisa ao mesmo tempo em que lia, escrevia e dava conferências. Um dos eventos em que fez parte foi o II Congresso de Psiconeurologia de Leningrado tendo seu primeiro contato com Luria, homem que trabalhou ao lado de Vygotsky nos anos subsequentes (OLIVEIRA, 1995).

No início do século XX a psicologia na Rússia e na Europa passeava por escolas antagônicas, onde cada uma delas buscava explicar alguns fenômenos, mas não conseguiam contemplar a totalidade. Essas escolas eram marcadas por G. I. Chelpanov, defensor da psicologia introspectiva de Wundt, que atribuía o papel restrito ao marxismo na psicologia, aceitando que a teoria poderia explicar a organização social da consciência, mas não as propriedades da consciência individual e marcadas também por Kornilov, que em 1923 tomou o lugar de Chelpanov na direção do Instituto de Psicologia, ele denominava sua teoria de reatologia, na qual usava reações comportamentais como os elementos básicos (VAN DER VEER; VALSINER, 1996).

Partíamos do pressuposto que nem a psicologia subjetiva proposta por Chelpanov, nem as tentativas muito simplificadas para reduzir o todo da

atividade consciente a simples esquemas reflexos proporcionariam um modelo satisfatório da psicologia humana. Uma nova síntese das verdades parciais dos modos anteriores de estudo deveria ser encontrada. Foi Vigotskii quem anteviu os contornos desta nova síntese. (LURIA, 1979)

No entanto, as teorias até o momento não conseguiam explicar os comportamentos complexos como por exemplo, a concepção e a solução de problemas, fazendo então surgir uma crise na psicologia, sendo Vygotsky um dos pioneiros a divergir sua opinião das duas escolas, uma que explicava os processos elementares sensoriais e reflexos dita “ciência natural” e a outra que buscava descrever as propriedades emergente dos processos psicológicos superiores, dita “Ciência mental” e para ele essa crise vai muito além disso (VIGOSTKII; LURIA; LEONTIEV, 2001).

Vygotsky buscava uma teoria que promovesse a explicação e descrição das funções psicológicas superiores de forma aceitável para as ciências naturais. Em seus estudos ele não conseguiu atingir esse objetivo, mas foi muito importante para iniciar a psicologia moderna (VIGOSTKII; LURIA; LEONTIEV, 2001).

A maior razão para os trabalhos dele terem a relevância que vemos até hoje é que a partir de 1924 ele se dedicou a construir críticas aos princípios de estímulo-resposta, que afirmava poder explicar as funções psicológicas superiores humanas por meio da multiplicação e complicação dos princípios derivados da psicologia animal. Além dessa crítica, ele também não concordava que as propriedades das funções intelectuais dos adultos são resultado unicamente da maturação. Sendo então, o primeiro psicólogo moderno a sugerir os mecanismos pelos quais a cultura torna-se parte da natureza de cada pessoa, tornando-se assim um dos primeiros defensores da associação da psicologia cognitiva experimental com a neurologia e a fisiologia lançando as bases para uma ciência comportamental unificada (VIGOSTKII; LURIA; LEONTIEV, 2001; VAN DER VEER; VALSINER, 1996).

A teoria Histórico-Cultural é dita de Vygotsky pois as ideias dele são as que serviram de base para a sistematização realizada por Alexandre R. Luria, Alexis N. Leontiev, V. V Davidov, P. Y Galperin, D. B. Elkonin entre outros seguidores de Vygotsky, que morreu muito jovem, com aproximadamente trinta e seis anos de idade (JOENK, 2002).

Partindo do pressuposto de que existe uma relação íntima entre o biológico e o cultural, a teoria propõe explicar o desenvolvimento do psiquismo humano a partir das relações entre as funções mentais e a atividade humana (JOENK, 2002). Sendo assim, a construção dessas funções intelectuais será mediada socialmente por signos, ferramentas e

também pelo outro (REGO, 1998).

2.2 Noção de Problema e Categorias da Teoria de Vygotsky

2.2.1 Signo e Ferramenta

Para Vygotsky a mediação pode ocorrer por meio do signo e também por meio de ferramentas, sendo orientações distintas:

[...] Por meio da ferramenta o homem influi sobre o objeto de sua atividade; a ferramenta está dirigida para fora: deve provocar determinadas mudanças no objeto. É o meio da atividade exterior do homem, orientado a modificar a natureza. O signo não modifica nada no objeto da operação psicológica; é meio do qual se vale o homem para influir psicologicamente, seja na sua própria conduta seja nas dos demais; é um meio para sua atividade interior, dirigida a dominar o próprio ser humano: o signo está orientado para dentro (Vygotsky, 1983a, p. 94).

Em nosso caso, a equação do empuxo é um signo, pois é uma construção humana, uma maneira de representar a realidade com o intuito de organizar e comunicar os conhecimentos humanos sobre a natureza. Essa compreensão está relacionada com o contexto histórico-cultural da construção, conforme Smolka:

Vygotsky enfatiza a importância de se compreender a emergência do signo na história, isto é, de se compreender uma história do signo [...] O signo produz-se nas relações entre os homens e, como produção humana, afeta os participantes nessas relações (Smolka, 2006, p. 106).

O Princípio de Arquimedes vem sofrendo algumas modificações, como por exemplo o trabalho desenvolvido por Silveira e Medeiros (2009) que deixa de descrever o empuxo apenas relacionado ao fluido deslocado. Mas isso pode ocorrer com qualquer signo, que muda e conseqüentemente organiza e desenvolve as funções psicológicas superiores. Além disso, as ferramentas também sofrem modificações que possibilitam a transformação da realidade (PALANGANA, 1998).

As ferramentas possibilitam a resolução de problemas. Neste trabalho, usamos como ferramentas materiais: becker graduado, recipiente com volume definido para implementar um elemento controverso a fim de evidenciar a lacuna do princípio de Arquimedes.

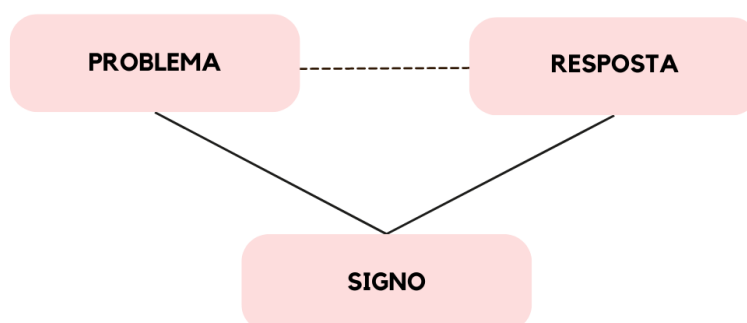
Nos estudos realizados por R. E Levina, que propôs problemas práticos para crianças de 4 a 5 anos, foi observado que além de tentar chegar a solução por meio de ações as crianças também falavam. E quanto mais difícil o problema fosse considerado mais elas se expressavam a partir desse signo. Pois é através da fala que ela planeja como solucionará o problema realizando a atividade dessa ação elaborada por meio de atividades visíveis.

Inicialmente a fala segue a ação. Quando a criança percebe que sua ação não atingiu o objetivo ou quando ela não consegue executar a ação ela começa a perguntar e é apenas nesse momento que devemos intervir (VIGOSTKII; LURIA; LEONTIEV, 1988).

Sendo assim, quando a criança se depara com um problema mais complexo, ela apresentará uma série de respostas que incluem: “tentativas diretas de atingir o objetivo, uso de instrumentos, fala dirigida a pessoa que conduz o experimento ou fala que simplesmente acompanha a ação e apelos verbais diretos ao objeto de ação.” (VIGOSTKII; LURIA; LEONTIEV, 1988).

Para Vygotsky e Luria (1996), toda resposta (R) é produto de um problema (P) que é apresentada ao sujeito, disso ele descreve uma fórmula simples (P - R). No entanto, a estrutura de operações com signos requer um elemento mediador nesse processo, formando um elo entre P e R. Sendo assim o processo tido como estímulo-resposta é substituído por um ato complexo que representamos na figura 1.

Figura 1 Imagem ilustrativa do sistema formado entre o problema e a resposta, onde Vygotsky inclui o signo como elemento mediador.



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Esse elemento mediador, dito signo, não é simplesmente uma forma de aumentar a eficiência da operação. O signo tem o compromisso de fazer com que o ser humano controle seu próprio comportamento, sendo assim, uma função reversa, pois ele não atua no ambiente e sim no ser desenvolvendo estruturas culturais e não apenas biológicas.

Uma analogia encontrada no livro de Vygotsky e Luria (1996), explica que a atividade de atar um nó para ajudar a lembrar de algo, sendo essa ação um signo. Os signos agem como um instrumento da atividade psicológica, são usados como um meio auxiliar de lembrar, comparar coisas, relatar, escolher entre outras. Muitas vezes são explicados a partir de uma analogia ao instrumento de trabalho. Pois, ambos são caracterizados como função mediadora. No entanto, por mais que os usos de instrumentos e signos estejam mutuamente ligados o primeiro atua sobre o objeto da atividade, é orientado externamente levando a

mudanças no objeto, já o segundo não modifica em nada o objeto, é orientado internamente sendo usado para o controle do próprio indivíduo (VYGOTSKY; LURIA, 1996).

Além disso, existe uma união real entre signo e instrumento, pois "o controle da natureza e o controle do comportamento estão mutuamente ligados, assim como a alteração provocada pelo homem sobre a natureza altera a própria natureza do homem" (VYGOTSKY; LURIA, 1996). Então usamos o termo função psicológica superior ou comportamento superior para nos referirmos à combinação dos dois.

Chamamos de comportamento superior ou função psicológica superior pois, ao fazer uso de um signo como elemento mediador será possível a existência de vários sistemas internos de atividade organicamente predeterminados para cada função psicológica. Da mesma forma que o uso de instrumentos ampliam a gama de atividades em que as novas funções psicológicas podem operar (VYGOTSKY; LURIA, 1996). Segundo Vygotsky, são por meio da interação social que o sujeito desenvolve as funções psicológicas superiores (ALMENARA, 2019).

Sendo assim, esse desenvolvimento se dá em um formato de espiral, que passa pelo mesmo ponto a cada nova revolução, enquanto avança para um nível superior. É chamado por Vygotsky e Luria (1996), de internalização da reconstrução interna de uma operação externa. Como exemplo é citado o ato de apontar, onde para a criança ela está esticando a mão tentando pegar determinado objeto, até que alguém observa essa atitude e ajuda a criança fazendo com que a situação mude completamente para criança, somente mais tarde ela relacionou esse ato não a um esforço para pegar o objeto e sim como uma forma de comunicar uma necessidade ao outro. As funções e significados são "criadas a princípio, por uma situação objetiva, e depois pelas pessoas que circundam a criança" (VYGOTSKY; LURIA, 1996).

Em seu livro Vygotsky e Luria (1996) traz uma série de transformações do processo de internalização, sendo elas, uma operação que inicialmente representa uma atividade externa é reconstruída e começa a ocorrer internamente. Um processo interpessoal é transformado em um processo intrapessoal. A transformação de um processo interpessoal num processo intrapessoal é o resultado de uma longa série de eventos ocorridos ao longo do desenvolvimento.

2.2.2 Zona de Desenvolvimento Proximal

Segundo Vygotsky, Luria e Leontiev (2001), o aprendizado das crianças se inicia

antes delas começarem a frequentar a escola. Antes mesmo de aprenderem a somar, dividir, multiplicar e subtrair elas já se depararam com a noção de quantidade, consequentemente a criança tem sua própria aritmética pré-escolar.

Na escola o objetivo do aprendizado recai sobre os conhecimentos científicos. No entanto, a criança está aprendendo desde a primeira interação dela com os adultos, então afirma-se que o aprendizado e o desenvolvimento estão inter-relacionados desde o primeiro dia de vida da criança. Vygotsky aponta que nos estudos de Koffka a diferença entre o aprendizado escolar e o pré-escolar é o fato do primeiro ser sistematizado e o outro não, então completa Vygotsky que além disso o aprendizado escolar produz fundamentalmente algo novo no desenvolvimento da criança e para melhor explicar é elaborado o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) representado na figura 2 (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001).

Com isso ficou evidente que não deveríamos associar o aprendizado ao desenvolvimento das crianças apenas por níveis, pois o que se quer é descobrir as relações entre o processo de desenvolvimento e a capacidade de aprendizado. Então foi determinado pelo menos dois níveis, o primeiro dito nível de desenvolvimento real e o segundo o nível de desenvolvimento potencial. O primeiro é o nível que uma criança está quando ela já possui alguns ciclos de desenvolvimento completados. Vale ressaltar que uma criança de doze anos não necessariamente consegue resolver problemas que surgem para a sua idade, sendo assim, a criança pode ter uma idade biológica diferente de sua idade mental (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001).

Um exemplo abordado no livro *Linguagem, Desenvolvimento e Aprendizagem* (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001) é o de duas meninas, uma de doze a outra de nove anos, idade biológica, a primeira que resolve problemas de nível doze e a segunda de nível nove. Após alguns estudos com várias crianças ficou evidente que crianças com níveis diferentes resolvem problemas de maneiras diferentes e assim definimos Zona de Desenvolvimento Proximal:

Ela é a distância entre o nível de desenvolvimento real, que se costuma determinar através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com um companheiro mais capaz. (VAN DER VEER; VALSINER, p. 112, 1996)

A ZDP define as funções que ainda não amadureceram, mas que estão presentes no

estágio embrionário, então podemos dar conta não só dos ciclos e processos de maturação já concluídos como também dos que estão começando a amadurecer e a se desenvolver permitindo-nos delinear o futuro e o estado dinâmico do desenvolvimento da criança.

Figura 2. Representação da Zona de Desenvolvimento Proximal que está entre o Nível de Desenvolvimento Real e o Nível de Desenvolvimento Potencial, ou seja, está entre o que o aluno já sabe e aqui que ele buscará aprender.



Fonte: elaborado pela autora (2022).

A zona de desenvolvimento proximal hoje, será o nível de desenvolvimento potencial de amanhã, ou seja, aquilo que uma criança faz com assistência hoje, ela será capaz de fazer sozinha amanhã.

Sendo assim, a formulação do problema a ser trabalhado com a criança precisa estar na ZDP, tendo em vista que se o problema for muito fácil não gerará motivação para que a criança tente solucioná-lo e se for muito difícil poderá gerar uma frustração impedindo que ela busque a solução. A resolução de problemas pode apresentar um conflito cognitivo, ocorrendo entre a NDR e a contradição apresentada no problema levando o aluno a ZDP onde a solução desse problema conduzirá ele à atividade cognitiva atingindo o NDP (SILVA; BELTRÁN NÚÑEZ, 2002).

2.2.3 Conceituação Científica

Para Vygotsky, existia uma clara distinção entre os conceitos aprendidos na escola e aqueles aprendidos no dia-a-dia e não considerava que os conceitos aprendidos na escola eram uma extensão daqueles aprendidos no cotidiano. Em sua obra *Thought and Language* Vygotsky assegura que Piaget traça uma linha nítida entre as ideias de conceitos. No entanto, Vygotsky assume que os conhecimentos adquiridos na vivência cotidiana são ditos espontâneos e os que são adquiridos no contexto escolar são os não espontâneos (GASPAR, 2014).

Em um experimento, Vygotsky conseguiu como conclusão inicial o fato de que, o domínio cognitivo dos conceitos científicos pela criança está sempre à frente do domínio

cognitivo dos conceitos espontâneos, pois a tomada de consciência relacionada ao conhecimento cotidiano se dá por meio da aprendizagem do conhecimento científico (GASPAR, 2014).

Os conhecimentos adquiridos na vida cotidiana são considerados espontâneos por Vygotsky porque são aprendidos de maneira natural e intuitiva, sem uma estrutura formal de ensino (TORMOHLEN GEHLEN; DELIZOICOV, 2020). Esses conhecimentos emergem das experiências diárias, das interações sociais e da observação do mundo ao redor. Eles não são sistematizados nem apresentados de forma organizada; ao contrário, são assimilados através das práticas e vivências comuns da vida.

Já os conhecimentos adquiridos no contexto escolar são considerados não espontâneos porque são ensinados de maneira estruturada e deliberada. No ambiente escolar, os conceitos são apresentados através de um processo de instrução explícita, que envolve a mediação de um professor ou de uma figura *mais experiente* que guia o aluno na compreensão desses conceitos. Esse processo é intencional e planejado, visando proporcionar uma compreensão sistemática e profunda dos conteúdos (GASPAR, 2014).

Existe uma interdependência entre conceitos espontâneos e conceitos científicos. No segundo a relação entre o conceito e o objeto é mediada desde o início por outros conceitos. Logo, a própria noção de conceito científico está localizada entre outros conceitos. Depois desse contato os estudantes os transferem para os conceitos cotidianos mudando a sua estrutura psicológica de cima para baixo (GASPAR, 2014).

A interdependência entre esses dois tipos de conhecimento ocorre porque o domínio dos conceitos científicos (não espontâneos) frequentemente exige a base dos conceitos espontâneos previamente adquiridos. O conhecimento científico é introduzido de forma mediada e exige que o aluno reflita e compreenda as relações entre diferentes conceitos. Essa mediação e reflexão são menos frequentes no aprendizado espontâneo do cotidiano, onde o conhecimento é assimilado de maneira mais direta e sem a necessidade de uma estrutura formal de ensino.

Portanto, a distinção entre conhecimentos espontâneos e científicos está na maneira como são adquiridos: os primeiros de forma natural através das experiências diárias, enquanto os segundos são ensinados de forma sistemática e intencional no ambiente escolar.

No entanto, segundo Gaspar (2014), vale ressaltar que para que se tenha êxito na tomada de consciência de um determinado conceito científico o professor precisará encontrar

apoio no pensamento espontâneo dos alunos. Essa distinção também destaca a importância de utilizar os conhecimentos espontâneos como base para a introdução e compreensão dos conhecimentos científicos no contexto educacional.

Nesse sentido, a Resolução de Problemas (RP) pode ser uma ponte crucial para que os estudantes avancem dos conhecimentos espontâneos para os científicos, ao proporcionar um ambiente em que a teoria e a prática se encontram de maneira integrada e significativa. Para isso, justificamos que a RP permite que os alunos observem a aplicação prática dos conceitos científicos, relacionando-os a problemas reais ou simulados que eles possam encontrar em suas experiências cotidianas. Além do que professores ou colegas mais experientes podem atuar como mediadores, ajudando os estudantes a fazer conexões entre os conceitos espontâneos e os científicos. Esses aspectos ajudam a contextualizar o conhecimento científico, tornando-o mais relevante e compreensível conectando teoria e prática, e promovendo uma reflexão crítica que facilita a internalização e aplicação dos conhecimentos científicos (CAMPOS; BATINGA, 2022; POZO e CRESPO, 1998).

2.3 Abordagem de Resolução de Problemas

A Resolução de Problemas (RP) é uma metodologia de ensino e aprendizagem, que tem como princípio a apresentação e resolução de problemas para promover a introdução de diversos conteúdos e conceitos, o desenvolvimento de processos cognitivos, em diferentes contextos, e o desenvolvimento de habilidades científicas, como a autonomia, pensamento crítico, reflexão, tomada de decisão, visando o interesse e motivação dos estudantes para aprender (BARROWS, 1986; SILVA; SÁ; BATINGA, 2019).

Na década de 1960, com o aumento da tecnologia, às escolas de medicina da América do Norte, mais precisamente países do Canadá e Estados Unidos, começaram a sentir dificuldade em trabalhar os conteúdos em sala de aula sendo necessário reformular a metodologia adotada, dando origem ao Problem Based Learning (PBL), mais tarde traduzido e implementado em escolas de medicina do Brasil como Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). Ao contrário da metodologia tradicional que segue de um conteúdo e aplicações diretas, a ABP é usada para orientar e fundamentar o desenvolvimento curricular de uma disciplina ou curso onde os problemas serão usados para discutir todos os conteúdos disciplinares (LIMA; ARENAS; PASSOS, 2018).

Para Lima, Arena e Passos (2018), a RP é uma variante da ABP. A diferença entre as abordagens da ABP e RP, é que a primeira é usada para organizar e gerir todo o planejamento

curricular e o fazer pedagógico do professor nas disciplinas de um curso de forma integrada e interdisciplinar, ou apenas de uma disciplina de um curso, de modo pontual. De um modo geral, a ABP é diferente da RP porque exige um trabalho interdisciplinar ou multidisciplinar na abordagem dos problemas. Já a segunda, é uma metodologia de ensino direcionada à aprendizagem de conhecimentos específicos escolares, por meio da proposição e resolução de problemas articulados a diferentes atividades multifacetadas, que integram pequenas investigações no contexto de uma disciplina específica em diversas modalidades de ensino e de diferentes cursos e áreas.

O termo problema vem sendo estudado a muito tempo e por muitos autores (LAUDAN, 1977; VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001; ECHEVERRÍA; POZO 1998; POZO; CRESPO, 1998; SOCKALINGAM, ROTGNAS; SCHMIDT, 2011; GEHLEN; DELIZOICOV, 2012; VERÍSSIMO; CAMPOS, 2011; BATINGA, 2010) surgindo tipos diferentes para o problema dependendo do meio e de como ele está sendo usado.

2.3.1 Definindo e diferenciando problemas de exercícios

A resolução de problemas no ensino de ciências vem sendo usada como um dos modelos para ensinar por meio de elementos que constituem o processo de investigação, sendo eles: o problema, o levantamento de hipóteses, coleta de dados, comunicação dos resultados, levando em conta o contexto escolar. Um problema pode associar teoria e prática, estimular a criatividade e mobilizar diferentes conhecimentos e habilidades. Sendo assim, é importante diferenciarmos a ideia de exercício e problema (CAMPOS; BATINGA, 2022).

No âmbito educacional, Pozo e Crespo (1998) afirmam que a pessoa reconhece o problema quando atribui sentidos que o levará a uma série de pensamentos, tendo ela que criar hipóteses de como e qual caminho deverá seguir para obter uma possível solução. Se a pessoa já tiver uma maneira mecanizada e imediata de resolver um problema, este pode ser considerado como um exercício (BATINGA, 2010). Logo, dizemos que é um exercício quando um aluno possui as habilidades e técnicas para chegar a uma resposta, pois isso o limita a usar caminhos usuais fazendo que não precise de novos conhecimentos, servindo para exercitar habilidades já adquiridas (POZO e CRESPO, 1998).

Não estamos colocando o exercício como elemento dispensável, pois como informa Pozo e Angón (1998)

Um bom equilíbrio entre o uso de exercícios e problemas pode ajudar os alunos não somente a consolidar as suas habilidades, mas também conhecer os seus limites, diferenciando as situações conhecidas e já praticadas das novas e desconhecidas (POZO; ANGÓN, 1998, p. 162).

Sendo assim, é importante que no ambiente educacional o estudante tenha contato com o exercício e também com o problema. Outro fator a se levar em conta é o conhecimento espontâneo que os alunos possuem. Pois, em geral um aluno pode considerar um problema de fato, e para outros esse mesmo problema pode ser considerado um exercício.

Freitas (2017), em seu trabalho apresenta as características que um problema precisa ter, a primeira delas é justamente a abertura para que os alunos possam elaborar hipóteses e para isso o problema precisa ter vários caminhos para se obter uma solução, esses caminhos não podem ser rápidos e diretos, ou seja, é necessário que exista uma situação a ser resolvida. A situação apresentada precisa ter significado para o aluno exigindo uso de estratégias e um processo de reflexão para a solução.

Isso é bem diferente das propostas dos exercícios, que possuem um caminho rápido e direto para a solução, pois utiliza as habilidades e técnicas preestabelecidas praticando o que já foi aprendido (FREITAS 2017).

Para Vigotsky, Luria e Leontiev (2001), o problema está relacionado ao processo de humanização, pois ele considera que a assimilação do conhecimento científico é uma condição para o desenvolvimento cognitivo das pessoas que estão inseridas nessa sociedade. O problema surge para proporcionar a criação e apropriação de signos, por isso podemos afirmar que para ele os problemas são categorizados como real pois parte da interação do homem com o meio.

[...] a formação dos conceitos surge sempre no processo de solução de algum problema que se coloca para o pensamento do adolescente. Só como resultado da solução desse problema surge o conceito (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001).

Podemos notar que Vygotsky traz o problema como elemento mediador do conhecimento, mas não descreve um problema para sala de aula (GEHLEN; DELIZOICOV, 2012). Já Pozo e Crespo (1998) desenvolveram vários trabalhos para esse ambiente. Eles afirmam que o estudante precisa reconhecer o problema e dar um significado que o levará a uma série de pensamentos e reflexão, criação de hipóteses e elaboração de estratégias para obter e divulgar uma solução.

2.3.2 Classificação dos problemas

2.3.2.1 Problema Real

Com base nos estudos de Vygotsky, Batinga (2022) afirma que um problema real ou autêntico é aquele que seu enunciado contempla fatos, eventos e fenômenos contextualizados que aconteceram ou acontece ao longo de certo contexto histórico e social, e articulam conhecimentos do cotidiano com o conhecimento científico escolar.

Vygotsky denominou de conceitos cotidianos, ditos conceitos espontâneos, os que ascendem do nível elementar para o nível concreto abrindo caminho para um conceito científico, que é tido como descendente, e desenvolvido pelo processo dialético com o conceito cotidiano. No entanto, se o sujeito tiver posse apenas dos conceitos cotidianos ele terá uma visão de mundo ligada à realidade imediata, já quando se apropria dos conceitos científicos o mesmo pode perceber a dinamicidade das conquistas humanas (JOENK, 2002). Nessa direção, a resolução de problemas reais pode contribuir para a internalização de diferentes conceitos científicos no ambiente escolar.

Para o desenvolvimento de conceitos científicos escolares é necessário uma mediação e interação com outros indivíduos a fim de que ocorra o processo de internalização do conhecimento, visando alcançar a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A categoria ZDP remete a influência de uma pessoa mais experiente no sentido de expertise, como professores ou parentes, estudantes, especialistas para interagir e mediar, buscando intervir para auxiliar as crianças, adultos e adolescentes no processo de aprendizagem. O problema real permite a emergência da ZDP no contexto escolar visando a aprendizagem de conceitos científicos.

A relação do homem com o mundo não é direta, mas sim mediada. Essa mediação é muito importante para o desenvolvimento das funções mentais dos indivíduos. Vygotsky estudou as funções mentais superiores dos seres humanos que ocorrem por meio da mediação. É dito funções mentais superiores a capacidade de planejar, elaborar conceitos, usar a linguagem, memorização ativa e pensamento abstrato (JOENK, 2002). A RP pode proporcionar o desenvolvimento destas funções no processo de apropriação de conceitos na escola.

A plasticidade do cérebro diz respeito a este poder ser moldado pela ação de elementos externos, transformando os seres humanos de meramente biológico para seres sócio-históricos. A maneira com que esse processo ocorre também é a maneira com que uma

criança desenvolve suas funções superiores, que é por meio da mediação e da resolução de problemas.

Vygotsky (1983) diz que para todo problema deverá existir uma resposta, uma reação. Nesse caso é chamado de Estímulo o problema e de Resposta a reação. Mas, para que ocorra uma resposta precisa-se de um elemento mediador, que nem sempre é o professor. Oliveira (1995), representa essa afirmação com o exemplo de um indivíduo que coloca sua mão sobre uma vela acesa, a situação problema é: “o que ocorrerá com a mão do indivíduo repousada sobre a vela acesa?” A resposta do indivíduo é retirar a mão e o elemento mediador poderá ser a sensação que a chama da vela provocará em sua pele, a lembrança da dor sentida pelo indivíduo ou uma segunda pessoa informando que poderá ocorrer uma queimadura.

Portanto, no último caso a mediação ocorre pelo uso da linguagem que incorpora os signos e ferramentas. Eles agem como instrumentos simbólicos e materiais relacionados à atividade psicológica. Por exemplo, os esquemas, os mapas, desenhos, sistema de contagem, ou seja, todo tipo de signos convencionais usados nos diferentes grupos sociais. E as ferramentas concretas também são usadas como instrumento de mediação entre o sujeito e objeto (JOENK, 2002). No processo de resolução de problemas reais os estudantes fazem uso da linguagem no processo de internalização dos conceitos científicos na escola.

A linguagem (língua) é uma representação simbólica que tem grande valor para Vygotsky e ele propõe duas funções básicas para ela: comunicação e pensamento generalizante, a língua foi primeiramente desenvolvida para resolver problemas de comunicação. Já quando a língua se encaixa com o pensamento, existe a relação pensamento-linguagem, o que Vygotsky denominou de pensamento generalizante. Quando nomeamos algo estamos colocando-os em uma classificação, o significado de cada palavra é uma generalização ou um conceito e estes são atos do pensamento (OLIVEIRA, 1995). Esses aspectos estão presentes no processo de diferentes tipos de problemas no contexto escolar.

Ao se trabalhar com problemas reais estamos apresentando aos estudantes, nas aulas de Física, situações contextualizadas que possibilitam formas de internalizar novos conceitos, e de se apropriar de diferentes modos de pensar e agir diante de certas realidades. Este tipo de problema pode permitir ao estudante o avanço do nível de desenvolvimento real para o nível de desenvolvimento potencial.

2.3.2.2 Problemas Científicos

A ciência faz uso de estratégias e métodos para resolver os problemas que nos

cercam. Caracteriza-se como problemas científicos aqueles que são elaborados a partir de questionamentos, motivações, lacunas e sua solução será de uso coletivo da comunidade científica (POZO e CRESPO 1998).

No problema científico não se está interessado apenas na resposta final e sim em analisar todo o processo para entender o que é possível otimizar e como se pode transpor aquela forma de resolver para outras áreas e/ou problemas. A ciência sempre busca obter modelos que se assemelham à realidade para poder estudar possíveis soluções e fazer uso sempre da mais adequada (POZO, 1998).

Batinga (2010), apresenta como exemplos de questões-problema: “ Qual a natureza da matéria? Como é constituída a matéria?” Com os avanços tecnológicos tivemos várias respostas para essas perguntas de forma cada vez mais precisa, a construção de modelos teóricos e as interpretações conseguiram explicar a constituição da matéria. Esses estudos para a obtenção da resposta trouxeram as técnicas de ressonância magnética, ultrassonografia, e mudanças ainda mais significativas para a revolução metodológica em como entender a origem e formas como a ciência moderna se desenvolve. A diferença entre problemas e questões-problemas é que essas últimas são apresentadas de modo direto, fora de um contexto definido.

Podemos fazer aqui um paralelo entre o problema real e o problema científico. A maioria dos problemas científicos emerge de uma necessidade humana de entender a natureza e focam no processo de resolução e não apenas no resultado. Esta última característica também é um dos objetivos dos problemas reais voltados ao âmbito escolar e acadêmico. A seguir vamos discorrer sobre os problemas do tipo cotidiano.

2.3.2.3 Problemas cotidianos

Os problemas que se apresentam no dia-a-dia são ditos cotidianos. São aqueles que não se busca uma explicação de como se chega a uma solução, mas o interesse está no resultado da solução. No problema cotidiano, têm os “nossos problemas” que surgem de ações que realizamos ou que pessoas ao nosso redor realizaram (POZO, 1998).

Segundo Pozo e Crespo (1998), um exemplo de problemas cotidianos que a maioria das pessoas têm no decorrer de sua vida seria encestar uma bola de basquete em uma cesta. Dependendo da forma que se joga teremos uma parábola mais ou menos fechada, no início essa questão da parábola não é analisada, o sujeito que está realizando a ação só se importa com o sucesso e o fracasso. A partir do momento que se é possível acertar a bola na cesta a

pessoa começa a observar de que forma ela jogou a bola para alcançar o sucesso e com treinamento, cria-se uma maneira mais mecânica que transforma o problema em um exercício (POZO, 1998).

Como percebemos, os problemas cotidianos surgem de uma necessidade encontrada no dia-a-dia, sendo ele também um problema real. Essas semelhanças podem ser citadas justamente por não ter uma definição metodológica definida por Vygotsky em relação ao problema real.

2.3.2.4 Problemas escolares

Problemas escolares são usados para relacionar os conhecimentos cotidianos e os científicos. Os alunos são apresentados a este tipo de problemas na intenção de gerar significado para o aluno e motivação para buscar a solução. Nesse processo podem ser ensinados na escola a observar e aprender os métodos e meios usados para resolvê-los de modo próximo a forma de análise que é usada para a resolução de problemas científicos (BATINGA, 2010). Vale ressaltar que não se tem intenção de imitar o processo de resolução de problemas científicos, mas auxiliar os estudantes a adquirir hábitos e estratégias de RP mais próximos aos da ciência, fazendo com que os alunos saibam quais métodos são mais adequados para resolver um determinado problema escolar (POZO, 1998).

Segundo Pozo (1998) o problema escolar é adequado para os educandos, logo é preciso que ele seja usado para despertar o interesse em resolvê-lo. Este tipo de problema pode ser elaborado pelo professor junto com os estudantes. Ou pelo professor, considerando o nível de desenvolvimento real e o nível de complexidade adequados à turma. Os problemas escolares podem ser classificados como: qualitativo, quantitativo e pequena pesquisa, conforme representado na figura 3.

Figura 3. Diagrama com as subdivisões dos problemas escolares que são divididos em problemas escolares qualitativos, quantitativos e pequenas pesquisas.



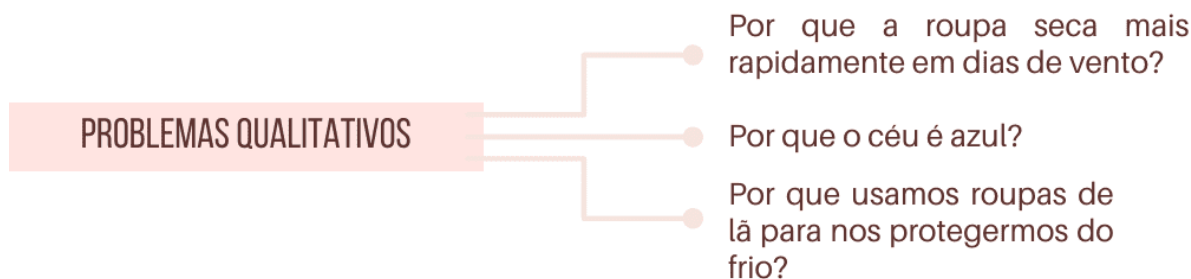
Fonte: adaptado de Pozo (1998).

a. Problemas Escolar Qualitativo

São os problemas que não necessitam de cálculos para encontrar sua solução e sim de raciocínios teóricos e reflexão pelos estudantes (POZO e CRESPO 1998). Para a solução desses problemas os educandos mobilizam seus conhecimentos espontâneos e recorrem a pesquisas bibliográficas para aprender novos conhecimentos e propor estratégias de resolução e possíveis respostas, com base no conhecimento específico formal abordado.

Na Figura 4 temos alguns exemplos de problemas qualitativos que têm como objetivo desenvolver o pensamento acerca dos problemas que temos em nosso cotidiano, fazendo isso apoiado em seus conhecimentos espontâneos, incentivando a formação de hipóteses que contribuam para a construção do resultado. Usualmente é apresentado como um problema aberto onde se faz necessário analisar o fenômeno, fato ou evento a que está se referindo por meios dos conhecimentos prévios e interpretá-las apoiados nos conhecimentos fornecidos pelos estudos em ciências (BATINGA, 2010).

Figura 4. Exemplos de problemas qualitativos em física.



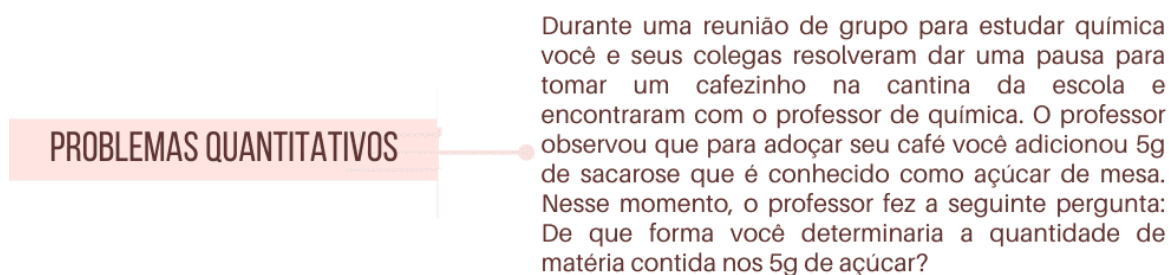
Fonte: elaborado pela autora (2022).

b. Problema Escolar Quantitativo

O problema escolar quantitativo tem como característica predominante que o mesmo uso das grandezas físicas e dados numéricos para conseguir organizar informações suficientes e levantar as hipóteses necessárias. Logo, a estratégia para resolver esse tipo de problema está fundamentada no cálculo matemático, na comparação de dados e grandezas e no uso de fórmulas (POZO E CRESPO, 1998).

Para melhor entendimento, deixamos um exemplo de um potencial problema quantitativo escolar formulado por Batinga (2010) na Figura 5.

Figura 5. Exemplo de um problema quantitativo em química.



Fonte: adaptado de BATINGA (2010)

Existem algumas vantagens de usarmos problemas escolares quantitativos, sendo elas descritas por Pozo e Crespo (1998):

Geralmente, [os problemas quantitativos] são um meio de treinamento que, ao familiarizar os alunos com o manejo de uma série de técnicas e algoritmos, ajuda-os a fornecer-lhes os instrumentos necessários para abordar problemas mais complexos e mais difíceis. A quantificação, por sua vez, permite estabelecer relações simples entre as diversas magnitudes científicas, o que facilita a compreensão das leis da natureza (POZO; CRESPO, 1998, p.80).

Apesar disso, esse tipo de problema possui algumas limitações. Normalmente, a maioria dos livros adotam esse tipo de problema fazendo com que ele acabe se repetindo com diferenças insignificantes, tornando eles um mero exercício para o estudante. E ainda, por se

caracterizar, como um problema mais fechado, alguns professores não levam em conta o caminho que o aluno percorreu para chegar à solução fazendo com que o aluno acredite que o problema só estará resolvido se ele encontrar determinado número (POZO, 1998).

c. Pequenas Pesquisas

Para Pozo e Crespo (1998) pequenas pesquisas são aquelas que quando feito o problema para se obter a solução é necessário que seja realizado uma experiência ou uma atividade prática, podendo ser realizado dentro ou fora do laboratório ou no campo.

Uma das vantagens da pequena pesquisa é o fato dela relacionar conhecimentos teóricos e as aplicações práticas com muita elegância, ajudando o estudante com a correlação dos seus conhecimentos prévios para com o problema apresentado e é muito motivador para o aluno quando ele consegue ver a aplicação daquele conceito aprendido em sala de aula.

Já em questão das limitações, precisasse ter bem claro que a pequena pesquisa não pode ser considerada um trabalho científico, mas representa uma aproximação simplificada de uma “pesquisa” (BATINGA, 2010).

Concluimos que a teoria histórico cultural define o que seriam problemas reais ou autênticos. Mas, por não trazer a metodologia de resolução, como por exemplo as etapas necessárias. Atréamos os estudos de Vygotsky com os referenciais teóricos relacionados à metodologia de resolução de problemas e estaremos sempre traçando paralelos entre eles. Propusemos dois problemas nesse estudo, sendo o primeiro do tipo real e qualitativo e o segundo do tipo real e pequena pesquisa.

2.4 O papel do aluno na Abordagem de Resolução de Problemas

A resolução de Problema é dita uma metodologia ativa pois pretende colocar o aluno como centro de seu processo de ensino e aprendizado. Portanto, o aluno deixa de ser uma pessoa passiva para se tornar um agente protagonista, que precisa pensar e buscar entender o enunciado do problema de maneira global, tendo o professor como um mediador nessa busca pela compreensão e solução do problema proposto.

No processo de solução de um problema Dewey destaca 5 (cinco) etapas que os alunos devem seguir “1) identificação do problema, 2) definição do problema, 3) produção de hipóteses sobre possíveis soluções, 4) desenvolvimento das hipóteses e dedução de suas propriedades e 5) comprovação de hipóteses” (SILVA; BELTRÁN NÚÑEZ, 2002). A

primeira etapa pode ser modificada para “interpretando o problema” caso o professor apresente algum dos tipos de problema já mencionados nesse trabalho.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca a metodologia de resolução de problemas, por meio de citação que se refere a importância de se trabalhar situações-problemas em que os alunos deverão investigá-las para aprender e fazer uso dos conhecimentos científicos e tecnológicos, por meio do uso da linguagem e procedimentos próprios das ciências da natureza, propondo soluções que considerem a demanda local, regional ou global comunicando seus resultados e conclusões a um público variado, em diversos contextos, contando com o auxílio de diferentes mídias e tecnologias digitais da informação e comunicação (BRASIL, 2018).

Os alunos podem apresentar papéis variados dentro de um grupo para solucionar os problemas propostos e isso dependerá das experiências e habilidades de cada integrante. Quando um aluno se depara com um problema que ele não consegue resolver, significa que ele se encontra na Zona de Desenvolvimento Real. O sujeito que está em processo de aprendizagem tem uma posição muito ativa, ele se relaciona com o mundo, ele não é um ser passivo que recebe a história do mundo, a cada momento da história dele, ele é um sujeito pleno que age sobre o ambiente, trazendo relação de sua própria história com a situação de aprendizagem.

Filatro e Cavalcanti (2018) discorrem em seu trabalho que a resolução de problemas potencializa o desenvolvimento cognitivo dos alunos por meio de habilidades relacionadas à construção do conhecimento, como: o pensamento científico, senso estético, comunicação e argumentação (BRASIL, 2017; HOLUBOVA, 2015).

A RP não busca meramente a aquisição de conhecimentos, essa é uma das consequências de atividades que envolvem essa metodologia. Mas, ela tem como um dos objetivos o trabalho colaborativo, os alunos organizados em pequenos grupos, e acompanhados por um tutor, que é o professor. No processo de resolução os alunos podem desenvolver habilidades referentes a autogestão, autoconhecimento e autocuidado, empatia, cooperação e autonomia (LEITE e AFONSO, 2001; BRASIL, 2017).

2.5 O papel do professor na Abordagem de Resolução de Problemas

Quando um professor faz uso da abordagem de resolução de problemas precisa-se estar ciente de seu papel mediador na condução dos trabalhos em sala de aula (ARAÚJO; SASTRE, 2009). Nesse processo chamamos o professor de mediador e orientador. Ele será

responsável por não dar as respostas prontas aos alunos e sim guiá-los com perguntas e materiais para que eles possam entender e formular suas próprias soluções (LOPES; VERANIO; FILHO, 2019).

Com base em Vygotsky (1988) podemos entender que o estudante se desenvolve por meio das interações, com o meio e com o outro. Nesse sentido, é importante a atuação do professor como um mediador na atividade de resolução de problemas. Segundo Moreira (2016), Vygotsky defende amplamente que o conhecimento advém das relações sociais, e na sala de aula pode ser construído por meio de trabalhos em grupo ou de atividades que promovam a interação.

É atribuição do professor “criar, planejar, realizar, gerir, avaliar situações didáticas eficazes para a aprendizagem e desenvolvimento dos alunos, manejar diferentes estratégias de comunicação dos conteúdos [...]” (BRASIL, 1996, p. 25). Para isso ele precisa de uma formação inicial, continuada ou em exercício que o habilitou para tal função. Ressalta que o professor, com o apoio da gestão e de condições estruturais da escola, promove espaços onde o aluno possa expressar suas ideias e pontos de vista. Estes espaços podem favorecer a reflexão crítica, a argumentação e a resolver problemas no contexto escolar.

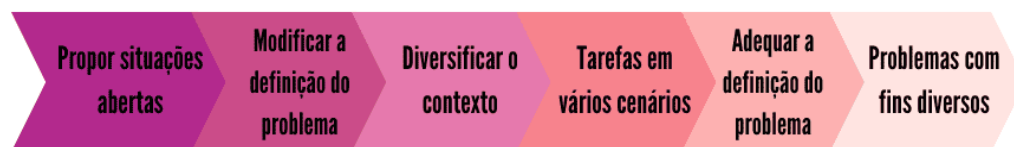
2.6 Como propor, resolver e ensinar a resolver problemas

Na elaboração de problemas, é importante considerar que o seu enunciado possibilite a resolução por meio de diferentes estratégias e mais de uma solução para possível. Além disso precisamos considerar outros aspectos essenciais, a saber: a tipologia do problema, grau de complexidade, incentivar a motivação e interesse dos alunos em respondê-lo, apresentar vínculos com o cotidiano dos estudantes ou com aspectos da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), e proporcionar o aprendizado de conteúdos: conceituais, atitudinais e procedimentais (SILVA; BELTRÁN NÚÑEZ, 2002; BATINGA; CAMPOS, 2022; LOPES, 1994).

A cada tipologia de problemas pode-se introduzir uma contradição em seus enunciados, considerando a dimensão fenomenológica. A contradição é entendida entre o conhecimento que o aluno possui na zona de desenvolvimento real e o que ele precisa alcançar para avançar a zona de desenvolvimento potencial. Nessa direção, o aluno não consegue encontrar a solução por meio apenas do conhecimento espontâneo. Então, dizemos

que existe uma lacuna e o aluno se encontra na ZDP (SILVA; BELTRÁN NÚÑEZ, 2002; VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001).

Figura 6. Critérios para se elaborar um potencial problema, partindo de questões ou exercícios.



Fonte: Adaptado de Pozo e Argón (1998).

de transformar questões e exercícios em problemas pode-se modificar os seus enunciados a fim de que as tarefas escolares se apresentem como potenciais problemas. Para isso, precisa-se evitar situações fechadas, e elaborar problemas que admitem vários caminhos de resolução e possíveis soluções (Figura 6). É importante evitar que o aluno ao se deparar com a apresentação do problema, o identifique como um tipo padrão e siga um roteiro de resposta já conhecido, o que pode acarretar na resolução de um exercício (POZO; ARGÓN, 1998).

No entanto, se for necessário que o aluno aplique a mesma estratégia de resolução, o professor poderá modificar o contexto do enunciado do problema, mantendo a variável conteúdo constante. Isso fará com que o aluno trabalhe os mesmos tipos de problemas em diferentes momentos do fazer pedagógico (POZO; ARGÓN, 1998).

É fundamental que o problema apresente uma conexão com o cotidiano do aluno. Então propor tarefas não só no formato tradicional da escola e da academia pode ajudar os alunos a estabelecerem uma relação de sentido com o problema. Ressalta-se que é fundamental adequar o tipo de problema ao conteúdo estudado e ao objetivo de aprendizagem. Diante disso pode-se elaborar diversos tipos de problemas, a saber: aberto, semi-aberto, real e pequenas pesquisas etc. (POZO; ARGÓN, 1998). Caso a escolha seja pela pequena pesquisa é importante que o professor fique atento para que a mesma não se pareça com uma ilustração, demonstração ou exemplificação de alguns conteúdos (POZO; ARGÓN, 1998).

Para o desenvolvimento da RP, o professor precisa conhecer além dos aspectos sobre a elaboração de problemas, as etapas de resolução e condução desta abordagem em sala de aula. No Quadro 1, Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4 são apresentadas as etapas da RP com base em Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020). A primeira etapa, Quadro 1, diz respeito a seleção do contexto que o professor precisa escolher para que o aluno se

aproxime do problema proposto (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020).

Quadro 1: Primeira etapa do processo de desenvolvimento da RP em sala de aula.

Etapa 1: Seleção do Contexto	
Seleção do conceito	Por meio de um currículo baseado em conceitos, o professor precisará definir qual o conceito que se quer trabalhar.
Contexto da problemática	Escolher pelo menos um contexto problemático que possa emergir a temática que se deseja trabalhar. Sendo esse contexto parte da realidade do aluno.
Identificação dos materiais	O professor precisará ter uma gama de materiais que possa auxiliar os alunos na busca pelas soluções possíveis. Em formato de vídeo, notícias, artigos, filmes entre outros.
Antecipação das problemáticas	Quanto mais antecipações o professor consegue fazer sobre o problema proposto melhor será para decidir sobre a adequação do contexto escolhido.

Fonte: Adaptado de Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020).

Nesta primeira etapa todas as atribuições são realizadas pelo professor. Pois é ele quem decide os objetivos que se quer alcançar para só então construir o problema e pensar nas possibilidades que esse problema carrega consigo (LEITE; AFONSO, 2001). A contextualização precisa ser a partir do cotidiano e não apenas uma exemplificação do conteúdo estudado na construção de um problema proposto (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020). Na segunda etapa, Quadro 2, já temos a presença do aluno e do professor, onde o professor terá o papel de orientador e o estudante de ser ativo de todo o processo, propondo e tomando decisões.

Quadro 2: Segunda etapa do processo de desenvolvimento da RP em sala de aula.

Etapa 2: Formulação do problema	Aluno	Professor
Conhecendo o problema	Ao apresentar o problema para o aluno se espera que ele monte vários questionamentos acerca do problema.	Papel de orientador não diretivo do processo.
Ordenando os questionamentos	Os alunos precisarão entender a diferença entre seus questionamentos e o problema proposto para separar aqueles que sustentam a possível solução.	Promover o entendimento sobre uma possível organização dos questionamentos com o objetivo de montar um caminho que os leve as possíveis soluções.

Fonte: Adaptado de Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020).

A segunda etapa é a formulação de problemas, mas nessa etapa quem elabora o problema é o aluno. As questões ou perguntas podem emergir do problema que o professor apresentará para eles. Nesse momento, os educandos buscam compreender o contexto do problema e como eles vão proceder para propor uma possível solução. Será considerado um problema eficaz aquele que suscita a reflexão crítica acerca do conceito/conteúdo abordado (RIBEIRO; PASSOS; SALGADO, 2020). E na terceira etapa que os alunos vão de fato

chegar às possíveis soluções do problema. Para isso, eles vão refletir e fazer uma reinterpretação dos problemas e questionamentos levantados, planificar a solução, implementar as estratégias, obter as possíveis soluções e avaliá-las (Quadro 3) (LEITE; AFONSO, 2001).

Quadro 3: Terceira etapa do processo de desenvolvimento da RP em sala de aula.

Etapa 3: Resolução do problema.	Aluno	Professor
Reinterpretação	Por meio dos questionamentos voltar ao problema e ver quais são as novas informações que pode tirar dele. Observação de suas hipóteses.	Auxiliar os alunos a reinterpretar o problema por meio dos questionamentos construídos por eles.
Planificar a resolução	Montar uma estratégia de resolução do problema. Investigar os questionamentos.	Por meio de perguntas o professor pode auxiliar na construção da planificação dos alunos.
Implementação das estratégias	Colocar as estratégias em ação. Nesse momento os alunos terão que buscar em diferentes fontes como poderá implementar essas estratégias.	O professor precisará garantir que os alunos tenham acesso a uma quantidade mínima necessária de informações para que eles obtenham as soluções de acordo com o objetivo pretendido.
Obter possíveis soluções	Após as pesquisas, debates e análises, os alunos deverão escolher quais são as possíveis soluções para o problema.	Observar a construção da solução definida.
Avaliar	Autoavaliação para saber se essa foi a melhor solução que poderia se dar ao problema. Temos a tomada de decisão como habilidade necessária para esse momento.	Fazer questionamentos para auxiliar os alunos a entenderem se eles montaram uma solução para o problema proposto.

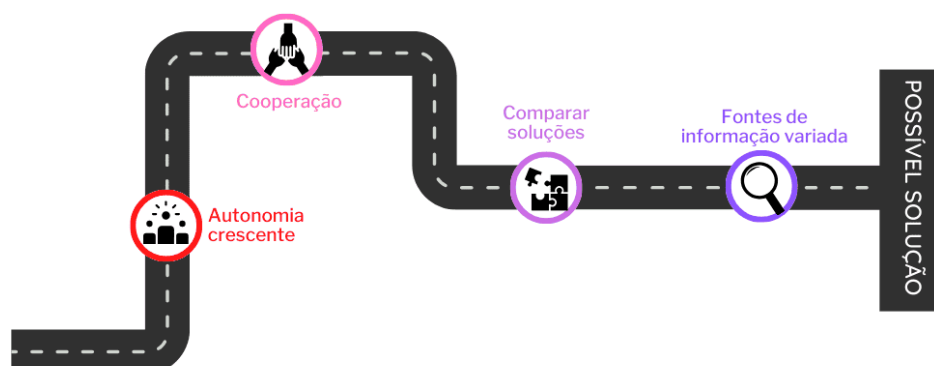
Fonte: Adaptado de Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020).

A resolução de problemas, o professor pode habituar os alunos a tomar decisões sobre como o problema a ser resolvido, e auxiliá-los na reflexão acerca do processo, dando mais autonomia durante a etapa de resolução de problemas (POZO; ARGÓN, 1998). Nessa etapa, o professor e o problema podem motivar o aluno a buscar as soluções, pois a motivação não é apenas um aspecto interno, mas pode ser também um aspecto externo ao sujeito. Esses aspectos também são comentados por Vygotsky (1896 – 1934) que diz ser o pensamento fruto da motivação, como nossas vontades e necessidades. Neste trabalho, o problema apresenta a função de mediador externo, o qual pode gerar a formação das funções psicológicas superiores pelos indivíduos.

Faz parte do processo de RP incentivar a cooperação entre as equipes de estudantes e o grande grupo. A expressão individual é importante, mas o auxílio que um pode dar ao outro é imprescindível nessa etapa de busca pelas possíveis soluções. Para isso, as divulgações das soluções encontradas têm o papel de suscitar nos alunos a importância de saber ouvir e

perceber qual a solução mais adequada para um dado problema (POZO; ARGÓN, 1998).

Figura 7. Percurso dos alunos irão na busca pelas possíveis soluções.



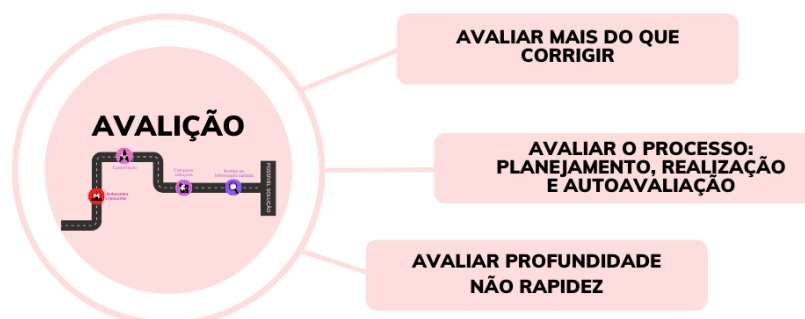
Fonte: Adaptado de Pozo e Argón (1998).

O pode proporcionar aos alunos fontes de informação variadas sobre a temática ou conceito estudado, realizando um trabalho de apoio. Na RP, o professor elabora mais perguntas sobre a temática/conteúdo de física do que respostas prontas para os alunos. Também é necessário que se crie o hábito de incentivar os alunos a elaboração de perguntas e suposições (POZO; ARGÓN, 1998).

No processo de avaliação, disposto na Figura 8, o professor precisa entender que diferente do realizado no ensino expositivo, o mais importante não é a solução final do problema, mas sim o processo de resolução vivenciado para se chegar a solução. Sendo assim, o feedback do professor é constante durante o processo, é de suma importância para o desenvolvimento das soluções (POZO; ARGÓN, 1998).

Então, na quarta etapa será onde o professor poderá ter mais dificuldade, pois, é um processo diferente das avaliações adotadas no ensino tradicional, que muitas vezes somente considera o resultado final das provas aplicadas. Então, a avaliação na RP, foca na análise do processo, nos questionamentos e na síntese final (LEITE; AFONSO, 2001).

Figura 8. Processo avaliativo da Resolução de Problemas.



Fonte: Adaptado de Pozo e Argón (1998).

No Quadro 4, apresenta-se o processo de avaliação na RP, desenvolvido tanto pelo professor quanto pelo aluno, por meio de instrumentos avaliativos. Um dos instrumentos bastante utilizado, são as rubrics que buscam quantificar e qualificar o grau com que os principais argumentos e conceitos são usados para a solução do problema. Esse quadro precisa ser criado antes da apresentação do problema em sala para os alunos (OLIVEIRA; ARAUJO; VIET, 2017).

Quadro 4: Quarta etapa do desenvolvimento da RP.

Quarta Etapa: Avaliação do processo.	
Verificação dos questionamentos	Deverão verificar se todos os questionamentos levantados pelos alunos foram resolvidos ou não tem solução e se as soluções foram satisfatórias
Síntese final	Avaliação de todo o processo de resolução do problema. Não só em termos conceituais, mas também em termos de desenvolvimento pessoal, social, ético e moral.

Fonte: Adaptado de Leite e Afonso (2001).

Outro ponto é valorizar a reflexão e o aprofundamento das soluções propostas e não o quão rápido a solução foi desenvolvida. Com foco no grau de desenvolvimento durante o processo de resolução pode-se fazer uso de um planejamento prévio, uma reflexão durante a realização e a autoavaliação pelo aluno do seu processo (POZO; ARGÓN, 1998).

Nesse sentido, a fala é o meio que o aluno usa para organizar seus pensamentos na busca de respostas para os problemas (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001). Diante disso, é relevante considerar a fase de comunicação dos resultados pelos alunos como um instrumento de avaliação no processo de resolução de problemas.

As etapas aqui apresentadas foram importantes para a construção da sequência de aulas, seguindo cada etapa e posteriormente construímos as nossas categorias de análises dos dados processados. A seguir vamos discutir a respeito das possíveis aproximações entre a RP e a teoria de Vygotsky.

2.7 Aproximações entre a Resolução de Problemas e algumas Categorias de Vygotsky

É possível observar relações entre a teoria Histórico-cultural de Vygotsky e a metodologia de Resolução de Problema. O Quadro 5 relaciona as etapas da resolução de problemas com a forma que Vygotsky apresenta o processo de tomada de consciência pelo aluno.

Quadro 5. Relações entre as etapas gerais da Resolução de Problema e a teoria de Vygotsky.

	Problematização inicial	Organização do Conhecimento	Aplicação do conhecimento
Resolução de Problema	Apreensão e compreensão da posição dos alunos frente às questões em pauta.	Selecionar os conhecimentos que são necessários para o entendimento da problematização inicial.	É o potencial explicativo e conscientizador das teorias físicas que deve ser explorado.
Teoria de Vygotsky	Nível de desenvolvimento Real.	Zona de Desenvolvimento Proximal.	Nível de desenvolvimento potencial.

Fonte: adaptado de Gehlen e Delizoicov (2012) e Leite e Afonso (2001) Ribeiro, Passos e Salgado (2020).

Outra categoria é a mediação, que está presente em todas as etapas da RP, seja por meio de signos e/ou ferramentas e pelo professor. Na aplicação da sequência de aulas percebe-se a presença da Zona de Desenvolvimento Proximal e a mediação durante as atividades e ações realizadas no processo de resolução do problema proposto (POZO; CRESPO, 1998).

A problematização partiu de problemas semi-abertos, o primeiro qualitativo e o segundo envolvendo uma pequena pesquisa. Nesta fase da interlocução da pesquisa ocorreu a articulação entre pensamento e linguagem, e vice-versa, por meio da interação aluno-professor. Isso serviu para que a professora pudesse identificar e entender os conhecimentos espontâneos dos alunos, ou seja, qual a zona de desenvolvimento real apresentada por eles. Também houve a interação aluno-aluno em que a professora deu mais autonomia aos alunos para trabalharem em grupos, com o objetivo de construir e descartar hipóteses até chegar a uma resposta consensual. A mediação da professora, das atividades da sequência de aulas e recursos didáticos ocorreu durante toda a aplicação da RP.

Na organização do conhecimento durante a Resolução de Problemas foi o momento em que os grupos de alunos começaram a testar suas hipóteses, que pode corresponder a zona de desenvolvimento proximal. De maneira intencional, a professora buscou mediar os grupos para avançarem além desta. Vale ressaltar que a autonomia do aluno ocorreu de forma crescente, então o papel da professora foi o de auxiliar naquilo que o educando não foi capaz de realizar sozinho.

A aplicação do conhecimento foi a última etapa da intervenção, em que os estudantes apresentaram as respostas e explicações de como se chegou à resolução dos problemas propostos. Nesse momento, a intenção foi a de analisar se os grupos avançaram para a Zona

de Desenvolvimento Potencial com relação ao conhecimento de física estudado no contexto escolar.

2.8 Empuxo e o Princípio de Arquimedes

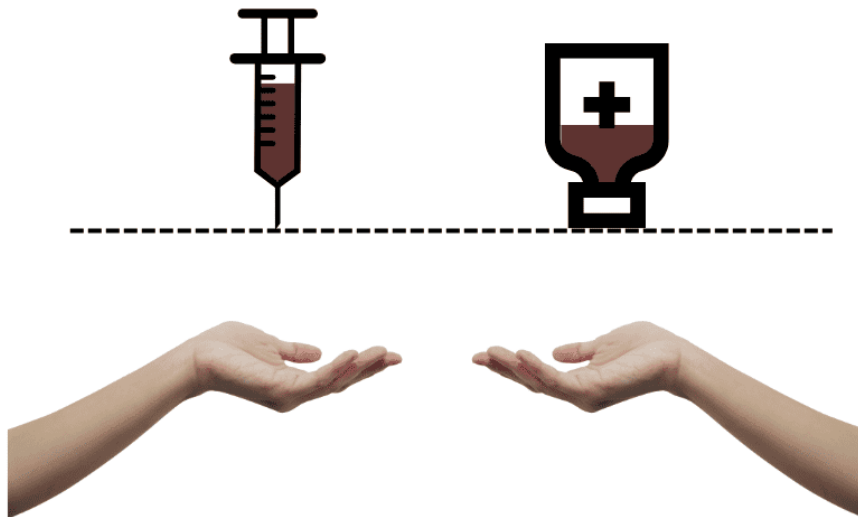
Antes de apresentar os conceitos disponíveis nos livros sobre o empuxo, é necessário explicar a definição de pressão e fluido. Caracterizamos como fluido os gases e líquidos, materiais que possuem a propriedade natural de escoar e se deslocar com facilidade. São materiais sem forma própria, que se adaptam à forma do recipiente que os contém (WALKER; HALLIDAY; RESNICK, 2009).

Essa adaptação ocorre devido à pressão entre o fluido e as barreiras, ou paredes, do recipiente. Essa pressão é definida como a força dividida pela área sobre a qual é exercida.

$$Press\tilde{a}o = \frac{For\tilde{c}a}{\tilde{A}rea} \quad \text{Eq. 1}$$

Para ilustrar melhor a diferença entre força e pressão, imagine uma seringa e um pote de remédio, ambos com a mesma massa e distantes da mão à mesma altura, conforme mostra a Figura 9.

Figura 9. Ilustração de uma seringa e um pote do remédio, ambos com o mesmo peso e a mesma altura.



Fonte: elaborado pelas autoras (2022)

Na Figura 9, uma linha pontilhada demarca que ambos os objetos estão à mesma altura. Quando ambos são abandonados, em qual situação você sentirá mais dor? Provavelmente você respondeu que na primeira situação, onde temos a ponta da seringa, pois é intuitivo imaginarmos isso. No entanto, podemos comprovar a partir da equação 1 que sua percepção está correta. Se a massa é igual para ambos os casos, então a força peso também é igual, sendo a área a única variável diferente. A ponta da seringa é menor, o que faz com que

a pressão exercida sobre sua mão nesse experimento seja maior. Portanto, uma força muito grande não implica necessariamente em uma pressão grande.

Outra maneira de pensar na pressão é relembrar o momento em que você mergulhou, seja na praia ou na piscina. Assim que você colocar toda sua cabeça abaixo do nível da água, sentirá uma pressão sobre os seus tímpanos, e quanto mais fundo você mergulhar, maior será a pressão sobre você.

Então, a quantidade de água acima de você fará uma pressão maior em seu corpo. No entanto, se pegarmos a mesma quantidade de um líquido mais denso, também sentiremos uma pressão maior. Portanto, podemos concluir que:

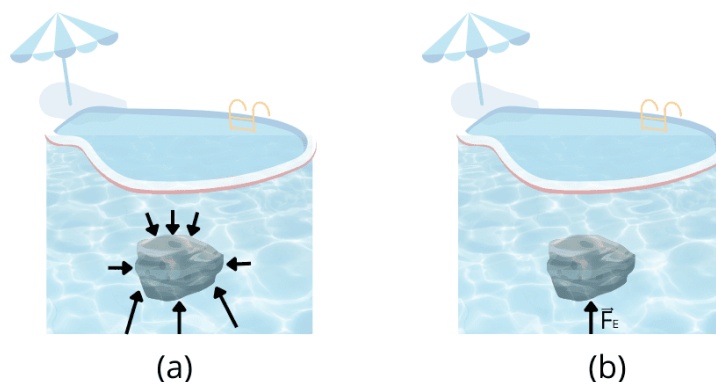
$$\text{Pressão} = \text{peso específico} \times \text{profundidade}. \quad \text{Eq. 02}$$

Nesse momento, deverá estar passando pela sua cabeça: “mas, por qual motivo meu corpo é jogado para cima à medida que eu tento mergulhar mais fundo se a pressão é por causa do peso da água acima de mim?” Por isso, precisamos começar a falar do empuxo. O empuxo é uma força que nos dá a sensação de perda de peso de objetos que estão submersos em um líquido.

Convido o leitor a fazer mais um resgate: quando tentamos carregar algo relativamente pesado dentro da água, conseguimos fazê-lo sem muito esforço. No entanto, à medida que tiramos esse objeto de dentro da água, começamos a colocar mais força para mantê-lo erguido. Isso ocorre devido à falta do empuxo, que só está presente dentro de um fluido (HEWITT, 2015).

Na Figura 10a temos a representação das forças, que é a consequência do aumento de pressão com a profundidade, presente devido à pressão que atua sobre toda a superfície da pedra. Todas as forças na horizontal acabam se cancelando, deixando-nos apenas com as forças na vertical. A pressão na parte superior da pedra é menor do que na parte mais inferior, então algumas delas se anulam, e continuamos com uma força que aponta de baixo para cima, à qual damos o nome de Empuxo, como mostrado na Figura 10b.

Figura 10. Representação vetorial em (a) da pressão que a pedra sofre quando está submerso em um fluido, em nosso caso, na água e em (b) temos a representação do vetor resultante.

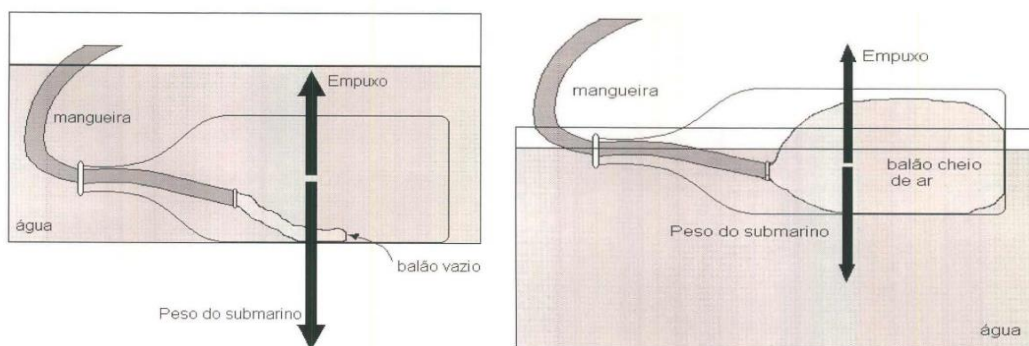


Fonte: elaborado pelas autoras (2022)

Portanto, o empuxo sempre atuará no corpo de baixo para cima. O conceito de empuxo é amplamente utilizado no cotidiano dos alunos, com inúmeras aplicações em que os corpos estão flutuando, como navios, decímetros em postos de combustíveis e balões sonda para observações meteorológicas (APPEL, 2002).

Appel (2002), em seu trabalho, dialoga com os alunos, trazendo suas concepções prévias sobre o experimento que ele realizou em sala de aula, com o intuito de solicitar aos alunos uma explicação do que estava ocorrendo naquele momento. O experimento é muito conhecido como submarino, no qual os alunos têm uma bexiga dentro de uma garrafa PET. Essa garrafa é colocada dentro da água, com a bexiga conectada por uma mangueira de aquário, para que os estudantes possam encher a bexiga. Nesse momento, a garrafa, que tinha afundado, começa a flutuar (Figura 11).

Figura 11. Submarino nas duas situações estudadas pelos alunos. A esquerda temos o submarino no fundo do aquário e a bexiga vazia e a direita o temos boiando com a bexiga cheia.



Fonte: Appel (2002)

Em seus dados, podemos observar a confusão que os alunos fazem com o conceito de densidade, como exemplificado por um aluno que afirmou: “É a densidade da água que

deixa o corpo mais leve”, quando na verdade, independentemente do fluido, a densidade desse corpo permaneceria a mesma. Por meio das provocações do professor, pode-se observar que as concepções dos alunos começam a ser alteradas pelos estudantes, como evidenciado por outra afirmação de um aluno: “Quando aumenta o volume, a densidade diminui”, mostrando a construção da relação inversamente proporcional entre densidade e volume (APPEL, 2002).

Também vemos uma confusão conceitual discutida em Marcom e Kleinke (2015) referente às perguntas disponíveis no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Muitas das questões sobre empuxo envolvem outros conceitos, como massa, volume, densidade, força peso e vetores. No entanto, devido ao ensino mecanicista, os alunos observam os valores na questão e tentam colocá-los na equação referente ao empuxo, sem entender o que são aquelas grandezas. Além de erros associados aos cálculos, os alunos também apresentam uma confusão em relação aos conceitos envolvidos, como é mostrado em Marcom e Kleinke (2014), também referentes a questões do ENEM: “Diminuir o peso dentro da água é uma concepção prévia e alternativa bastante comum” e “Relacionar o empuxo com a massa em vez do volume mergulhado reflete outra falha conceitual” (MARCOM; KLEINKE, 2014).

Os livros mais usados para a formação de professores de física são "Física Conceitual", "Fundamentos da Física" e o "Curso de Física Básica", em especial o segundo, que é considerado o mais utilizado nos cursos de licenciatura em física (DOS SANTOS SILVA; DE ARAUJO, 2019). Esses livros trazem a definição do conceito de empuxo e o Princípio de Arquimedes.

Quadro 6. Quadro referente a como os livros mais usados nas universidades que possuem o curso de licenciatura em física utilizam. Cada livro apresenta o Princípio de Arquimedes.

Livro	Princípio de Arquimedes
Física Conceitual	Um corpo imerso sofre a ação de uma força de empuxo dirigida para cima e igual ao peso do fluido que se desloca.
Fundamentos da Física	Quando um corpo está total ou parcialmente submerso em um fluido, uma força de empuxo F_e exercida pelo fluido, age sobre o corpo. A força é dirigida para cima e tem módulo igual ao peso mfg do fluido deslocado.
Curso de Física Básica	Um corpo total ou parcialmente imerso num fluido recebe do fluido um empuxo igual e contrário à força peso da porção de fluido deslocada, aplicado no centro de gravidade dessa porção.

Fonte: Walker e Resnick (2009), Hewitt (2015) e Nussenzveig (2018).

Um conceito em comum em todos os enunciados apresentados no ENEM, é o de

densidade, o qual os alunos apresentam certa dificuldade conceitual, exemplificado por um aluno que afirmou: “É a densidade da água que deixa o corpo mais leve”, quando na verdade, independentemente do fluido, a densidade desse corpo permaneceria a mesma. Por meio das provocações do professor, pode-se observar que as concepções dos alunos começam a ser alteradas pelos estudantes, como evidenciado por outra afirmação de um aluno: “Quando aumenta o volume, a densidade diminui”, mostrando a construção da relação inversamente proporcional entre densidade e volume (APPEL, 2002).

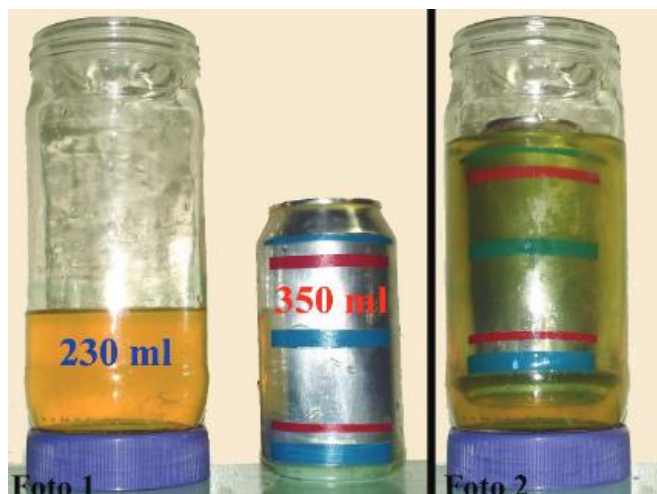
Também vemos uma confusão conceitual discutida em Marcom e Kleinke (2015) referente às perguntas disponíveis no Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Muitas das questões sobre empuxo envolvem outros conceitos, como massa, volume, densidade, força peso e vetores. No entanto, devido ao ensino mecanicista, os alunos observam os valores na questão e tentam colocá-los na equação referente ao empuxo, sem entender o que são aquelas grandezas. Além de erros associados aos cálculos, os alunos também apresentam uma confusão em relação aos conceitos envolvidos, como é mostrado em Marcom e Kleinke (2014), também referentes a questões do ENEM: “Diminuir o peso dentro da água é uma concepção prévia e alternativa bastante comum” e “Relacionar o empuxo com a massa em vez do volume mergulhado reflete outra falha conceitual” (MARCOM; KLEINKE, 2014).

Os livros mais usados para a formação de professores de física são "Física Conceitual", "Fundamentos da Física" e o "Curso de Física Básica", em especial o segundo, que é considerado o mais utilizado nos cursos de licenciatura em física (DOS SANTOS SILVA; DE ARAUJO, 2019). Esses livros trazem a definição do conceito de empuxo e o Princípio de Arquimedes.

Quadro 6 é o de “volume de água deslocada”. Em nossa Figura 10, se a nossa piscina estivesse com a água na iminência de transbordar, ao colocar a pedra dentro dela, uma parte da água sairia da piscina, e essa água que saiu é o que foi chamado de fluido deslocado.

No entanto, Silveira e Medeiros (2009) discutem em seu artigo sobre o Paradoxo Hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes, a limitação que esses conceitos apresentam. Em um experimento simples, os autores sinalizam essa limitação. O experimento consiste em colocar uma latinha de 350 ml dentro de um recipiente com apenas 230 ml de líquido, conforme mostrado na Figura 12.

Figura 12. Imagem do lado esquerdo, foto 1, que mostra o recipiente com a quantidade menor de fluido do que o volume do objeto precisaria para flutuar e na imagem do lado direita, intitulada pelos autores de foto 2 temos o empuxo atuando no corpo.



Fonte: elaborado por Silveira e Medeiros (2009)

Na discussão, conforme o Princípio de Arquimedes, a lata deveria deslocar 350 ml de líquido. Entretanto, como mostrado na Figura 12, foto 2, a lata está flutuando dentro do recipiente mesmo sem ter líquido suficiente, contrariando os livros. Assim, surge um paradoxo em relação à Lei de Arquimedes, pois "um corpo pode flutuar mesmo quando o volume de fluido é menor do que aquele que o corpo precisaria deslocar" (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009). Portanto, o princípio encontrado nos livros citados só é válido quando o nível do líquido se mantém constante.

No mesmo trabalho, Silveira e Medeiros (2009) demonstram matematicamente o argumento levantado no experimento citado acima, afirmando que para que um objeto flutue, é necessário um "desnível entre a base do corpo flutuante e a superfície de separação do líquido com a atmosfera ou ainda à densidade do material que constitui o corpo sólido e a densidade do líquido" (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).

Alguns livros, ao abordarem a temática, já questionam a história que narra a "descoberta" de Arquimedes como um mito ou uma narrativa que tem sido contada ao longo dos anos, sem que pesquisadores confirmem sua veracidade (AMABIS et. al, 2020). No entanto, ainda há um longo caminho a percorrer em relação à maneira como essas histórias são contadas, distanciando-se da realidade sobre como um cientista se comporta e trabalha.

O professor e pesquisador Roberto de Andrade Martins (2000) aborda em um de seus trabalhos os problemas históricos e científicos relacionados à história de Arquimedes e a Coroa do Rei. Antes de discutir os pontos apresentados, o autor cita uma parte do texto da

lenda contada por Marcus Vitruvius, um arquiteto romano do século I a.C.

Quanto a Arquimedes, ele certamente fez descobertas admiráveis em muitos domínios, mas aquela que vou expor testemunha, entre muitas outras, um engenho extremo. Hieron de Siracusa, tendo chegado ao poder real, decidiu colocar em um templo, por causa de seus sucessos, uma coroa de ouro que havia prometido aos deuses imortais. Ofereceu assim um prêmio pela execução do trabalho e forneceu ao vencedor a quantidade de ouro necessária, devidamente pesada. Este, depois do tempo previsto, submeteu seu trabalho, finalmente manufaturado, à aprovação do rei e, com uma balança, fez uma prova do peso da coroa. Quando Hieron soube, através de uma denúncia, que certa quantidade de ouro havia sido retirada e substituída pelo equivalente em prata, incorporada ao objeto votivo, furioso por haver sido enganado, mas não encontrando nenhum modo de evidenciar a fraude, pediu a Arquimedes que refletisse sobre isso. E o acaso fez com que ele fosse se banhar com essa preocupação em mente e ao descer à banheira, notou que, à medida que lá entrava, escorria para fora uma quantidade de água igual ao volume de seu corpo. Isso lhe revelou o modo de resolver o problema: sem demora, ele saltou cheio de alegria para fora da banheira e completamente nu, tomou o caminho de sua casa, manifestando em voz alta para todos que havia encontrado o que procurava. Pois em sua corrida ele não cessava de gritar, em grego: Eureka, Eureka! [Encontrei, encontrei!]. Assim encaminhado para sua descoberta, diz-se que ele fabricou dois blocos de mesmo peso, igual ao da coroa, sendo um de ouro e o outro de prata. Feito isso, encheu de água até a borda um grande vaso, no qual mergulhou o bloco de prata. Escoou-se uma quantidade de água igual ao volume imerso no vaso. Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um sextarius³, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente. Ele encontrou assim o peso de prata correspondente a uma quantidade determinada de água. Feita essa experiência, ele mergulhou, então, da mesma forma o corpo de ouro no vaso cheio, e depois de retirá-lo fez então sua medida seguindo um método semelhante: partindo da quantidade de água necessária, que não era igual e sim menor, encontrou em que proporção o corpo de ouro era menos volumoso do que o de prata, quando tinham pesos iguais. Em seguida, depois de ter enchido o vaso e mergulhado desta vez a coroa na mesma água, descobriu que havia escoado mais água para a coroa do que para o bloco de ouro de mesmo peso, e assim, partindo do fato de que fluía mais água no caso da coroa do que no do bloco, inferiu por seu raciocínio a mistura de prata ao ouro e tornou manifesto o furto do artesão. (VITRUVIUS, De l architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7).

Na história, Martins (2000) destaca dois elementos que podem ser considerados estranhos. Primeiramente, questiona-se por que o escravizado, responsável por encher as banheiras e também pela limpeza do ambiente, teria enchido a banheira até a borda, levando-a

a transbordar e, conseqüentemente, precisando enxugá-la. Em segundo lugar, destaca-se que Vitruvius não viveu na época em que a história narrada por ele ocorreu; na verdade, ele viveu dois séculos após esse evento. Dessa forma, fica a dúvida sobre em que tipo de fonte ele se baseou para narrar essa história.

Além disso, observando o método em si, nota-se que seria inviável, naquela época, que Arquimedes realizasse os cálculos com a quantidade de água que saiu do recipiente quando ele colocou a coroa.

Suponhamos que a coroa do rei tivesse um diâmetro da ordem de 20 cm. Então, seria preciso utilizar um recipiente com raio superior a 10 cm, cheio de água, e medir a mudança de nível ou a quantidade de líquido derramado quando a coroa fosse colocada lá dentro. Suponhamos que a massa da coroa fosse da ordem de 1 kg e que a sua densidade (por causa da falsificação) fosse de 15 g/cm^3 (um valor intermediário entre a densidade do ouro e a da prata). Seu volume seria então de 67 cm^3 . Colocando essa coroa no recipiente cheio de água, cuja abertura teria uma área superior a 300 cm^2 , o nível do líquido subiria uns 2 milímetros. É pouco plausível que fosse possível medir essa variação de nível ou medir a quantidade de líquido derramado com uma precisão suficiente para chegar a qualquer conclusão, por causa da tensão superficial da água⁴. Se o recipiente estivesse totalmente cheio, ao mergulhar a coroa dentro dele, poderia cair uma quantidade de líquido muito maior ou muito menor do que o volume da coroa (ou mesmo não cair nada). Portanto, é fisicamente pouco plausível que Arquimedes pudesse utilizar esse tipo de método.”(MARTINS, 2000; p. 118-119)

Um dos antigos autores que reconheceram essa lacuna foi Galileu Galilei, como mencionado em seu trabalho intitulado "La bilancetta". Ele criticou o método de Arquimedes, que envolvia medir a quantidade de água que transbordava do recipiente, considerando-o "muito grosseiro e longe da perfeição".

Acreditaria sim que, difundindo-se a notícia de que Arquimedes havia descoberto o furto por meio da água, algum autor contemporâneo terá deixado algum relato do fato; e que o mesmo, ao acrescentar qualquer coisa ao pouco que havia entendido pelos rumores espalhados, disse que Arquimedes havia utilizado a água do modo que passou a ser o universalmente aceito (GALILEO, 1986, p. 105).

Sendo assim, para resolver o problema utilizando o Princípio de Arquimedes, Galileu propôs a construção de uma balança especial. Bertelot afirmou ter encontrado textos e documentos da época que reforçam a ideia de que Arquimedes utilizou um sistema de pesagens no ar e na água, em vez do método de derramamento de água descrito por Vitruvius

(MARTINS, 2000).

Portanto, por meio da resolução de problemas, buscamos promover uma conscientização sobre os anacronismos em relação ao sistema de medição da época e às limitações apresentadas pelos livros em relação ao conceito de empuxo. Abordamos a parte conceitual da temática utilizando a metodologia da resolução de problemas, conforme discutido.

2.8.1 A abordagem do paradoxo hidrostático de Galileu nas literaturas

Existem diversos trabalhos que utilizam o paradoxo de Galileu para aplicar metodologias e estudar a mesma temática. Neste contexto, a nossa sequência de aulas baseada na resolução de problemas trabalha essa temática específica, explorando situações já vivenciadas.

O trabalho conduzido por Dos Santos Junior, Hidalgo e De Araújo Paula (2023) reitera o que foi mencionado anteriormente, evidenciando a falta de debate histórico-filosófico sobre o Princípio de Arquimedes. Os livros do PNLD 2018, detalhados por eles, apresentam uma visão simplista da história e filosofia da ciência, assim como das lacunas do princípio. Com exceção de dois livros que oferecem uma visão mais abrangente da história, nenhum deles aborda as lacunas do princípio.

O artigo propõe uma sequência de aulas para que os professores possam usar e trabalhar essa temática. No primeiro momento, é sugerido trabalhar a problematização da pseudo-história narrada do "Eureka" de Arquimedes, para o qual o artigo adota uma abordagem qualitativa e quantitativa. Em seguida, destaca-se o Paradoxo Hidrostático de Galileu, também conhecido como Balança Hidrostática, utilizando materiais de baixo custo para o desenvolvimento em sala de aula. Por fim, é apresentado de forma quantitativa, com base em Silveira e Medeiros (2009), o limite de validade para o Princípio de Arquimedes (DOS SANTOS JUNIOR; HIDALGO; DE ARAÚJO PAULA, 2023).

O estudo conclui que a argumentação de Arquimedes não possui natureza empírica, pois há uma clara influência euclidiana em seus trabalhos. Portanto, o que se ensina como Princípio de Arquimedes é um resultado histórico e não deve ser atrelado ao enunciado e a matematização ao estudioso. Além disso, é crucial abordar o limite de validade do princípio, conforme destacado pelo Paradoxo de Galileu. Se uma narrativa da pseudo-história estiver presente no livro-base do professor, ele pode usá-la para introduzir uma discussão sobre o tema (DOS SANTOS JUNIOR; HIDALGO; DE ARAÚJO PAULA, 2023).

Silva et al. (2020) conduziram um estudo sobre o Paradoxo de Galileu, envolvendo uma problematização com quatro professores de física de escolas públicas estaduais diferentes. Em sua metodologia, o primeiro passo foi uma revisão bibliográfica, na qual observaram que os livros frequentemente apresentam fatos que podem levar a erros de interpretação.

O experimento desenvolvido com os professores foi dividido em três etapas.

Figura 13. Recipientes usados no experimento.



Fonte: Silva et al. (2020)

Na Etapa 1, a lata de refrigerante é mergulhada na lata de tinta cheia de água, permitindo que o líquido extravasa para um recipiente coletor. Na Etapa 2, o líquido coletado é transferido para outro recipiente e a lata de refrigerante é inserida novamente. Na Etapa 3, o líquido do segundo recipiente é transferido para um terceiro recipiente, e a lata de refrigerante é inserida novamente.

O primeiro questionamento realizado no trabalho foi a diferença entre o conceito de Empuxo e o Princípio de Arquimedes. Todos os professores apresentaram dificuldade em distingui-los, apesar de terem algum conhecimento sobre o assunto. Com relação ao experimento, nenhum deles conseguiu invalidar ou apontar a limitação do princípio. O estudo também apresenta seis enunciados do Princípio de Arquimedes presentes em livros e nenhum deles fala sobre a lacuna existente (SILVA et al., 2020).

Dos Santos Silva e De Araújo (2019) promoveram uma aprendizagem ativa considerando o Paradoxo de Galileu, lacuna do princípio de Arquimedes, por meio de uma atividade investigativa aplicada em uma turma de um curso superior de biologia na rede federal de ensino.

A sequência foi dividida em três encontros:

i. Inicialmente, houve uma discussão sobre o equilíbrio de corpos imersos em líquidos, a proposição da pesquisa e a definição do arranjo experimental para o estudo do

paradoxo hidrostático.

ii. Em seguida, os quatro grupos avaliaram seus arranjos experimentais e suas pesquisas. Houve uma discussão conjunta sobre o empuxo.

iii. Finalmente, houve uma nova apresentação dos arranjos experimentais e das pesquisas, após a discussão realizada no encontro anterior e uma nova pesquisa livre.

No primeiro momento todos os grupos conseguiram desenvolver a discussão inicial sobre o equilíbrio. No entanto, dois dos grupos não conseguiram construir o arranjo experimental para o estudo do paradoxo hidrostático. No segundo momento, quando se pede para conceituar o que ocorre no experimento proposto por eles, todos os grupos se baseiam no princípio de Arquimedes para explicá-lo.

No experimento, o que ocorre vai além do conceito apresentado nos livros, o que deixa os alunos sem base literária para explicar o que acontece. Os autores explicam que os alunos ainda carecem muito do que está disponível na literatura, a ponto de ignorarem acontecimentos e adaptarem a realidade para que se encaixem em algo já descrito (Dos Santos Silva; De Araújo, 2019).

No terceiro momento, os grupos tiveram tempo extraclasse para discutir sobre o que ocorreu e receber feedback do professor sobre suas respostas no momento anterior. No entanto, apenas um grupo apresentou um comunicado que abordou o que ocorreu no experimento, conforme descrito por nós no capítulo anterior onde nos baseamos em Silveira e Medeiros (2009). O grupo utilizou exatamente as mesmas palavras apresentadas no trabalho dos autores e explicou ao professor que o artigo foi fundamental para a compreensão da atividade.

Sendo assim, o autor encerra suas análises com uma crítica à literatura disponível, argumentando que os materiais didáticos devem apresentar um rigor científico suficiente para minimizar possíveis imprecisões na linguagem (Dos Santos Silva; De Araújo, 2019). Portanto, em nosso trabalho com alunos do ensino médio, fornecemos as fontes possíveis para que possam solucionar os problemas apresentados. Além disso, durante a investigação, disponibilizamos um roteiro com questionamentos para auxiliar na retomada do que foi apresentado, evitando que os alunos ignorem as análises feitas.

Por fim, é importante destacar que o objetivo do exposto acima não é apontar os erros dos professores e alunos nas pesquisas realizadas por Silva et al. (2020) e Dos Santos

Silva e De Araújo (2019). Em vez disso, buscamos mostrar as abordagens utilizadas para apoiar uma metodologia desenvolvida por nós, a fim de ajudar nossos alunos do ensino médio a progredir em seu nível de desenvolvimento atual para seu potencial, especialmente em relação a essa lacuna. Para isso, ganhamos com problemas que auxiliam os alunos em suas Zonas de Desenvolvimento Proximal.

3 PERCURSO METODOLÓGICO

Esta pesquisa visou, por meio de uma sequência de aulas, analisar as contribuições da abordagem baseada na resolução de problemas para o desenvolvimento de uma compreensão mais ampla do Princípio de Arquimedes no ensino médio. Nesse contexto, foi conduzida uma pesquisa qualitativa, definida por Oliveira (2016) como aquela que busca interpretar os significados expressos pelos sujeitos e suas ações dentro de uma realidade social construída. Essa abordagem foi sustentada por Moreira (2011), que diferenciou o pesquisador qualitativo do quantitativo, destacando que o primeiro buscava compreender a sociedade na qual estava inserido, enquanto o segundo tendia a manter uma distância de seu objeto de estudo.

No entanto, conforme observado por Minayo (2002), mesmo que o pesquisador estivesse intimamente ligado ao objeto de estudo, era essencial reconhecer a complexidade do trabalho. Isso demandava o uso de técnicas adequadas de processamento de dados, a explicitação das bases teóricas adotadas e uma análise detalhada e contextualizada dos dados obtidos.

Além disso, a pesquisa qualitativa permitiu a investigação da fala e da escrita dos sujeitos envolvidos por meio da descrição, interpretação e análise dos dados, como apontado por Oliveira (2016). Essas informações puderam ser obtidas através de entrevistas, gravações, notas de campo, observações, questionários, relatórios e materiais produzidos pelos alunos pesquisados. O objetivo foi alcançar uma compreensão significativa do contexto investigado.

Tipificamos essa pesquisa como intervenção pedagógica, pois

[...] envolve o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações pedagógicas) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências. (DAMIANI et al., 2013, p. 57).

Nesse sentido, utilizamos como método de intervenção a Resolução de Problemas

por meio de uma sequência de aulas. O termo intervenção é utilizado em diversas áreas da medicina, administração e psicologia, por exemplo. No entanto, o mesmo gera um desconforto quando falado na área de ensino por estar associado ao autoritarismo, referindo-se, segundo Freitas (2010), ao período da ditadura militar. No entanto, essa pesquisa não fez o uso do termo em relação a essa associação, assim como as áreas citadas também não o fazem. Sendo assim, consideramos

[...] investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) –destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam –e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências. (DAMIANI et al., 2013, p. 58).

A proposta da RP nesta sequência foi desafiar os alunos a refletir sobre as limitações do conceito de empuxo, estabelecendo conexões entre o conceito apresentado nos livros e a lacuna no Princípio de Arquimedes.

3.1 Contexto e Participantes da Pesquisa

Este estudo foi realizado com estudantes da 3ª série do ensino médio em uma escola de referência do Recife. A escola foi escolhida devido a sua localização e disponibilidade para a realização da pesquisa. Como era o último ano do ciclo do ensino médio, acreditávamos que os alunos já haviam criado uma série de posicionamentos relacionados à ciência. Além disso, esses estudantes já tinham visto o conceito de empuxo na 1ª série, assim como o Princípio de Arquimedes. Somente assim poderíamos trabalhar a lacuna que o princípio apresenta.

Sendo assim, nossos **critérios de inclusão:**

- i) Alunos da 3ª série do Ensino Médio;
- ii) Turma com maior assiduidade nas aulas;
- iii) Estudantes que apresentaram interesse e disponibilidade para participação na pesquisa.

Critérios de exclusão:

- i) Alunos que no processo faltaram mais de 75% das atividades propostas;
- ii) Estudantes que os pais não autorizaram a participação;
- iii) Educandos que não respeitaram as regras de convivência e condutas adotadas em atividades experimentais.

Trabalhamos com cerca de 40 alunos, quantidade disposta em uma turma, onde eles estavam constantemente expostos aos critérios apresentados. Sua presença poderia ser preservada, mas seus dados seriam descartados caso o aluno participasse em menos de 75%

das atividades, pois isso não garantia a segurança dos dados fornecidos. Os alunos foram submetidos a uma sequência de aulas sobre Empuxo, de autoria própria, em conformidade com os princípios éticos que regem a pesquisa científica.

O primeiro momento do estudo consistiu na submissão desta pesquisa ao comitê de ética da Universidade Federal Rural de Pernambuco, apresentando os possíveis riscos, conforme solicitado pelo Art. 16. Esses riscos incluíam:

- A quebra de algum material disponibilizado (risco de grau médio);
- Sujeira na roupa durante a atividade prática (risco de grau baixo);
- Frustração com os resultados que os alunos poderiam obter (risco de grau baixo);
- Dificuldade em trabalhar em grupo e socializar (risco de grau baixo).

No entanto, prevendo esses possíveis riscos, a pesquisadora contou com um kit de primeiros socorros na sala e o auxílio do professor da turma. Os alunos foram informados sobre a atividade. Em relação aos dois últimos tópicos, a professora esteve sempre disponível para tirar dúvidas e auxiliar durante toda a sequência de aulas. Caso ocorresse algum dano não listado, os participantes teriam o direito de buscar assistência ou indenização.

Quanto às contribuições, os alunos tiveram a oportunidade, por meio da problematização, de tomarem consciência do Princípio de Arquimedes e de suas limitações, tornando-se seres mais críticos. Além disso, a sequência tinha o objetivo de ser dinâmica, onde o aluno seria o protagonista; promovemos o maior número possível de interações entre os pares e na relação professora-aluno.

Antes da sequência ser aplicada na escola, todos os envolvidos na pesquisa foram informados sobre os riscos e benefícios. Apresentamos os objetivos da pesquisa à direção e coordenação da escola para solicitar sua autorização por meio de uma carta de anuência. Com a carta de anuência em mãos, finalizamos o envio para o comitê de ética.

Após recebermos o parecer de aprovação emitido pelo comitê de ética, realizamos uma visita à escola para apresentar e explicar aos alunos como a pesquisa seria conduzida. Foi explicado aos participantes da pesquisa, os estudantes, o caráter voluntário da mesma e a possibilidade de desistência a qualquer momento, sem acarretar consequências para o pesquisado. Para os alunos interessados, disponibilizamos o Registro de Consentimento Livre Esclarecido, que deveria ser assinado por eles, e o Registro de Assentimento Livre e Esclarecido, que seria assinado pelos pais responsáveis. Essas etapas foram conduzidas conforme apontado no art. 15:

o Registro do Consentimento e do Assentimento é o meio pelo qual é explicitado o consentimento livre e esclarecido do participante ou de seu responsável legal, sob forma escrita, sonora, imagética, ou outras que atendam às características da pesquisa e dos participantes, devendo conter informações em linguagem clara e de fácil entendimento para o suficiente esclarecimento sobre a pesquisa. (GUERREIRO, 2016, p. 2620).

Garantimos o anonimato dos alunos, representando-os no estudo, pelos grupos formados, denominados de "Grupo" seguida por um número, por exemplo, Grupo 1, Grupo 2, Grupo 3... (BRASIL, 2016). Os dados processados estão arquivados no computador da pesquisadora, Hemily Eduarda Santos, residente em Recife-PE, por no mínimo 5 anos. A aplicação da sequência foi conduzida pela pesquisadora, que atuava como professora na escola durante o período previsto no cronograma.

3.2 Instrumentos de Pesquisa

O processamento e análise dos dados da pesquisa foram realizados com base nas respostas, produções e interações discursivas dos estudantes durante as atividades da sequência de aulas com base na Resolução de Problemas. Para isso, utilizamos múltiplos instrumentos, incluindo as produções escritas dos alunos, como resolução de problemas e materiais associados, anotações em cadernos de bordo e gravações de áudio.

Quadro 7. Quadro referente aos objetivos específicos, ações e instrumentos de pesquisa.

Objetivos específicos	Ações metodológicas	Instrumentos e materiais de registro
Identificar as direções de estudos sobre Resolução de problema ancorados na teoria de Vygotsky desenvolvidos na área do ensino de Física com alunos do ensino médio.	Realização de um levantamento bibliográfico de artigos em periódicos científicos na área de Educação e Ensino de Ciências.	Artigos do ensino de Física que estejam disponíveis na internet para acesso, publicados em periódicos de Qualis A1 e A2 indexados na Scopus ou Scielo.
Analisar o processo da resolução de problemas com base na experimentação acerca da lacuna apresentada no Princípio de Arquimedes.	Elaboração dos problemas relacionados à temática da lacuna do Princípio de Arquimedes, atividade relacionada ao Anacronismo, roteiro do experimento bem como do Júri Simulado.	Diário de Bordo, respostas iniciais aos problemas P1 e P2 pelos estudantes, que foram registradas por escrito. Respostas para a atividade do anacronismo e como ela foi importante para guiar os alunos na análises dos dados que eles tinham em mãos. Dados processados na atividade de experimentação e resultados e discussões dos grupos sobre a lacuna do Princípio de Arquimedes.
	Analisar as concepções espontâneas dos estudantes a partir das respostas iniciais dos problemas P1 e P2 na primeira aula.	

Analisar as possibilidades da RP para a apropriação da lacuna no Princípio de Arquimedes pelos estudantes.	Analisar as produções, respostas e discussões dos estudantes no processo de resolução de problemas, a partir de categorias com base no referencial teórico. Analisar as afirmações feitas pelos grupos no decorrer do Júri Simulado com o objetivo de retomar os P1 e P2.	Diário de Bordo, respostas apresentadas aos problemas por meio das discussões ocorridas no júri, que foram vídeo gravadas.
---	---	---

Fonte: elaborado pelas autoras (2022)

Esta pesquisa consistiu em quatro ações metodológicas, conforme descrito no Quadro 7. A primeira foi a fase exploratória, na qual realizamos uma pesquisa exploratória dos trabalhos que se basearam em Vygotsky e utilizaram a metodologia da Resolução de Problemas. Essa busca foi conduzida entre janeiro de 2016 e março de 2022 nos periódicos de Qualis A1 e A2 na área de Ensino.

Na segunda etapa, desenvolvemos uma sequência de aulas totalizando 7 horas-aula (h/a). Nessa sequência, buscamos promover a conscientização dos alunos em relação ao conceito de empuxo e suas limitações. Para isso, começamos com a elaboração de dois problemas. O primeiro (P1) abordou a parte conceitual do empuxo, enquanto o segundo (P2) explorou a parte qualitativa, se configurando como um problema controverso para os alunos que já compreendiam o conceito. Este último gerou dúvidas nos alunos quanto aos enunciados destacados por eles sobre a Lei de Arquimedes. Por fim, conduzimos um Júri Simulado, com o objetivo de revisitar o problema de uma maneira diferente e observar se os alunos alcançaram seu potencial de desenvolvimento.

Quadro 8. Potenciais problemas reais e seus espelhos de resposta.

P1. Quando estamos em uma piscina ou na praia sentimos a presença de uma força. Essa força foi estudada por Arquimedes que construiu vários estudos sobre a mesma, inclusive temos uma história que é descrita até hoje nos livros de física. Conte a história da maneira que vocês entenderam e qual o conceito envolvido nela. Analisando as histórias que são narradas e os materiais que estavam disponíveis naquela época aponte a (as) discrepância(s) que você encontrou na execução do experimento que Arquimedes realizou. Justifique sua resposta.

Resposta: Na história encontrada em livros e sites na internet, um senhor foi desafiado a descobrir se a coroa do rei era feita inteiramente de ouro ou se possuía uma mistura de ouro e prata. Para isso, ele foi a um local tomar banho e percebeu que seu corpo fazia a água se deslocar, o que o levou a ter a ideia de realizar o mesmo procedimento com uma quantidade de ouro e outra quantidade de ouro e prata (AMABIS; MARTHO; et. al, 2020).

Entretanto, é improvável que Arquimedes tenha conseguido medir a quantidade de água derramada quando ele mergulhou a coroa, pois seria uma quantidade muito pequena e as ferramentas de medida da época não eram tão precisas quanto as atuais. Não temos certeza de como Arquimedes provou ao rei sobre a composição da coroa, mas é improvável que tenha sido da forma descrita nos livros. Além disso, é questionável como

Vitruvius, que viveu cerca de 100 anos após a morte de Arquimedes, poderia narrar a história com tanta precisão (AMABIS; MARTHO; et. al, 2020; MARTINS, 2000).

Por fim, há dúvidas sobre por que um escravo encheria a piscina até a borda, sabendo que teria que limpar toda a água que escorresse para o chão da casa de banho. Esses dois pontos são motivo de discussão e levantam questionamentos sobre a veracidade da história (AMABIS; MARTHO; et. al, 2020; MARTINS, 2000).

P2. Maisa em sua caça pela história de Arquimedes decidiu que era muito importante procurar em livros diferentes o enunciado do Princípio de Arquimedes, depois de ler os enunciados ela ficou em dúvida do que cada um deles tem em comum, mas pensou em refazer o experimento que foi descrito nas histórias que leu. Ajude Maisa a descrever a semelhança entre os enunciados e a desenvolver o experimento proposto nas histórias. Qual o valor do empuxo que atua sobre esse corpo? Relacione o que você observou com o enunciado da Lei de Arquimedes apresentado em seu livro de física.

Resposta:

No Quadro 6, encontramos os enunciados dos livros que se referem ao Princípio de Arquimedes. Tanto em livros paradidáticos quanto em sites populares na internet, os enunciados são semelhantes:

“Todo corpo totalmente imerso ou parcialmente imerso em um líquido qualquer fica sujeito a uma força vertical de baixo para cima, igual ao peso da porção de líquido deslocado pelo corpo.” – Infoescola (site)

“Qualquer objeto, total ou parcialmente imerso em um fluido ou líquido, é impulsionado por uma força igual ao peso do fluido deslocado pelo objeto.” – Brasil Escola (site)

“Todo objeto mergulhado em um líquido recebe um empuxo vertical, para cima, igual ao peso do líquido deslocado pelo objeto” - LUZ, ÁLVARES E GUIMARÃES, 2016.

Observa-se que todos os enunciados destacam o peso do líquido deslocado. No entanto, ao realizar o experimento proposto, o recipiente tinha quase o mesmo formato do objeto, ambos cilíndricos, e foi solicitado que colocássemos apenas 50ml e 150ml em outro momento. Além disso, pudemos escolher mais dois valores de volumes para análise, e nosso objeto era uma lata de refrigerante com 220ml (SILVEIRA E MEDERROS, 2009).

Se para haver empuxo é necessário deslocar o líquido equivalente ao volume do objeto, então quando colocamos a lata de refrigerante dentro do recipiente com 50ml ou 150ml, ela não deveria flutuar. No entanto, ela flutua com 150ml, o que nos leva a concluir que há um erro, limitação ou lacuna nos enunciados do Princípio de Arquimedes que pesquisamos. Ele deveria explicar que um corpo pode flutuar mesmo quando o volume de fluido deslocado é menor do que aquele que o corpo precisa deslocar.

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Na terceira ação metodológica, aplicamos a sequência de aulas, seguindo os passos descritos na metodologia da resolução de problemas, onde o pesquisador desempenhou o papel de mediador. Utilizamos a resolução de problemas para promover a conscientização sobre o Princípio de Arquimedes. Apresentamos aos alunos dois problemas e solicitamos que elaborassem perguntas e hipóteses que os ajudassem a chegar a uma solução.

Na quarta e última etapa, analisamos todos os materiais utilizados no processamento dos dados: o diário de bordo desenvolvido pela professora-pesquisadora, as estratégias dos alunos elaboradas no primeiro momento para observar os conhecimentos espontâneos de cada aluno, e em seguida, as soluções que eles apresentaram para os dois problemas. Para verificar se os alunos alcançaram o Nível de Desenvolvimento Potencial, analisamos a transcrição da vídeo-gravação do Júri simulado.

3.3 Etapas de elaboração da sequência de aulas

Para melhor compreensão das etapas de estruturação dessa sequência de aula

descrevemos todo o caminho que percorremos na elaboração.

Como o foco do conteúdo selecionado foi o Princípio de Arquimedes, não apenas abordamos o conceito presente nos livros didáticos, mas também exploramos sua lacuna, conforme discutido por Silveira e Medeiros (2009). Para a elaboração dos problemas, fundamentamos nossa abordagem nos pressupostos teóricos de Vigotsky, Luria e Leontiev (2001), Vigotsky e Luria (1996), Pozo e Crespo (1998), Gehlen e Delizoicov (2012), Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020).

Na estruturação das aulas que compõem essa sequência, consideramos a dimensão histórico-social para o desenvolvimento do primeiro problema, onde buscamos trabalhar a ideia de anacronismo. Esta abordagem foi realizada por meio da análise de uma imagem centrada em Arquimedes, na qual estão presentes elementos que não existiam em sua época. A sequência de aulas foi planejada para oito horas, divididas em quatro momentos, cada um compreendendo duas horas de aula.

3.4 Etapas de Aplicação da Sequência de aulas

3.4.1 Primeira Aula

Iniciamos a atividade com a leitura e apresentação dos problemas P1 e P2 juntamente com os estudantes. Organizamos os alunos em grupos de quatro componentes e solicitamos que construíssem perguntas sobre os problemas, com o objetivo de entender quais estratégias de resolução eles planejavam utilizar e quais eram as dúvidas em relação ao conteúdo abordado nos problemas. Com as perguntas desenvolvidas pelos alunos, fizemos uma lista dos materiais necessários para as próximas aulas. Para esta primeira atividade, reservamos um tempo de 60 minutos.

Figura 14. Imagem do material físico disponibilizado para os alunos escreverem seus questionamentos. O enunciado é o problema que já foi exposto no quadro 17.

[illegible]

Fonte: Elaborado pela autora (2023).

No segundo momento da aula, apresentamos o conceito de anacronismo. Utilizamos um material impresso, o jogo dos 7 erros, para ilustrar esse conceito. Os alunos, ainda organizados em grupos, identificaram objetos inseridos em um cenário de uma época em que eles ainda não existiam. Por exemplo, identificaram um relógio no meio de uma imagem que retratava Arquimedes se banhando (Figura 15).

Figura 15. Imagem do contexto de como Arquimedes desenvolveu suas ideias para a elaboração do seu princípio com elementos anacrônicos adicionados.



Fonte: Science Photo Library in VENTURA (2021) adaptada pelas autoras.

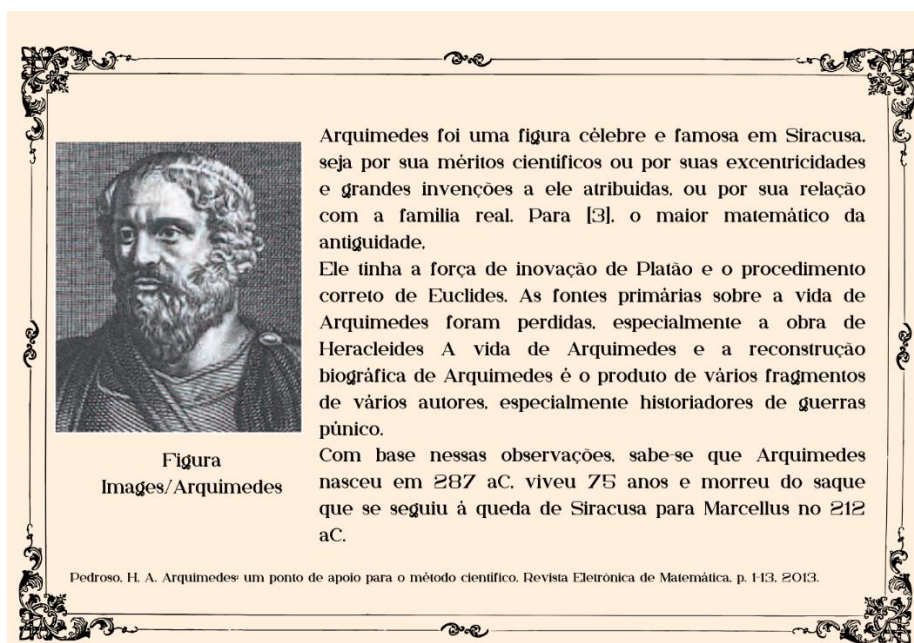
Esse conceito foi importante, pois na história de Arquimedes há elementos que ainda

não existiam, como um instrumento de medida para determinar com precisão a quantidade de água que escoou do recipiente. Esse foi um dos elementos que os alunos mencionaram ao apresentarem a resolução do primeiro problema.

3.4.2 Segunda Aula

Na segunda aula, revisitamos apenas o primeiro problema com o propósito de fornecer aos alunos os materiais necessários para responderem às perguntas que elaboraram na primeira aula. Além disso, disponibilizamos outros materiais que seriam necessários para uma solução mais abrangente, os quais estavam à disposição de toda a sala. No entanto, entregamos especificamente os materiais relacionados aos questionamentos individuais de cada grupo.

Figura 16. Modelo do material físico disponibilizado para os alunos no intuito de auxiliá-los na busca por possíveis soluções.



Fonte: Elaborado pela autora (2023)

Com os materiais em mãos, solicitamos que os alunos testassem suas hipóteses e propusessem possíveis soluções. Nessa aula, a pesquisadora professora assumiu o papel de mediadora, auxiliando os grupos que estavam buscando a melhor solução. A Figura 16 apresenta o modelo do material construído para auxiliar os grupos a responder seus questionamentos e elaborar suas possíveis soluções. Além disso, nesse momento, os alunos puderam fazer uso de seus smartphones para pesquisar na internet. No apêndice H, encontram-se todos os materiais que foram disponibilizados.

3.4.3 Terceira Aula

Na terceira aula, os alunos foram introduzidos ao segundo problema, que foi elaborado com o intuito de despertar neles a necessidade de realizar uma pequena pesquisa (POZO, 1998). Foram disponibilizados materiais, recipientes graduados, um roteiro para a pesquisa, água e uma lata de 220 ml, permitindo que os alunos observassem a limitação do princípio de Arquimedes com o auxílio de um roteiro experimental (ver apêndice J).

O objetivo desta aula foi fazer com que os alunos se depararem com a contradição encontrada e narrada como verdadeira na solução do primeiro problema, conforme descrito e apresentado nos livros sobre a Lei de Arquimedes.

3.4.4 Quarta Aula

Em nossa última aula, realizamos um Júri Simulado com o tema "Existe uma lacuna no Princípio de Arquimedes?", que servirá para revisar os problemas e observar quais conceitos os alunos conseguiram assimilar. Faremos essa análise por meio do desenvolvimento de cada estudante.

Uma semana antes do julgamento, foram definidos tanto a promotoria quanto os advogados. Com tudo organizado, na semana seguinte, o Júri Simulado ocorreu na sala de aula, permitindo que os alunos se vistam adequadamente. O julgamento começou com a fala dos juízes, conforme mostrado no roteiro (Apêndice J). Em seguida, a promotoria narrou os fatos e apresentou suas acusações.

Houve um intervalo de 5 (cinco) minutos para os advogados de defesa prepararem seus argumentos e contestaram as acusações da promotoria. Esse momento se repetiu mais uma vez, oferecendo ao júri mais tempo e informações para entender e julgar o caso de forma coerente.

Por fim, o tribunal entrou em recesso por 10 (dez) minutos, podendo ser estendido por mais 10 (dez) minutos, durante os quais o júri e os juízes devem chegar a um consenso sobre o veredito. Com o veredito em mãos, os juízes convocaram todos para o auditório e anunciaram a decisão, encerrando o Júri Simulado.

Esta atividade foi gravada para transcrição e análise.

Quadro 9. Apresentamos uma síntese do planejamento das atividades que serão realizadas em cada um dos momentos da sequência de aulas.

Planejamento da Primeira Aula		
Objetivo Geral: Identificar conhecimentos espontâneos dos estudantes sobre o conceito de empuxo para analisar as formas de mediação que será necessária para que os alunos proponham as possíveis soluções no decorrer da sequência. Objetivos específicos: - Apresentar as respostas iniciais para o P1 e P2 com os conhecimentos espontâneos dos estudantes. - Compreender as dificuldades apresentadas pelos alunos P1 e P2 com base em suas concepções espontâneas; - Separar o material de pesquisa a partir dos questionamentos e necessidades dos alunos.		
Atividade	Ação em sala da professora e alunos	Duração
Apresentação e resolução dos Problemas P1 e P2.	Após os alunos terem o primeiro contato com os problemas foi solicitado que eles elaborassem perguntas e/ou hipóteses. No segundo momento dessa aula foi levantada e discutida com os alunos a ideia de anacronismos ao fim os alunos entraram em contato com um jogo de “Jogo dos 7 erros”.	100min
Que recursos didáticos vou utilizar?	Materiais impressos. O primeiro com os problemas (apêndices E e F) e o segundo com uma imagem com ferramentas atuais em um contexto que elas ainda não existiam (apêndice G).	
Que espaço físico utilizar?	Sala de aula.	
Como organizar os alunos nas atividades?	Alunos em grupos de 4 componentes.	
Avaliação	Perguntas elaboradas pelos estudantes acerca dos problemas.	
Planejamento da Segunda Aula		
Objetivo geral: apropriação da Lei de Arquimedes e de sua história. Objetivos específicos: - Promover um momento de pesquisa para os alunos para embasar as hipóteses; - Identificação de possíveis anacronismos; - Desenvolvimento de possíveis soluções.		
Atividade	Ação em sala	Duração
Pesquisa nas fontes presentes.	Os alunos receberam os materiais e fontes para as buscas. Esses materiais estavam em formato de textos impressos (Apêndice H). Usamos o formato que melhor se adequa para suprir a demanda apresentada por eles. Nessa aula a pesquisadora	50min

	professora estava no papel de mediador auxiliando os grupos que estavam realizando a leitura e discussão dos textos.	
Que recursos didáticos vou utilizar?	Material impresso com o texto que narra a história de Arquimedes.	
Que espaço físico utilizar?	Sala de aula	
Como organizar os alunos nas atividades?	Estudantes nos mesmos grupos de 4 alunos.	
Avaliação	Solução para o problema 1 de forma escrita.	
Planejamento da Terceira Aula		
Objetivo Geral: Refletir e discutir o Princípio de Arquimedes. Objetivo específico: - Promover interação aluno-aluno e aluno-objeto; - Constatação da limitação do Princípio de Arquimedes.		
Atividade	Ação em sala	Duração
Atividade investigativa.	Retornar ao problema P2. Testagem de hipóteses sobre P2 elaboradas anteriormente. Realizar o experimento, observar e descrever as evidências encontradas. Refletir com os grupos a necessidade de modificar ou não a solução.	100min
Que recursos didáticos vou utilizar?	Material impresso com o roteiro para a pequena pesquisa, recipientes graduados, água e uma latinha de 220 ml (Apêndice I).	
Que espaço físico utilizar?	Sala de aula	
Como organizar os alunos nas atividades?	Estudantes nos mesmos grupos de 4 alunos.	
Avaliação	Solução para o problema 2 de forma escrita.	
Planejamento da Quarta Aula		
Objetivo Geral: Retomada dos problemas. Objetivo específico: - Observar os fatos separados pelos alunos sobre que fazem referência aos problemas trabalhados; - Entender quais foram os pontos mais relevantes para os alunos;		

Atividade	Ação em sala	Duração
Júri Simulado sobre o Conceito de Empuxo.	Os alunos serão separados em júri, réus, advogados, promotores e juízes (Apêndice J). Teremos à disposição data show e som para apresentar as provas separadas pelos alunos para esse momento. Todo o Júri simulado será conduzido pelos alunos com um roteiro disponibilizado pela professora-pesquisadora.	100min
Que recursos didáticos vou utilizar?	Televisão e smartphones.	
Que espaço físico utilizar?	Auditório	
Como organizar os alunos nas atividades?	Estudantes separados em júri, réus, advogados, promotores e juízes.	
Avaliação	Desenvolvimento dos argumentos durante o Júri simulado. Momento que será vídeo-gravado.	

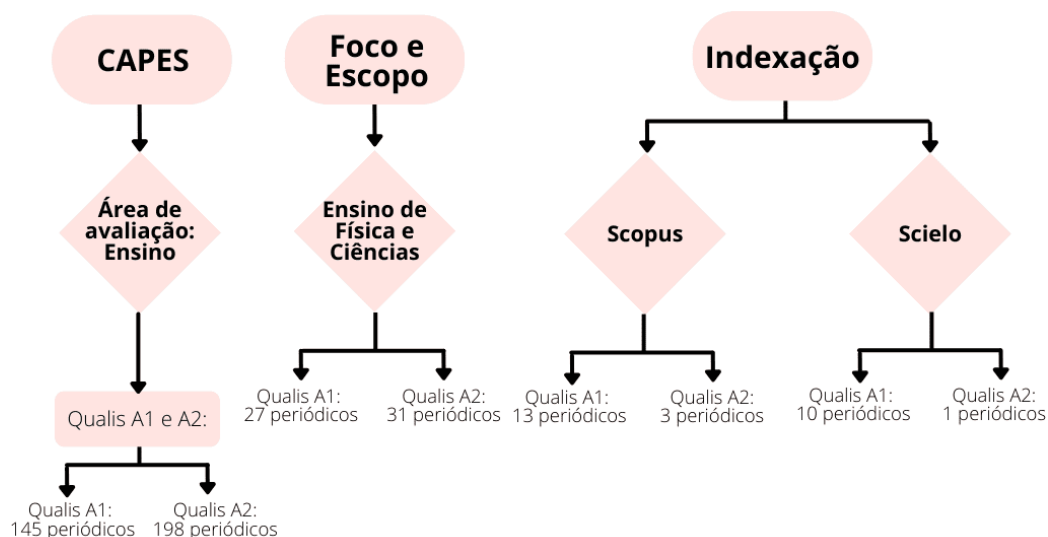
Fonte: elaborado pelas autoras (2022)

3.5 Procedimentos de análise de dados

3.5.1 A Abordagem da Resolução de Problemas no ensino de física ancorados em aspectos da teoria Vygotsky

O primeiro objetivo específico deste trabalho foi identificar as direções de estudos sobre Resolução de problema ancorados na teoria de Vygotsky desenvolvidos na área do ensino de Física com alunos do ensino médio. Para isso, adotamos uma abordagem qualitativa na análise dos dados, buscando descrever e interpretar os significados manifestados pelos sujeitos e suas ações em uma realidade social (OLIVEIRA, 2016). A pesquisa foi de natureza bibliográfica, visando proporcionar um amplo alcance de informações (LIMA; MIOTO, 2007). Realizamos uma busca em periódicos nacionais e internacionais classificados pelo qualis Capes. A Figura 17 apresenta as etapas envolvidas na delimitação dos periódicos analisados.

Figura 17. Etapas realizadas para escolha dos periódicos.



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Por meio da plataforma Capes, considerando a avaliação do quadriênio 2013-2016 na área de Ensino, identificamos 145 periódicos classificados como estrato qualis A1 e 198 como A2. Dentre esses periódicos, selecionamos aqueles cujo foco e escopo de publicação contemplam as áreas de ensino de física e ciências, conforme apresentado no Quadro 10.

Quadro 10. Revistas que foram selecionadas por meio do qualis e o seu foco e escopo.

	ISSN	Título	Qualis
1	0002-9505	American Journal of Physics	A1
2	1980-850X	Ciência & Educação	A1
3	1678-4626	Educação & Sociedade	A1
4	1678-4634	Educação e Pesquisa	A1
5	2175-6236	Educação e Realidade	A1
6	1982-6621	Educação em Revista (UFMG - ONLINE)	A1
7	1518-7926	Educação em Revista (UNESP. MARÍLIA)	A1
8	1984-0411	Educar em Revista	A1
9	1983-2117	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (ONLINE)	A1
10	0212-4521	Enseñanza de las Ciencias	A1
11	0143-0807	European Journal of Physics (PRINT)	A1
12	0378-1844	Interiencia (CARACAS)	A1
13	1571-0068	International Journal of Science and Mathematical Education	A1
14	0950-0693	International Journal of Science Education	A1
15	1059-0145	Journal of Science Education and Technology	A1
16	1554-9178	Physical Review Special Topics. Physics Education Research	A1
17	0031-9120	Physics Education (BRISTOL. PRINT)	A1
18	0157-244X	Research in Science Education	A1

19	1809-449X	Revista Brasileira de Educação	A1
20	1806-9126	Revista Brasileira de Ensino de Física (ONLINE)	A1
21	1130-2496	Revista Complutense de Educación	A1
22	0124-5481	Revista de Educación de las Ciencias	A1
23	1607-4041	Revista Electrónica de Investigación Educativa	A1
24	1697-011X	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	A1
25	1573-1901	Science & Education	A1
26	0742-051X	Teaching and Teacher Education	A1
27	0031-921X	The Physics Teacher	A1
29	2178-5201	Acta Scientiarum. Education (Online)	A2
30	1982-5153	Alexandria (Ufsc)	A2
31	2317-5125	Amazônia - Revista de Educação em Ciências e Matemáticas (Online)	A2
32	1678-2690	Anais da Academia Brasileira de Ciências (Online)	A2
33	1984-7505	Areté (Manaus)	A2
34	1809-0354	Atos de Pesquisa em Educação (Furb)	A2
35	1677-2334	Caderno Brasileiro de Ensino de Física	A2
36	2179-1309	Contexto & Educação	A2
37	2151-4771	Creative Education	A2
38	1982-4866	Dynamis (Furb. Online)	A2
39	1132-9157	Enseñanza de las Ciencias de la Tierra	A2
40	1983-1730	Ensino em Re-Vista	A2
41	2177-7691	Interfaces da Educação	A2
42	0213-7771	Investigación en la Escuela	A2
43	1518-8795	Investigações em Ensino de Ciências (Online)	A2
44	2358-2332	Rbpg - Revista Brasileira da Pós-Graduação	A2
45	1806-8405	Rbpg. Revista Brasileira de Pós-Graduação	A2
46	1579-1513	Reec. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias	A2
47	1982-873X	Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia	A2
48	1806-5104	Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências	A2
49	2238-2380	Revista de Educação, Ciências e Matemática	A2
50	0104-5962	Revista de Educação Pública (Ufmt)	A2
51	1981-416X	Revista Diálogo Educacional	A2
52	1981-1802	Revista Educação em Questão (Online)	A2
53	2238-2097	Revista Educação Pública da Ufmt	A2
54	1850-6666	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (En Línea)	A2
55	1982-7199	Revista Eletrônica de Educação (São Carlos)	A2
56	1681-5653	Revista Iberoamericana de Educación (Online)	A2
57	1695-288X	Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa	A2
58	2183-1432	Sensos-E Revista Multimídia de Investigação em Educação	A2
59	1679-2297	Terrae (Online)	A2
60	1516-9537	Trabalho & Educação (Ufmg)	A2

Fonte: Dados de pesquisa (2022).

Por fim, a elegibilidade dos periódicos selecionados para análise foi determinada por meio de suas indexações nas bases Scopus e Scielo, além do critério de acesso livre. No Quadro 11, apresentamos as revistas classificadas como qualis A1, listadas nas revistas indexadas tanto na Scopus quanto na Scielo. Enquanto no Quadro 12 as revistas que estão indexadas nas bases tanto Scopus quanto Scielo de qualis A2.

Quadro 11. Revistas classificadas com o qualis A1.

	Título	SCOPUS	SCIELO
1	Ciência & Educação	Não	Sim
2	Educação & Sociedade	Não	Sim
3	Educação e Pesquisa	Não	Sim
4	Educação e Realidade	Sim	Sim
5	Educação em Revista (UFMG - ONLINE)	Não	Sim
6	Educar em Revista	Não	Sim
7	Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências (ONLINE)	Não	Sim
8	Enseñanza de las Ciencias	Sim	Não
9	International Journal of Science and Mathematical Education	Sim	Não
10	International Journal of Science Education	Sim	Não
11	Journal of Science Education and Technology	Sim	Não
12	Research in Science Education	Sim	Não
13	Revista Brasileira de Educação	Sim	Sim
14	Revista Brasileira de Ensino de Física (ONLINE)	Não	Sim
15	Revista Complutense de Educación	Sim	Não
16	Revista de Educación de las Ciencias	Sim	Não
17	Revista Electrónica de Investigación Educativa	Sim	Sim
18	Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias	Sim	Não
19	Science & Education	Sim	Não
20	Teaching and Teacher Education	Sim	Não

Fonte: Dados de pesquisa (2022).

Quadro 12. Revistas classificadas com o qualis A2.

	Título	Scopus	Scielo
1	Acta Scientiarum. Education (Online)	Sim	Não
2	Anais da Academia Brasileira de Ciências (Online)	Sim	Não
3	Investigações em Ensino de Ciências (Online)	Sim	Não
4	Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias (En Línea)	Não	Sim

Fonte: Dados de pesquisa (2022).

Dentro das bases já mencionadas, buscamos artigos relacionados com a Resolução de

Problemas no ensino médio e que citam Vygotsky. Para isso, utilizamos os descritores: Resolução de Problemas, situação-problema, problema, Aprendizagem baseada em problema e ABP. Esses termos foram empregados em português, inglês e espanhol. Obtivemos um retorno de 1352 artigos e, dentro de cada um deles, realizamos uma busca pelo termo "problema" para verificar se eles se referiam à metodologia da RP. Com isso, reduzimos para 168 artigos. Em seguida, realizamos uma busca simples das possíveis referências a Vygotsky e identificamos 28 artigos. Após uma leitura completa, selecionamos os artigos apresentados no Quadro 13.

Quadro 13. Trabalhos publicados nas revistas selecionadas (2016 e março de 2022) que tratam da metodologia RP ancorados em Vygotsky com alunos de Ensino Médio na área de Ensino de Física.

nº	Periódicos	Títulos dos artigos
01	Investigações em Ensino de Ciências (IEC)	O Engajamento dos estudantes em aula de Física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise
02	Journal of Science Education and Technology (JSET)	Kinecting Physics: Conceptualization of Motion Through Visualization and Embodiment
03	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do cotidiano: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio
04	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones
05	Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)	Um jogo de tabuleiro utilizando tópicos contextualizados em Física
06	Science & Education (SE)	Teaching about energy application of the conceptual profile theory to overcome the encapsulation of school science knowledge

Fonte: Dados de pesquisa (2022).

Oliveira (2016) recomenda o processo de categorização de dados para os dados provenientes de artigos de periódicos, definindo os pontos mais importantes e mais ressaltados nas pesquisas analisadas. Para isso, utilizaremos a análise de conteúdo de Bardin como método para construção das categorias e análise de dados (BARDIN, 2011).

Esse método é composto por três fases: a pré-análise, a exploração do material e o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação, que foram utilizadas para a análise dos dados desta etapa do estudo.

Na pré-análise, selecionamos e sistematizamos as ideias iniciais para conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas. Realizamos uma leitura flutuante de todos os documentos usados para o processamento de dados e, em seguida, escolhemos os materiais que foram usados para definir nossas hipóteses e objetivos.

Para separar os artigos deste estudo, seguimos as quatro regras dispostas em Bardin (2011): (i) Regra da exaustividade: tivemos acesso a todas as formas de informação necessárias para a pesquisa; (ii) Regra da representatividade: a amostra utilizada na pesquisa precisa ser plural; (iii) Regra da homogeneidade: utilizamos apenas artigos, pois um documento precisa ser comparado com os mesmos documentos; (iv) Regra de pertinência: escolhemos documentos que façam sentido para a pesquisa.

Em seguida, definimos os nossos indicadores por meio das unidades de registros, começando a fase de exploração do material. Nessa fase, aplicamos os algoritmos previamente estabelecidos para a codificação, decomposição ou enumeração dos dados obtidos, utilizando apenas as categorias "emergentes" que surgiram nesse processo de exploração. Essas categorias sempre são compostas por elementos únicos, assegurando a exclusão mútua, possuindo coerência interna e se adequando aos elementos que compõem os artigos. (BARDIN, 2011).

No tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação, realizamos procedimentos para tornar os resultados significativos e válidos. Nessa etapa, resgatamos o referencial teórico para embasar melhor as unidades de contexto levantadas nos artigos analisados. Utilizamos o programa Microsoft Excel para a organização dos dados. O Quadro 14 apresenta as categorias e subcategorias que emergiram das pesquisas analisadas.

Quadro 14. Categorias e subcategorias analíticas que emergiram dos artigos analisados.

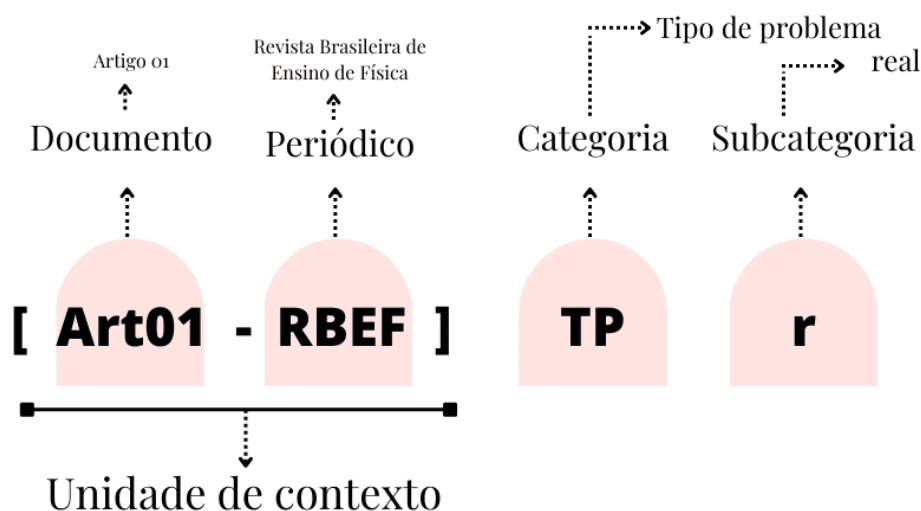
Categorias	Subcategorias
Tipo do Problema (TP)	Problema Real (pr)
	Problema Investigativo (pi)
	Situação Problema (sp)
	Pequena Pesquisa (pp)
Teoria Histórico-cultural (TH)	Zona de Desenvolvimento Proximal (zdp)
	Ferramenta (f)
	Pensamento lógico (pl)
	Signo (s)
Temáticas (T)	Matéria e Energia (me)
	Vida e Evolução (ve)
	Terra e Universo (tu)
Ensino Médio (EM)	1ª série (1)
	2ª série (2)
	3ª série (3)

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

No Quadro 14, foram identificadas quatro categorias. Para a categoria "Tipo de Problema", emergiram quatro subcategorias dos trabalhos analisados, denominadas por

Bardin (2011) de categorias a posteriori. O mesmo padrão ocorreu para as subcategorias da "Teoria Histórico-cultural". Já as subcategorias denominadas de "Temática" e "Ensino Médio" foram estabelecidas a priori, e outras surgiram durante a leitura e análise dos artigos do Quadro 13. A codificação para as unidades de contexto é apresentada Figura 10.

Figura 18. Representação do código referente às categorias e subcategorias encontradas nas unidades de contexto.



Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

No Quadro 13, são listados os artigos que abrangem as etapas descritas na Figura 17, conduzida para a seleção e análise dos artigos neste estudo. A primeira coluna apresenta a numeração de cada artigo, indicada em nossa codificação após o termo "Art". Na segunda coluna, estão os nomes dos periódicos, seguidos de suas iniciais entre parênteses, utilizadas em nosso código para identificar a fonte específica de cada artigo, formando nossa unidade de contexto (conforme representado na Figura 18). As categorias e subcategorias são detalhadas no Quadro 14, com as categorias em letras maiúsculas e as subcategorias em letras minúsculas, conforme a metodologia de Bardin (2011). Os resultados são apresentados começando pela temática e o contexto das pesquisas, com o intuito de situar o leitor sobre cada artigo analisado.

3.5.2 Resolução de Problema acerca da lacuna no Princípio de Arquimedes

Como trabalhamos com dados provenientes da resolução de problemas, gravações, discursos e documentos oficiais, o processo de categorização de dados, sugerido por Oliveira (2005), é considerado adequado, pois é flexível para definirmos os pontos mais importantes e mais ressaltados no processamento de dados desse projeto. Nos ancoramos em categorias

criadas à priori para auxiliar na análise de dados e confirmar se nossos objetivos haviam sido alcançados.

Para analisar as respostas dos alunos referentes aos problemas, com base em nossos objetivos, trabalhamos com categorias baseadas nas pesquisas de Leite e Afonso (2001) e Passos e Salgado (2020) disponíveis nos Quadro 1, Quadro 2, Quadro 3 e Quadro 4.

A análise dos dados foi centralizada nos quatro momentos de nossa sequência de aulas, sendo algumas aulas analisadas usando o mesmo referencial e outras com referenciais específicos que garantem a avaliação adequada dos dados. No entanto, todos os momentos foram analisados por meio dos pressupostos de Vygotsky, incluindo a tomada de consciência, conhecimento científico, ZDP, signos e ferramentas.

Na primeira aula, a apresentação dos problemas foi realizada com os alunos, onde nossos instrumentos de processamento de dados tinham sido os questionamentos e hipóteses. Com isso, buscamos observar se houve, por meio dos alunos, questionamentos e ordenamento dos mesmos. Para isso, qualificamos Desenvolvimento Dentro das Expectativas (DDE), Desenvolvimento Regular (DR), Desenvolvimento Abaixo das Expectativas (DAE) e Desenvolvimento Insuficiente (DI), como mostrado no Quadro 15. Os grupos que apenas tinham lido os problemas receberam um DI. Em contrapartida, o grupo de alunos que tinha compreendido o problema, construído os questionamentos e conseguido entender a diferença entre o problema apresentado e os questionamentos criados tinha recebido o DDE.

Quadro 15. Categorias adotadas para a análise de dados do primeiro momento (apresentação dos problemas).

Categoria	Descrição das categorias de análise
DDE	Os alunos compreenderam o problema, construíram os questionamentos, assim como os materiais que serão necessários para que eles resolvam o problema 1 e 2.
DR	Os alunos que compreenderam o problema e construíram os questionamentos. No entanto, não havia sido feita a distinção dos materiais que seriam necessários para que eles resolvessem o problema 1 e 2.
DAE	Os alunos compreenderam os problemas, mas construíram questionamentos que não auxiliam na solução do problema apresentado, além de não fazer a distinção dos materiais que serão necessários para que eles resolvam o problema 1 e 2.
DI	Os alunos apenas fizeram a leitura do problema e não conseguiram debater sobre o assunto com seus pares e/ou com a professora.

Fonte: Adaptado de Leite e Afonso (2001) e Passos e Salgado (2020).

Quando Vygotsky fala sobre o NDP, ele se refere ao Nível de Desenvolvimento Potencial, o qual está relacionado ao que o professor espera que o aluno alcance após resolver determinado problema (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001). No entanto, é importante destacar que cada aluno possui sua própria ZDP, e estamos cientes das limitações que os grupos podem apresentar em termos de dados para a análise dessa etapa. Por isso, estaremos sempre considerando as respostas em grupo. Logo, Nível de Desenvolvimento Real (NDR), a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) e o Nível de Desenvolvimento Potencial (NDP) foi em relação às considerações finais do grupo, onde todos os integrantes são importantes para essa construção

Nas aulas 2 e 3 foi utilizada a mesma folha/ficha com as hipóteses dos alunos e uma nova em branco apenas com o problema. Nesse momento, buscamos observar se os alunos conseguiram reinterpretar, planificar a solução, implementar estratégias e propor soluções ao problema, como descrito no Quadro 16.

Quadro 16. Categorias adotadas para a análise de dados do segundo e terceiro momento (resoluções dos problemas 1 e 2).

Categoria	Descrição das categorias adotadas para a análise da resolução dos problemas, com base no conhecimento físico e nas estratégias mobilizadas pelos estudantes
DDE	Os alunos conseguiram reinterpretar, planificar as hipóteses, implementar estratégias e obter possíveis soluções com embasamento nos conhecimentos físicos.
DR	Os alunos conseguiram reinterpretar, planificar as hipóteses, implementar parcialmente as estratégias, obter possíveis soluções sem avaliar qual poderia ser a mais consistente de acordo com os conceitos físicos.
DAE	Os alunos apresentam dificuldade ou ausência de reinterpretação, planificar as hipóteses, não implementaram as estratégias, dificuldades para encontrar no mínimo um caminho para seguir para uma possível solução.
DI	Os alunos apresentam dificuldade ou ausência de reinterpretação, planifica parcialmente as hipóteses, não implementaram as estratégias, dificuldades para encontrar no mínimo um caminho para seguir para uma possível solução.

Fonte: Adaptado de Leite e Afonso (2001) e Passos e Salgado (2020).

A reinterpretação é solicitada no início do problema, o que levou os grupos a narrarem a história com suas próprias palavras. Isso nos permitiu observar quais pontos da história foram mais ressaltados pelos grupos e acabaram guiando o caminho para explicar sua solução (LEITE; AFONSO, 2001).

A planificação das hipóteses ocorre quando os alunos voltam para seus

questionamentos a fim de respondê-los com as fontes disponíveis, levando-os a implementarem as estratégias. Sendo assim, a planificação não é algo que fica visível na solução; ela faz parte do processo.

As categorias apresentadas nos Quadro 15 e Quadro 16 foram construídas com base em Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020). No entanto, a avaliação subsequente proposta por eles refere-se a elementos realizados pelo professor, com o intuito de entender quais são os três momentos dispostos por Vygotsky, sendo eles a NPR, ZDP e NDP. Elaboramos mais um momento por meio do júri simulado e construímos o Quadro 17 para avaliar se os grupos conseguiram alcançar o NDP. Portanto, a análise com os Quadro 15 e Quadro 16 são suficientes para observarmos os elementos da RP.

Em nossa última aula, buscamos verificar os questionamentos e a síntese final, assim como avaliar suas soluções dadas no segundo e terceiro momento. Portanto, para as categorias apresentadas, nos baseamos no Quadro 5 construído com base nos referenciais da RP e da teoria de Vygotsky.

Quadro 17. Categorias que foram adotadas para a análise de dados do quarto momento (retomada do problema).

Categoria	Descrição das categorias relativas à avaliação e síntese final na etapa de retomada dos problemas
DDE	O grupo de alunos que apresentam elementos da narrativa da história, da lacuna do conceito de empuxo, apresenta provas baseadas nos fatos apresentados na sequência além de retomar elementos que usaram como solução para os problemas P1 e P2 de tal forma que torne inviável o argumento contrário de suas ideias.
DR	O grupo de alunos que apresenta elementos da narrativa da história, da lacuna do conceito de empuxo, apresenta provas baseadas nos fatos apresentados na sequência, além de retomar elementos que usaram como solução para os problemas P1 e P2. Mas, ainda assim, o grupo não consegue defender sua ideia.
DAE	O grupo de alunos que apresenta elementos da narrativa da história, da lacuna do conceito de empuxo, apresenta provas sem embasamento nos fatos apresentados na sequência, além de não retomar elementos que usaram como solução para os problemas P1 e P2.
DI	O grupo de alunos que não conseguem correlacionar o Júri aos elementos da narrativa da história, da lacuna do conceito de empuxo. Fazendo com que eles não apresentem provas com embasamento nos fatos apresentados na sequência além de não retomar elementos que usaram como solução para os problemas P1 e P2.

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

Ressaltamos que os grupos podem modificar as respostas dos segundo e terceiro momentos. Buscamos observar se os grupos conseguiram avaliar suas respostas e se estas se aproximam do espelho de resposta (Quadro 8).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 A Abordagem de Resolução de Problema no Ensino de Física

4.1.1 Temáticas e Contexto das Pesquisas

O Quadro 18 exibe a classificação das subcategorias de cada trabalho analisado. Para isso, examinamos o conteúdo específico de física abordado nos artigos e, com base na Base Nacional Comum Curricular (BNCC), identificamos a temática abordada em cada estudo dentro da grande área das ciências da natureza, que compreende física, química e biologia (BRASIL, 2018).

Quadro 18. Quadro com a categoria referente às Temáticas presentes na BNCC para o Ensino de Ciências. Apresentamos as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
	Matéria e Energia	Os dados foram coletados quando da aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre o tema “Dualidade Onda Partícula” em uma turma do 3º ano do ensino médio.	[Art01-IEC]Tme
	Vida e Evolução	----- -	
	Terra e Universo	Students were able to engage in and with kinematic concepts such as displacement, velocity and acceleration.	[Art02-JSET]Ttu
		Após encerrar o conteúdo relacionado ao Sistema Internacional de Medidas (SI) e começar a trabalhar com notação científica, momento no qual foi apresentada a tabela de prefixos do Sistema Internacional de Unidades (SI).	[Art03-RBEF]Ttu
		In physics, the principles of conservation (energy, linear, and angular momentum) make up, together with the concepts of mass, space, and time, the fundamental pillars for understanding the physical world at all scales, from subatomic processes to the whole universe, and with regard to its constitution, origins, and evolution.	[Art06-SE]Ttu
		O jogo possui 91 fases distribuídas em nove conjuntos, cada qual compreendendo um fenômeno (e.g. refração) ou instrumento óptico (e.g. lentes divergentes ou convergentes) específico.	[Art04-RBEF]Ttu

	Não Especificada	Jogo, as seguintes áreas da Física foram contempladas: mecânica, térmica, ondulatória, óptica e eletromagnetismo.	[Art05-RBEF]Tne
--	------------------	--	-----------------

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

Em Matéria e Energia, são abordados estudos sobre materiais e suas transformações, bem como fontes e tipos de energia (BRASIL, 2018). A unidade de contexto [Art04-RBEF]Ttu, indica que a pesquisa se concentrou nos instrumentos ópticos, os quais são tradicionalmente associados à óptica geométrica, abrangendo temas ópticos. De acordo com a BNCC, o estudo dos instrumentos ópticos está inserido na temática de Terra e Universo, enquanto as lentes corretivas, também relacionadas à óptica, são classificadas na temática de Vida e Evolução (BRASIL, 2018). O artigo 04 teve como objetivo discutir e avaliar uma sequência didática sobre óptica geométrica, utilizando vídeos, aplicativos e jogos de smartphones modulados por uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS). As situações-problema apresentadas foram eficazes para promover a aprendizagem significativa de óptica geométrica. Além disso, o jogo utilizado mostrou-se adequado para diversas situações de ensino e aprendizagem da UEPS, contribuindo para o engajamento no processo inicial das situações de aprendizagem (FERREIRA et al., 2020).

Os artigos [Art02-JSET]Ttu, [Art03-RBEF]Ttu, e [Art06-SE], também inseridos na temática de Terra e Universo, têm como objetivo facilitar o processo de aprendizagem dos alunos. O artigo 02 aborda a área da cinemática, mais especificamente velocidade e aceleração, com o intuito de facilitar a compreensão da cinemática básica em salas de aula de ciências, utilizando um jogo chamado Kinect. Neste estudo, foram observados os desafios enfrentados por alunos e professores ao implementar ferramentas tecnológicas em sala de aula. No artigo 02, destaca-se a preocupação com a forma como os alunos manipulam a ferramenta e como essa manipulação é refletida em suas falas.

O artigo 03 teve como objetivo a obtenção de nanopartículas magnéticas e a proposição de uma abordagem didática sobre o tema “Nanociência e Nanotecnologia”, baseada em uma perspectiva CTSA (Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente). A aplicação dessa abordagem iniciou-se após a aula sobre o Sistema Internacional de Unidades (SI) e no início do estudo sobre Notação Científica, apresentando os prefixos do SI. Neste estudo, as aulas promoveram desafios que possibilitaram o protagonismo dos alunos no processo de aprendizagem.

O artigo 06 é o último dentro dessa temática e concentrou seus estudos na forma como o conceito de energia é ensinado no ensino médio. Utilizando a teoria dos perfis conceituais, os pesquisadores acompanharam as aulas de dois professores em uma mesma turma, em uma escola na região de Boston com currículo voltado para STEM e alunos de diversas origens socioeconômicas. O processamento dos dados ocorreu após 5 semanas de observação das aulas e entrevistas com professores e alunos, totalizando 16 aulas de 70 minutos cada. Com base nas observações e na proposição de modelos de zonas de perfil conceitual para energia, os pesquisadores afirmam que uma heterogeneidade de pensamento conceitual é inevitável e necessária para promover a conscientização dos alunos (AGUIAR; SEVIAN; EL-HANI, 2018).

Para Matéria e Energia, temos o artigo 01, Quadro 13, com o objetivo de apresentar uma ferramenta de análise de engajamento e validar seu uso para investigar situações de engajamento em atividades de ensino. Um exemplo de análise foi aplicado em uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre Dualidade Onda-Partícula, ao longo de 10 aulas. Em uma dessas aulas, foi fornecida uma caixa escura para os alunos investigarem e compreenderem seu funcionamento, destacando o comportamento dual da luz. O estudo concluiu que a ferramenta de análise de engajamento foi eficaz.

O artigo 05 descreve o desenvolvimento e aplicação de um jogo de tabuleiro didático como uma atividade de revisão de conceitos de física relacionados ao cotidiano dos alunos. Devido à abrangência do jogo, que engloba diversas áreas e conteúdos da física, não foi possível classificá-lo em uma única categoria. Portanto, ele foi categorizado como [Art05-RBEF]Tne, na categoria não especificada.

Dos artigos analisados, nenhum está relacionado à temática de Vida e Evolução, que trata de conteúdos voltados ao estudo dos seres vivos, suas características e necessidades, e aborda a vida como um fenômeno social e natural (BRASIL, 2018). A temática mais proeminente é a de Terra e Universo, com quatro dos sete trabalhos estudados. O Quadro 19 apresenta as unidades de contexto referentes às séries do ensino médio em que a pesquisa foi desenvolvida.

Quadro 19. Quadro com a categoria referente a série do Ensino Médio. Apresentamos as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.

CAT.	SUBCAT.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
------	---------	---------------------	------

Ensino Médio	Primeira Série	Essa abordagem didática foi realizada com alunos do primeiro ano do Ensino Médio	[Art03-RBEF]EM1
	Segunda Série	foi desenvolvida em um formato preliminar, aplicada e avaliada em duas turmas do segundo ano do Ensino Médio	[Art04-RBEF]EM2
		we draw upon the Conceptual Profile Theory to discuss the negotiation of meanings related to the energy concept in an 11th grade physics classroom.	[Art06-SE]EM2
	Terceira Série	O público alvo foram alunos das turmas do terceiro ano do Ensino Médio (51 alunos no total), sendo a primeira unidade com 26 alunos e a segunda com 25.	[Art05-RBEF]EM3
		Os dados foram coletados quando da aplicação de uma sequência de ensino investigativa (SEI) sobre o tema “Dualidade Onda Partícula” em uma turma do 3º ano do ensino médio .	[Art01-IEC]EM3
	Não Identificado	This study examined the use of 3D simulation to support the teaching of Newton’s laws of motion in a secondary physics classroom.	[Art02-JSET]EMni

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

Dentre os artigos analisados, apenas um não especificou a turma na qual a pesquisa foi realizada, que é o artigo 02. No entanto, o Quadro 19 apresenta a unidade de contexto [Art02-JSET]EMni, indicando que a aplicação foi no ensino médio. Portanto, esse artigo foi incluído na análise de acordo com nosso critério de inclusão.

4.1.2 Tipologia dos Problemas

Os artigos analisados abordaram quatro tipos de problemas, entre eles estão os problemas investigativos, referidos por Carvalho (2013) como problemas experimentais ou não experimentais. Essa descrição pode ser observada na unidade de contexto [Art01-IEC]NPpi, conforme o Quadro 20.

O artigo 01 argumenta que o ensino por meio de atividades investigativas promove o desenvolvimento da liberdade intelectual.

[...] permite aos estudantes o desenvolvimento de liberdade intelectual para que os processos de construção de planos de trabalho, levantamento e teste de hipóteses, percepção de variáveis relevantes, coleta de informações, análise de dados e de informações e construção de explicações e de modelos explicativos sejam por eles realizados com ajuda do professor e em contato com os colegas, com os materiais e com os conhecimentos que já possuem (SASSERON; SOUZA, 2019, p. 140).

Com o objetivo de analisar o engajamento dos alunos, a pesquisa se baseia na coleta de dados realizada por outro pesquisador que empregou o ensino por investigação. As aulas utilizadas para fundamentar as ideias foram focadas na Dualidade Onda Partícula, sendo a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) aplicada ao longo de 10 aulas. Embora todas as aulas tenham sido gravadas, os pesquisadores optaram por apresentar apenas a primeira aula da SEI em seu trabalho. Nessa aula, os alunos discutiram com o professor a ideia de modelos na física.

Durante a primeira aula, os alunos tiveram contato com a caixa preta e foram desafiados a investigar seu funcionamento. Esse momento proporcionou a elaboração de hipóteses, a colaboração entre os colegas, a construção de argumentos consistentes e a apresentação dos resultados. Além disso, essa aula foi escolhida por enfatizar o desenvolvimento de ações e estratégias para resolver um problema (SASSERON; SOUZA, 2019).

[...] 3 principais momentos: o momento 1 é o início da aula e é marcado pela apresentação do problema pelo professor; o momento 2 refere-se ao trabalho dos alunos em pequenos grupos para resolução do problema; e o momento 3 ocorre em uma discussão geral, quando cada grupo apresenta a ideia que construíram para toda a turma (SASSERON; SOUZA, 2019, p. 146).

Sasseron e Souza (2019) apresentam a estrutura de uma aula que tem como ponto de partida um problema. A segunda etapa, que corresponde à primeira em sala de aula, considerando que o professor já conhece a turma e seu contexto para desenvolver o problema, é a formulação do problema. Nessa fase, o professor apresenta o problema e os alunos têm a oportunidade de conhecê-lo e ordenar seus questionamentos sobre o mesmo (CARVALHO, 2013).

No trabalho em questão, o problema se refere à caixa preta. O professor entrega a caixa preta para os grupos e solicita que eles descrevam seu funcionamento. Então, os alunos realizam a segunda etapa descrita anteriormente e, por meio dos diálogos transcritos no trabalho, é possível observar a elaboração de hipóteses e os testes que os alunos realizam para validar ou refutar essas hipóteses.

Além da unidade de contexto apresentada no Quadro 20, todas essas informações permitem classificar o problema presente no artigo 1 como investigativo. Para corroborar essa

classificação, analisamos a dissertação de onde os dados foram utilizados. Durante sua pesquisa, Barrelo (2010) investiga a argumentação do discurso oral e escrito de alunos por meio de Sequências de Ensino Investigativo, empregando todos os pressupostos citados pelas autoras Sasseron e Carvalho (2011) para classificar o problema como investigativo.

Quadro 20. Quadro com a categoria referente a natureza do problema, com as subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados e as unidades de contexto responsáveis pelas inferências.

CAT.	SUBC.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
Tipologia do Problema	Problema Real	O jogo de tabuleiro proposto foi desenvolvido para auxiliar nas discussões com alunos do ensino médio sobre diversos conteúdos de Física, sendo contextualizados com problemas do cotidiano .	[Art05-RBEF]NPpr
		They attribute this to the types of peripheral knowledge necessary to decipher and categorize relevant information embedded within real-world problems .	[Art02-JSET]NPpr
	Pequena Pesquisa	Além disso, o estudo desse tema passou a fazer sentido e se tornou interessante, também, pelo motivo de que os alunos foram desafiados com um problema prático .	[Art03-RBEF]NPpp
		activities oriented toward learning to do science and learning about science as a process of inquiry .	[Art06-SE]NPpp
	Problema investigativo	permanece entre estas a concepção de um modo de levar os estudantes a terem contato com algumas destas práticas científicas, representando ações manipulativas e intelectuais na resolução de problemas e no entendimento de fenômenos.	[Art01-IEC]NPpi
	Situação Problema	Essa primeira situação-problema , inserida pelo professor, tem como objetivo investigar a presença dos seguintes subsunçores nas estruturas cognitivas dos estudantes.	[Art04-RBEF]NPsp

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

O artigo 02 [Art02-JSET]NPpr examina o uso do Xbox Kinect em contextos escolares, utilizando um software que permite aos alunos experimentarem velocidades e acelerações e não apenas medi-la. A pesquisa foi dividida em quatro momentos, incluindo uma entrevista final com os alunos para avaliar os impactos da tecnologia na sala de aula . (ANDERSON; WALL, 2016).

Nos três primeiros momentos, os alunos foram divididos em grupos de 3 ou 4 pessoas e guiados por um estudo sobre os conceitos de distância, velocidade e aceleração. No primeiro momento, com o uso do Kinect, o professor apresentou o problema inicial, no qual os grupos escolheram um dos conceitos para explicar por meio da tecnologia. (ANDERSON; WALL, 2016).

Nesse momento, o texto evidencia que os alunos abordaram o problema de maneiras distintas: o primeiro grupo utilizou um carrinho, mas não obteve muito sucesso, pois o sensor

não captava movimentos de objetos inanimados. Por outro lado, o segundo grupo construiu gráficos com base em movimentos corporais, o que auxiliou na explicação do conceito de velocidade. Conforme observado por Pozo (1998), o problema deve oferecer diferentes possibilidades para que os alunos possam abordá-lo de forma diversificada.

Diante da dificuldade dos alunos em compreender os gráficos gerados, os pesquisadores precisaram realizar algumas alterações. Alguns gráficos foram considerados muito complexos, levando alguns alunos a desistir. Conforme apontado por Pozo (1998), um problema precisa apresentar um nível de dificuldade adequado para não ser trivial, mas também não pode estar além do conhecimento dos estudantes, evitando desmotivá-los.

Assim, o professor criou e implementou uma atividade complementar para auxiliar na compreensão dos alunos em relação aos gráficos gerados pelo Kinect. Geralmente, nas aulas de física, recorremos a casos ideais devido às flutuações presentes nos dados reais (NUSSENZVEIG, 2018; HEWITT, 2015; WALKER, 2009). Isso pode explicar as dificuldades encontradas pelos alunos ao lidarem com dados reais. No entanto, essa discussão extrapola o escopo deste trabalho.

A partir dessa abordagem inicial, os grupos puderam realizar demonstrações envolvendo rampas e diferentes objetos para traçar trajetórias. Eles coletaram os dados e construíram os gráficos. Posteriormente, utilizando o Kinect, os alunos realizaram uma atividade semelhante, marcando o tempo de deslocamento de cada integrante pelo chão. Os dados foram representados graficamente e os alunos compararam o gráfico gerado por eles na primeira atividade com o produzido pelo Kinect. Desafiados a explicar por que o gráfico por eles construído era "mais limpo" que o do Kinect, criou-se assim uma oportunidade para visualizar melhor os dados reais gerados pela ferramenta (ANDERSON;WALL, 2016).

No terceiro momento, Anderson e Wall (2016) desafiaram novamente os alunos a explicar os conceitos de distância, velocidade e aceleração, enquanto o professor atuou como mediador, fazendo perguntas aos grupos para orientá-los em suas análises. Os dados resultantes exigiram a colaboração entre os alunos, que afirmaram que essa abordagem pode apoiar investigações científicas da vida real.

No artigo 03, classificado como uma pequena pesquisa, busca-se promover uma inter-relação entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Na primeira aula, a

pesquisadora coletou dados sobre os conhecimentos prévios dos estudantes em relação à Nanociência e Nanotecnologia (N&N). Posteriormente, a professora explicou esses conceitos utilizando um slide e um vídeo (RIBEIRO et al., 2021).

Na segunda aula, Ribeiro et al. (2021) propuseram o problema: "Seria possível obter nanopartículas com materiais do cotidiano?" com o objetivo de motivar os alunos. Para isso, escolheram uma atividade na qual os alunos pudessem investigar como obter nanopartículas magnéticas com materiais de baixo custo. Um roteiro foi disponibilizado, descrevendo os materiais utilizados e como conduzir o experimento. Essa abordagem está em linha com o conceito de pequena pesquisa, conforme descrito por Pozo e Crespo (1998), que envolve resolver problemas por meio de experiências práticas, podendo ser realizadas em laboratório ou em atividades de campo.

No artigo 06, Aguiar e Seviran (2018) acompanharam aulas de uma sequência de ensino sobre energia mecânica para entender quais visões eram trabalhadas em relação ao conceito de energia. As interações entre professores e alunos foram analisadas por meio das zonas de perfis conceituais de energia apresentadas no artigo. A professora iniciou a discussão apresentando as perguntas: "O que você sabe sobre energia? Como você a definiria?"

Consideramos essa abordagem como uma forma de compreender os conhecimentos espontâneos dos alunos, permitindo à professora iniciar a introdução do conceito. Após essa discussão, foi apresentado o desafio:

“Os estudantes foram desafiados a projetar e realizar um experimento explorando diferentes maneiras de medir a deformação de uma bola de argila. (O desafio explícito apresentado na aula foi: 'Como você pode alterar a forma de uma bola de argila? O que isso significa em relação à ENERGIA?')” (AGUIAR; SEVIRAN, 2018. p. 880; Tradução nossa).

A professora deixou explícito para os alunos que era necessário demonstrar sua compreensão de energia identificando os fatores que afetam a energia do objeto.

Aguiar e Seviran (2018) relatam que os cinco grupos observados propuseram soluções distintas para esse problema. O primeiro grupo arremessou a bola contra uma parede, controlando o movimento do braço no lançamento. O segundo grupo arremessou a bola controlando a distância entre o lançamento e a parede. O terceiro grupo soltou livros sobre a

bola de argila, controlando o número de livros. O quarto grupo também soltou livros, mas controlava a altura do livro. Já o quinto grupo não teve sucesso nos lançamentos com uma banda metálica, então melhorou o procedimento do grupo 4. A apresentação de diferentes abordagens e soluções está alinhada com a definição de problema descrita nos referenciais teóricos apresentados.

Na terceira, quarta e quinta aula, o conceito de energia foi abordado por meio de atividades quantitativas e qualitativas. Nas sete aulas seguintes, da sexta à décima segunda, os alunos receberam outro problema, chamado de problema da rampa. Eles fizeram previsões, medições, análises de dados, elaboraram gráficos, chegaram a conclusões, revisaram em pares, produziram relatórios e participaram de discussões. Esses passos correspondem ao desenvolvimento de um trabalho científico, conforme descrito por Pozo (1998).

Nos primeiros momentos, a professora promoveu discussões baseadas em questionamentos quantitativos e qualitativos; nas últimas aulas, ela introduziu uma pequena pesquisa sobre o problema da bola de argila. Nesse caso, não foi fornecido um roteiro específico para os alunos, apenas o objetivo a ser alcançado com o experimento, que era explicar um conceito físico: energia. Já no problema da rampa, os alunos receberam instruções detalhadas e metas para apresentação das soluções.

Além disso, outro professor lecionou para a mesma turma e, utilizando o simulador PhET, realizou perguntas para orientar e incentivar a discussão sobre o conceito de energia, promovendo uma nova abordagem desse conceito.

Por fim, no artigo 04, utilizou-se uma situação-problema desenvolvida ao longo de uma sequência de aulas, em que os alunos tiveram acesso a um jogo sobre óptica geométrica (POZO; ECHEVERRÍA, 1998). O trabalho adotou a Unidade de Ensino Potencialmente Significativo, conforme proposto por Moreira (2011), que descreve diferentes níveis de situações-problema para auxiliar os alunos na construção ou modificação de seus conhecimentos, utilizando materiais introdutórios.

É essencial que uma UEPS contenha oito características. A primeira é a definição precisa do tópico a ser ensinado, pois isso permite determinar quais subsunçores serão utilizados para planejar as estratégias necessárias. Em seguida, são elaboradas situações-problema iniciais, que ajudam a identificar os subsunçores concretamente presentes na

estrutura cognitiva do aluno. Com esse conhecimento, é possível introduzir novas situações-problema que abordam os tópicos definidos inicialmente na UEPS.

Essas situações-problema são usadas com base na diferenciação progressiva, evitando a apresentação do conteúdo de forma memorística e favorecendo a criação de significados. A última vez que a situação-problema aparece na UEPS é em um nível mais complexo, promovendo o processo de reconciliação integrativa. As etapas finais da aprendizagem significativa não serão discutidas neste trabalho.

A unidade de contexto apresentada no Quadro 20 refere-se à primeira vez que o professor utilizou situações-problema em sua sequência de aulas, com o objetivo já citado. Os alunos receberam duas imagens: uma obra do artista Rashad Alakbarov e outra de Suzanne Saroff, que usam a luz como meio de construção artística. Os pesquisadores escolheram iniciar com essas situações porque por meio delas é possível observar o fenômeno de refração da luz e, assim, estudar e identificar os subsunçores nas estruturas cognitivas dos alunos.

A segunda situação-problema pode ser apresentada de duas formas, conforme descrito no artigo 4. O professor pode mostrar um copo com água e imagens de setas para demonstrar o que ocorre com o sentido da seta quando a luz sofre refração, ou pode exibir um vídeo com essa situação. O objetivo dessa aula é introduzir o conceito de refração, que só será totalmente compreendido quando os estudantes conseguirem representar corretamente o desvio dos raios de luz. Além disso, durante essa aula, por meio de uma simulação do projeto PhET chamada "Desvio da Luz", o professor pode apresentar o conceito de índice de refração.

Na segunda temática abordada no trabalho, utiliza-se o jogo Glass e uma nova situação-problema que começa com um vídeo intitulado "O peixe que 'sumiu' do aquário!" para discutir sobre reflexão total. Os alunos são solicitados a se reunirem em grupos para descrever a trajetória da luz e explicar por que às vezes conseguimos ver o peixe e às vezes não.

Para a terceira temática, reflete-se sobre a dispersão e o espalhamento da luz, utilizando duas situações do cotidiano: o arco-íris e a coloração do céu. A aula para essa terceira temática se inicia com o jogo Glass, na fase "Dispersão", que apresenta a presença de um prisma, um material utilizado para a dispersão da luz. Em sala, o professor realiza um experimento utilizando um espelho côncavo imerso em uma bacia com água e uma lanterna.

Durante a demonstração, o professor solicitou que os alunos respondessem a alguns questionamentos:

1. Por que o fenômeno observado só acontece quando o espelho está submerso na água?
2. Qual é o tipo de raio de luz proveniente da lanterna?

Além dessas discussões, também foi solicitado que os alunos descrevessem a trajetória que a luz fez no experimento apresentado.

Na segunda aula desta temática, o professor pede para que os alunos representem o fenômeno da formação do arco-íris em um papel, indicando como a luz é dispersada por uma gota d'água. Em seguida, o professor pergunta sobre o motivo pelo qual o céu é azul, iniciando o processo de diferenciação progressiva.

Na quarta temática, o professor tem como objetivo compreender o funcionamento de lentes esféricas e seus usos na correção de problemas de visão. A aula se inicia com o jogo Glass e fases diferentes, Convergence and Divergence, que introduzem as lentes convergentes e divergentes. É perguntado aos estudantes como eles explicam o comportamento dos raios ao passar por esses meios e, fundamentado nessa discussão, pede-se que eles caracterizam as lentes em termos de seu índice de refração.

Na segunda aula, os alunos são convidados a explorar uma simulação do GeoGebra livremente. Em seguida, o professor pede que os alunos representem como seria conjugada a imagem e as características de um objeto real colocadas em alguns pontos das lentes.

Na terceira aula, o professor deverá apresentar um vídeo que apresenta o olho humano como um organizador prévio para a ancoragem da aprendizagem acerca dos defeitos da visão. Além do vídeo, também pode ser usada uma simulação do GeoGebra, na qual é possível observar a imagem sendo formada na retina e temos a liberdade de mover manualmente o foco do cristalino do olho. Com isso, pede-se que os alunos elaborem hipóteses de como corrigir defeitos da visão.

Ao fim das quatro temáticas, o professor realiza uma avaliação geral da aprendizagem com seis perguntas que são respondidas individualmente. Essas perguntas buscam indícios de uma aprendizagem significativa a respeito dos conteúdos discutidos na UEPS.

O artigo 05, Quadro 20, enquadrado na subcategoria de problema real [Art05-RBEF]NPpr, no entanto, não apresenta os problemas usados, apenas é citado o que apresentamos nas unidades de contexto caracterizando um problema real. Os autores explicam que é um jogo de tabuleiro com perguntas e problemas e citam que está disponível em um site que se encontra fora do ar, impossibilitando uma análise mais detalhada dos problemas dispostos no jogo.

4.1.3 Pressupostos da Teoria Histórico-Cultural

Nesta seção, cada artigo será explicitado em relação às suas subcategorias, seguindo o princípio de exclusividade das unidades de contexto definidas por Bardin (2011). Começaremos com o artigo 01, que deu destaque à linguagem, conforme apresentado no quadro 06, [Art01-IEC]THs, abordando sua função cultural e psicológica como funções interligadas. Em seu processo metodológico, é demonstrado como esse signo proporciona aos estudantes o envolvimento com outros pensamentos e o desenvolvimento dos seus próprios. Essa é uma das justificativas levantadas pelas autoras para trabalhar com pequenos grupos e observar o engajamento de cada um (SASSERON; SOUZA, 2019).

Esse desenvolvimento está relacionado às funções mentais superiores dos seres humanos, que, segundo Joenk (2002), incluem a capacidade de planejar, elaborar conceitos, usar a linguagem e realizar memorização ativa e pensamento abstrato.

Quadro 21. Quadro com a categoria referente a Teoria Histórico-cultural, com as subcategorias que emergiram dos trabalhos analisados e as unidades de contexto que nos levaram a inferir a que subcategoria o trabalho melhor se enquadra.

CAT.	SUBC.	UNIDADE DE CONTEXTO	CÓD.
Teoria Histórico Cultural	Signos	A linguagem é também nossa ferramenta cultural essencial nós a usamos para compartilharmos experiências e, desta forma, coletivamente dar sentido a elas. A linguagem é um meio para transformar as nossas experiências em cultura e entendimento.	[Art01-IEC]THs
		First, this theory is based on a solid sociocultural framework which considers conceptualization as an emergent process always produced through the interaction between an individual and some external event or experience	[Art06-SE]THs
		By the same token, developmental science suggests that bodily action is central to conceptual development (Abrahamson and Lindgren 2015). This was stated by Vygotsky (1962), “the word is not the beginning—action was first”	[Art02-JSET]THs
		Para Vygotsky a definição de aprendizado para o aluno ocorre quando a ação ou a mediação de outro indivíduo for eficaz para o seu desenvolvimento,	[Art05-RBEF]THs
	ZDP	“[...] é a distância entre o atual nível de desenvolvimento determinado pela capacidade de resolver um problema individualmente e o nível de desenvolvimento potencial determinado por meio da capacidade de	[Art05-RBEF]THzdp

		resolver um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com um colega mais capaz”.	
	Ferramentas	These findings encourage the use of these technologies as a pedagogical tool in instructional practices. The social actions of embodiment draw upon Vygotsky's (1978) notion of tools to manipulate and transform environmental elements, convert these into symbolic representations (e.g., physics formulae) that promote understanding, and create an internal representation that allows for understanding.	[Art02-JSET]THf
		A proposta didática, além de promover uma inter-relação entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente, também foi planejada levando em consideração aspectos de teorias de aprendizagem construtivistas, que valorizam o conhecimento prévio dos alunos e a proposta de materiais potencialmente significativos e relacionados ao contexto dos estudantes.	[Art03-RBEF]THf
	Desenvolvimento Cognitivo	contando com elementos presentes em outras contribuições nos campos do desenvolvimento e da cognição, como a teoria interacionista social de Vygotsky [28],	[Art04-RBEF]THdc

Fonte: elaborado pelas autoras (2022).

Uma outra forma de mediação é por meio de ferramentas, como apresentado no artigo 02, [Art02-JSET]THf, que utiliza um software com o objetivo de diminuir a distância entre o conceito de velocidade e aceleração presente nos livros e a realidade dos alunos. Além disso, [Art02-JSET]THps mostra que a análise dos dados considerou as funções superiores dos alunos, outro pressuposto de Vygotsky.

O objetivo desse estudo foi projetar um ambiente utilizando um software gráfico Microsoft Xbox Kinect e SDK como uma ferramenta pedagógica para que os alunos possam gerar seus próprios conteúdos por meio de uma experiência. Vygotsky (1983a) afirma que, para a solução de um problema, é necessário utilizar um dos dois elementos mediadores: a ferramenta ou o signo. Nesse caso, no início das aplicações, os estudantes utilizavam a ferramenta para promover determinadas mudanças no objeto, na natureza.

Com a possibilidade de manipular a natureza, pretendeu-se converter essas mudanças em representações simbólicas, como fórmulas, promovendo a compreensão e criando uma representação interna. Logo, o artigo 02 utilizou o Microsoft Xbox Kinect para a exploração e conscientização dos estudantes acerca das propriedades da cinemática: deslocamento, velocidade e aceleração.

O artigo 03 também fez uso da mediação por meio de ferramentas [Art03-RBEF]THf. O problema abordado visa construir nanopartículas magnéticas utilizando as ferramentas disponíveis, onde os materiais utilizados se relacionam com o contexto dos

alunos. A importância dos conhecimentos prévios dos alunos é ressaltada no trabalho, onde a pesquisadora elabora perguntas para mapear esses conhecimentos. Segundo Vigotsky, Luria e Leontiev (2001), o aprendizado das crianças começa antes mesmo de frequentarem a escola. Antes de aprenderem a somar, dividir, multiplicar e subtrair, elas já têm noções de quantidade, desenvolvendo sua própria aritmética pré-escolar. Portanto, os alunos sempre terão uma ideia de como o fenômeno ocorre, geralmente ingênua, mas trabalhar a partir dela pode gerar maior engajamento na busca pela tomada de consciência.

O artigo 04, [Art04-RBEF]TH, cita brevemente a teoria de Vygotsky em um único momento do artigo e não a menciona novamente, o que fragiliza nossa pesquisa sobre quais contribuições foram relevantes para o estudo.

O artigo 05 se apresenta em duas subcategorias. Na unidade de contexto [Art05-RBEF]THs, a linguagem é destacada como mediação que auxilia os alunos a atravessarem a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), objetivando alcançar o nível de desenvolvimento potencial. É por meio da simbiose dos hábitos e signos culturais que ocorre o desenvolvimento e a formação do pensamento e da personalidade das pessoas, sendo a escola um local importante para essa formação, pois propicia a difusão do conhecimento, contribuindo assim para o desenvolvimento das funções psicológicas superiores.

Além disso, o artigo aborda o conceito de ser mais capaz quando se está na ZDP, [Art05-RBEF]THzdp, onde essa pessoa não necessariamente é o professor, mas sim um colega de classe que já possui o conhecimento necessário, enfatizando a aprendizagem por pares.

Por fim, o artigo 07, [Art07-SE]THs, refere-se ao uso da linguagem como meio de mediação. Aguiar, Sevan e El-Hani (2018) expressam a preocupação em integrar o tratamento escolar das ideias sobre energias com conhecimento útil e significativo, para que os alunos possam desenvolver possíveis soluções para problemas contemporâneos. Assim, os pesquisadores optaram por abordar os problemas por meio da teoria do perfil conceitual, que se baseia em uma sólida estrutura sociocultural, considerando a conceituação como um processo resultante da interação entre o indivíduo e algum evento ou experiência externa (Vygotsky, 1987).

4.1.4 Considerações Parciais

Nesta revisão de literatura, podemos notar que o termo problema ainda é muito usado para se referir a outros significados que não a metodologia da resolução de problema devido ao seu uso polissêmico, como por exemplo, para expor o problema de pesquisa ou uma dificuldade que foi encontrada. Sendo o termo não necessariamente ligado à metodologia por nós estudada. Por isso a importância de observarmos cada artigo e entender sobre o que eles abordam.

Em todos os trabalhos analisados, destacamos o aluno como protagonista, um agente ativo em seu processo de ensino e aprendizagem. Essa abordagem evidencia uma relação horizontal entre aluno e professor, promovendo uma educação mediada pelo problema, como proposto por Vygotsky em sua teoria. Além disso, os signos e as ferramentas são utilizados para mediar a relação do aluno com o conteúdo, sendo a linguagem o signo mais frequente nos estudos.

Quanto aos problemas apresentados, nossa análise considerou tanto os artigos selecionados quanto seus referenciais teóricos, pois reconhecemos que a tipologia do problema pode variar de acordo com o autor. Para os artigos que não apresentaram um referencial teórico específico sobre resolução de problemas, mas incluíram problemas em suas sequências de aulas, realizamos uma categorização com base nos referenciais adotados neste trabalho. Assim, tipificamos os problemas como problema real (VIGOTSKY; LURIA; LEONTIEV, 2001), pequena pesquisa (POZO; CRESPO, 1998), investigativo (CARVALHO; SASSERÓN, 2015; SCARPA; SASSERÓN; SILVA, 2018) e situação problema (POZO; ECHEVERRÍA, 1998).

Os artigos 01, 02 e 04 mantiveram a tipologia originalmente apresentada, enquanto para o artigo 01 buscamos referências paralelas dos autores para embasar a tipificação do problema. Os artigos 02 e 04 incluíram os teóricos de apoio em seus textos.

Já para os trabalhos 03, 05 e 06, realizamos leituras detalhadas em busca de elementos contextuais que nos auxiliassem na tipificação dos problemas, como detalhado nos resultados e discussões.

Os artigos 02, 04 e 06 utilizaram ferramentas tecnológicas como facilitadoras do processo de ensino e aprendizagem. Os demais artigos apresentaram características distintas,

como atividades investigativas com experimentos, situações-problema, jogos analógicos e debates.

Durante a análise, observamos que nenhum dos artigos tinha como objetivo principal estudar a eficácia da metodologia de resolução de problemas. No entanto, reconhecemos a validade dessa metodologia, dada sua longa utilização em diversas áreas. Ela foi empregada como um recurso para promover outras habilidades além da resolução de problemas, como engajamento dos alunos, investigação de situações simuladas e consolidação de conceitos.

Em suma, percebemos que os estudos ancorados em Vygotsky não estabelecem uma ligação direta entre a percepção desse teórico sobre o termo "resolução de problemas" e sua metodologia. Em vez disso, os artigos focam em formas de mediação que combinam aspectos culturais e psicológicos da teoria vygotskiana para promover o processo de aprendizagem

4.2 Análise de Problema 1 (1ª Aula)

O primeiro problema pode ser classificado como qualitativo, teórico, semiaberto e real (POZO, 1998; Vygotsky, 1983). Foi construído a partir do contexto socio-cultural narrado na maioria dos livros sobre a história de como Arquimedes resolve o problema imposto pelo rei, desenvolvendo assim o que conhecemos hoje como Princípio de Arquimedes (Ricardo Helou Doca; Newton Villas Bôas; Ronaldo Fogo, 2020; Paul Hewitt, 2015; Ana Fukui. Madson de Melo Molina; Venê, 2016; Francisco Ramalho Junior; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antônio de Toledo Soares, 2009). Para solucionar esse problema, os alunos utilizaram-se de três etapas que foram importantes para alcançar o segundo objetivo específico, sendo ele, analisar o processo da resolução de problemas com base na experimentação acerca da lacuna apresentada no Princípio de Arquimedes.

A primeira etapa consistiu na leitura do problema e no levantamento de questionamentos acerca do problema, bem como das estratégias que utilizaram para resolvê-lo. Enquanto os alunos desenvolviam essa etapa, a professora-pesquisadora percorria os grupos perguntando se estavam conseguindo, se tinham alguma dúvida. Por várias vezes foi necessário fazer a releitura do problema para alguns grupos que apresentaram dificuldades em entender. Por diversas vezes, os alunos questionaram se a resposta estava “correta”, o que evidencia um hábito adquirido pelo ensino puramente tradicional, conforme também comentado por Medeiros e Goi (2020). A professora precisou repetir que não havia certo ou errado, que estavam avaliando o empenho do grupo e as estratégias que utilizam, e que as

respostas não precisavam ser iguais, pois o problema poderia ser solucionado de diversas formas.

Analizamos a exposição dos questionamentos dos grupos disponibilizada em uma ficha, na qual apresentamos o P1 e solicitamos que fossem construídas hipóteses e questionamentos. Vale ressaltar que, como o assunto foi visto na primeira série do ensino médio, a maioria dos grupos explicou que não se lembrava do assunto ou que nunca o havia visto. Outro fator importante para o contexto é que essa turma estudou a primeira série do ensino médio de forma remota devido à pandemia do COVID-19. Portanto, em nosso Quadro 15 optamos por analisar a presença de questionamentos válidos para auxiliar os grupos na resolução do problema.

P1. Quando estamos em uma piscina ou na praia sentimos a presença de uma força. Essa força foi estudada por Arquimedes que construiu vários estudos sobre a mesma, inclusive temos uma história que é descrita até hoje nos livros de física. Conte a história da maneira que vocês entenderam e qual o conceito envolvido nela. Analisando as histórias que são narradas e os materiais que estavam disponíveis naquela época aponte a (as) discrepância(s) que você encontrou na execução do experimento que Arquimedes realizou. Justifique sua resposta.

Quanto ao levantamento de hipóteses e questionamentos, podemos observar que apenas 1 dos oito grupos analisados apresentou hipóteses, enquanto os demais apresentaram apenas questionamentos. Essas ações fazem parte do primeiro momento, segundo Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020), conforme apresentado no Quadro 2.

Figura 19. Pictograma com a relação entre a quantidade de grupos e a apresentação de hipóteses e questionamentos em relação ao problema 1 na aula 1. Os grupos estão representados pelos livros, sendo cada livro um grupo. Usamos () para a quantidade de grupos que não apresentaram a categoria analisada e () para os grupos que apresentaram. A esquerda temos a análise quanto a presença de hipóteses e a direita os questionamentos.



Fonte: Autoria própria (2023)

Apenas um grupo tentou construir hipóteses, no entanto, ainda assim não a elaboraram com detalhes, como podemos observar a seguir:

“Para Arquimedes chegar a estudar sobre a força, provavelmente ele passou por uma experiência e também utilizou de instrumentos para conseguir medir essa força.

Pensando sobre a força, um exemplo que temos e que para medir a força da água acreditamos que deve-se notar o volume e o movimento dela.

Apontando as discrepâncias, no experimento de Arquimedes, a pergunta que fica é: como ele mediu a força? Com quais instrumentos foi medido naquele tempo?” (Grupo 1)

Nesse trecho, elaborado pelo Grupo 1, observamos que eles fizeram uma inferência sobre como Arquimedes poderia ter estudado a força, afirmando que deveria ter sido por meio de instrumentos. Além disso, o grupo apontou para os conceitos de volume e movimento, ambos muito importantes na física e amplamente abordados na 1ª série do Ensino Médio.

Quando entramos na etapa de compreensão do problema, proposta por Leite e Afonso (2001) e Ribeiro, Passos e Salgado (2020), esperava-se que os alunos elaborassem diversos questionamentos. Como os questionamentos partiram de grupos diferentes para o mesmo problema, era natural que alguns se repetissem. Para facilitar a visualização dos dados processados, na Figura 19 temos um pictograma que oferece uma visão mais geral.

Todos os grupos se perguntaram: "Qual foi a história de Arquimedes?" Esse era um dos questionamentos esperados, especialmente neste primeiro problema. Apenas o Grupo 6 não questionou quais eram os materiais disponíveis na época em que Arquimedes desenvolveu seus estudos sobre o empuxo. Além disso, apenas o Grupo 8 não indagou sobre qual seria o estudo de Arquimedes. Aqui podemos inferir duas possibilidades: o Grupo 8 poderia já estar ciente desse estudo, ou foi um questionamento que não foi considerado..

Com as respostas para esses três questionamentos, os grupos seriam capazes de apresentar uma solução. Isso ressalta um dos pontos destacados no espelho de respostas: *a impossibilidade de obter uma medida que fosse precisa para detectar a sutileza da manipulação feita pelo joalheiro na tentativa de roubar o rei Heiron.*

Figura 20. Pictograma com a relação entre a quantidade de grupos (representados pelos livros) e a apresentação dos questionamentos em relação ao problema 1 na aula 1. Usamos () para a quantidade de grupos que não apresentaram o questionamento analisado e () para os grupos que apresentaram.



Fonte: Autoria própria (2023)

Outros questionamentos foram apresentados com menor frequência. O Grupo 2 demonstrou em suas perguntas a curiosidade em saber quem foi Arquimedes e qual experimento ele realizou e qual força foi estudada.

“Quem é Arquimedes?”

Qual foi seu experimento?

Qual foi a força estudada por ele ?

Qual estudo que foi realizado com base nessa força que Arquimedes estudou?

Qual foi a história descrita nos livros de física?

Quais materiais foram usados naquela época?” (Grupo 2, destaque nosso)

O grupo 6 explicou que para o problema 1 era importante uma pesquisa sobre a lei de Arquimedes para comparar as várias versões do estudo.

“É necessária uma pesquisa sobre a lei de Arquimedes, comparar as várias versões do estudo analisando os materiais disponíveis na época e destacar as discrepâncias encontrados, para isso é preciso um livro que conte a história da lei de Arquimedes.” (Grupo 6, destaque nosso)

Por fim, o grupo 10 apresentou uma resposta explicando que era importante conhecer todas as pessoas envolvidas no estudo daquela época, qual era o contexto em que a história acontecia e pediu um detalhamento da época.

“Primeiramente precisamos saber qual é a história contada nos livros de física, detalhando a época, os pesquisadores, o contexto em que essa história passa, os materiais

que foram usados e também o que eles pretendiam com esse estudo. Assim, poderemos analisar e resolver este problema.” (Grupo 10, destaque nosso)

Leite e Afonso (2001) Ribeiro, Passos e Salgado (2020) destacam que o passo anterior à apresentação de problemas é a identificação do material para a resolução. Este critério foi considerado, quando os apêndices H foram disponibilizados aos grupos. No entanto, foi preciso uma complementação de material, por exemplo, a elaboração da história com o local, personagens envolvidos e uma breve biografia do Rei Hieron, solicitado pelo grupo 10. Todo o material solicitado pelos outros grupos foi disponibilizado como fonte de pesquisa para a busca de informações acerca das discrepâncias, aspecto que contribui para a resolução do 1º problema na segunda aula.

Sendo assim, a etapa de organização do desenvolvimento e uso da RP despertou nos alunos a curiosidade em entender mais sobre aquele contexto apresentado e procurar formas de resolver o problema. Os grupos puderam conhecer o problema e ordenar seus questionamentos, tentando compreender qual estratégia de resolução será necessária. A professora pesquisadora atuou como orientadora, promovendo o entendimento sobre uma possível organização dos questionamentos apresentados pelos grupos.

4.3 Análise de Problema 2 (1ª Aula)

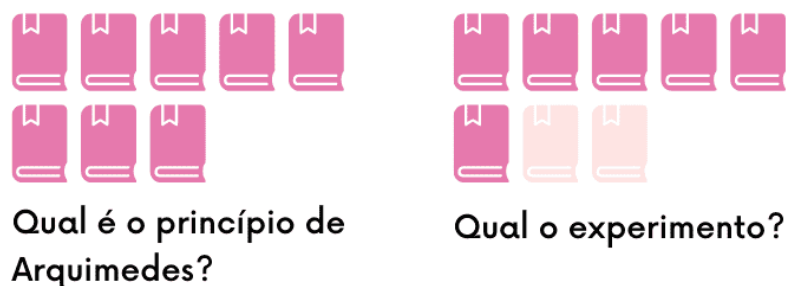
O segundo problema, desenvolvido para o processamento de dados que busca atingir o segundo objetivo específico, foi classificado como qualitativo-quantitativo, segundo Pozo e Crespo (1998):

P2. Maisa em sua caça pela história de Arquimedes decidiu que era muito importante procurar em livros diferentes o enunciado do Princípio de Arquimedes, depois de ler os enunciados ela ficou em dúvida do que cada um deles tem em comum, mas pensou em refazer o experimento que foi descrito nas histórias que leu. Ajude Maisa a descrever a semelhança entre os enunciados e a desenvolver o experimento proposto nas histórias. Anote três enunciados e relacione o que você observou no experimento com os enunciados da Lei de Arquimedes.

Para o segundo problema, dois questionamentos foram levantados por quase todos os grupos. Um deles foi: “Quais são os enunciados do princípio de Arquimedes?” Alguns apresentaram essa pergunta relacionada ao que Maisa estava fazendo ou observando, construindo assim uma narrativa mais envolvente para os questionamentos. Vale ressaltar que essa observação pode demonstrar que os estudantes se concentram no conceito e, muitas

vezes, ignoram o contexto da história descrita no enunciado de um problema.

Figura 21. Pictograma com a relação entre a quantidade de grupos (representados pelos livros) e a apresentação dos questionamentos em relação ao problema 2 na aula 1. Usamos () para a quantidade de grupos que não apresentaram o questionamento analisado e () para os grupos que apresentaram.



Fonte: Autoria própria (2023)

Em relação à realização de experimentos, os grupos 1 e 2 não consideraram isso como um questionamento importante para a resolução dos problemas. Quando questionados pela professora pesquisadora em um momento posterior, eles afirmaram que não sabiam que seria possível realizar um experimento, mas reconheceram que foi muito importante na etapa de resolução do segundo problema.

Conforme indicado pelo espelho de respostas apresentado no Quadro 8, os grupos não teriam alcançado resultados semelhantes sem o auxílio de uma pequena pesquisa, pois, como afirmam Pozo e Crespo, uma das vantagens é a capacidade de relacionar a teoria com a prática. Portanto, para que os grupos identificassem a lacuna no Princípio de Arquimedes, foi necessário confrontar o que acontece na realidade.

O grupo 2 demonstrou curiosidade em saber quais os livros lidos por Maisa e apontam em seus questionamentos que precisavam saber da semelhança nos enunciados do Princípio de Arquimedes.

“Quais livros que maisa leu?”

O que os livros que maisa leu tem em comum?

Quais Princípios de Arquimedes?

Qual a semelhança nos enunciados?

Qual a lei de Arquimedes usada?” (Grupo 2)

Podemos observar nessa resposta que o grupo não reconhece a semelhança entre as

palavras Leis e Princípios, acreditando que foram estudados diferentes feitos por Arquimedes. Esse fato também pode ser observado no grupo 4 e 5.

“Precisamos de princípio de Arquimedes. Precisamos dos livros de Arquimedes. Precisamos realizar o experimento. Precisamos das leis de Arquimedes.” (Grupo 4)

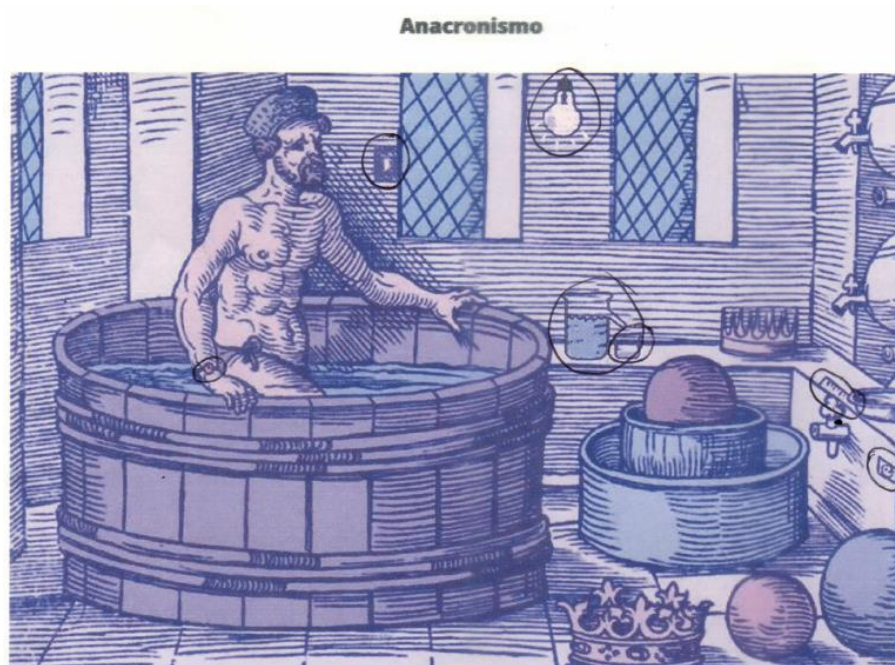
“Precisamos de princípio de Arquimedes. Precisamos dos livros de Arquimedes. Precisamos realizar o experimento. Precisamos das leis de Arquimedes.” (Grupo 5)

4.4 Análise do Anacronismo (1ª aula)

O problema solicitou que os alunos observassem sutilezas relacionadas aos anacronismos nas histórias narradas. Em seguida, na segunda etapa, foi realizada uma atividade semelhante ao "jogo de 7 erros", na qual foi apresentada uma imagem com Arquimedes e alguns objetos inseridos que não existiam naquela época. O objetivo foi despertar nos estudantes a percepção de que muitas vezes as histórias narradas podem conter algumas inconsistências.

Destaca-se abaixo uma das fichas respondidas pelo grupo 2. Na Figura 22, podem ser observados nos círculos os objetos considerados anacrônicos por este grupo. A maioria das respostas foi semelhante às do grupo 2; no entanto, os grupos 1 e 3 circularam a bola e todos os grupos exceto o 2 circularam as torneiras.

Figura 22. Registro da segunda atividade proposta no primeiro momento. Sendo as respostas apresentadas às do grupo 2.



O enunciado da atividade do jogo dos 7 erros solicitou que os grupos escrevessem o nome dos objetos encontrados. Sendo a seguinte resposta apresentado pelo grupo 2

“Relógio, tubo de ensaio, Lâmpada, tomada, interruptor de luz, régua e copo de ensaio.”
(Grupo 2)

As respostas iniciais dos grupos na etapa de apresentação dos problemas P1 e P2 se enquadraram na categoria "Desenvolvimento dentro das Expectativas", uma vez que todos conseguiram apresentar questionamentos visando aprofundar o entendimento sobre o problema e auxiliar na etapa de proposição de soluções.

4.5 Análise da Resolução do Primeiro Problema (2ª aula)

Na segunda aula, apresentou-se apenas o Problema 1 para que os alunos expusessem as possíveis soluções utilizando os materiais solicitados por eles na primeira aula. Consideramos, portanto, os pedidos como as possíveis estratégias que seriam utilizadas para responder ao Problema 1. Sendo essa análise importante para entender o processo da resolução de problemas com base na experimentação acerca da lacuna apresentada no Princípio de Arquimedes.

O grupo 1 foi o único a formular uma hipótese na primeira aula. No entanto, apresentou uma solução singela para o problema.

“Ao analisar as evidências podemos ver algumas discrepâncias, mas faz-se necessário entender o que é discrepância, segundo o dicionário se define como: característica daquilo que discrepa; desigualdade; diferença; discordância. Diante disso, encontramos a seguinte diferença de opinião que no texto o Rei Hieron fez a prova do peso da coroa com uma balança, sendo que naquela época não existia balança.” (Grupo 1)

Na resposta, é evidente que os alunos encontraram um obstáculo com o termo "discrepância" no enunciado. No entanto, todos os alunos tinham acesso à internet por meio de seus smartphones, o que lhes permitiu contornar esse problema. Além disso, o grupo recebeu os materiais solicitados, e a professora pesquisadora disponibilizou alguns materiais adicionais na bancada para auxiliá-los na busca pela solução. No entanto, apenas os materiais solicitados foram entregues, cabendo ao grupo decidir se pegariam os outros materiais. Assim, o grupo 01 optou por pegar: Biografia de Arquimedes; Sextarius; Biografia de Heiron; Descrição do SI; Biografia de Vitruvius; Sistema Métrico da França; História da Régua;

História de Arquimedes e a Coroa do Rei.

Ao apresentar a possível solução, o grupo utiliza o sujeito errado, já que foi Arquimedes quem propôs a solução e o Rei Heiron foi quem apresentou o problema (VITRUVIUS, De l architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7). A discrepância mencionada pelo grupo poderia ser mais discutida, uma vez que a ideia de balança pode não corresponder à concepção atual. É importante ressaltar a ausência da descrição da história, solicitada no enunciado do problema, o que pode ter contribuído para a confusão sobre os papéis de cada personagem na narrativa.

O grupo 02, na primeira aula, fez várias solicitações de informações por meio de questionamentos e optou por não pegar os demais materiais disponíveis no dia, ficando então apenas com: Biografia de Arquimedes; Sextarius; Biografia de Vitruvius; História de Arquimedes e a Coroa do Rei.

“Quando Hieron foi consagrado rei de Siracusa ele realizando o que havia Prometido aos deuses, ofereceu uma coroa de ouro, Para isso ele pediu para confeccionar com uma quantidade de ouro já pesada previamente. Notando, depois de pronta, que uma parte do ouro foi retirada, o rei ficou furioso e pediu para Arquimedes descobrir o que aconteceu, já que ele não tinha provas suficientes para incriminar o confeccionador. Arquimedes enquanto se banhava, pensando no problema do rei percebeu que quando entrava na banheira uma certa quantidade de água escorria para fora, que era igual seu corpo e assim nessa lógica ele desvendou a problema do rei sobre as coroas. O que não faz sentido nessa história, é quem contou ela. Quem contou essa história foi: Vitruvius, o que não faz sentido a ele ter nascido 258 anos depois de Arquimedes e mesmo assim ele ser o primeiro a narrar essa história.” (Grupo 2)

Observa-se uma resposta embasada nas evidências disponibilizadas, pois além de expor a discrepância, eles também explicaram o motivo.

O Grupo 03 apontou duas discrepâncias na história, focando na parte em que Arquimedes tentou quantificar o ouro da coroa. Usaram materiais como: Biografia de Arquimedes; Sextarius; Descrição do SI; História da Régua; História de Arquimedes e a Coroa do Rei.

“Ele foi tomar banho e percebeu que ao entrar na banheira e descer notou que a água escorreu para fora e à medida que ele ia descendo ia escorrendo mais, uma quantidade

de água igual ao volume do seu corpo. Ele alegre saiu correndo da banheira e foi para sua casa gritando que tinha encontrado, ele fabricou dois blocos do mesmo peso, igual da coroa, um de ouro e outro de prata, depois disso ele encheu até a borda um vaso e daí mergulhou o bloco de prata e saiu uma quantidade de água igual ao volume a borda e depois ele colocou de volta a água que estava faltava medindo com um sextarius, depois mergulhou da mesma forma o corpo de ouro no vaso cheio e descobria que o corpo de ouro era menos volumoso que o de prata. O conceito do experimento de Arquimedes é determinar se o corpo de ouro encomendado pelo rei Hieron era puro ou tinha sido adulterada com outros materiais menos valiosos, sobre as discrepâncias são : 1- a banheira, na história fala que Arquimedes estava na banheira quando pensou nisso, mas as banheiras que conhecemos hoje não eram comuns na Grécia antiga. 2- Precisão dos medidas: a precisão das medições de volume e peso na época.” (Grupo 3)

O grupo destacou duas discrepâncias na história: uma relacionada à banheira usada por Arquimedes naquela época. No entanto, não explicou a relevância dessa informação para a medida do ouro da coroa, deixando a questão vaga. Seria interessante explorar como o uso das banheiras na época de Arquimedes diferia do uso atual e como isso poderia afetar a medida do ouro. Ainda assim, essa observação mostra uma conexão com a atividade de anacronismo proposta anteriormente, demonstrando que os alunos estavam atentos à presença de elementos anacrônicos na história.

A segunda discrepância destacada foi em relação à precisão dos instrumentos de medida daquela época. Como sabemos que os alunos desse grupo tinham acesso aos materiais relacionados ao Sextarius, Descrição do SI e História da Régua, é possível presumir que usaram esses recursos como base para essa conclusão. No entanto, seria útil se o grupo explicasse a linha de raciocínio utilizada para chegar a essa solução. (MARTINS 2000, DOS SANTOS JUNIOR; HIDALGO; DE ARAÚJO PAULA, 2023).

Essas observações indicam que os alunos podem ter dificuldade em compreender como os objetos e seus usos mudaram ao longo do tempo. Por exemplo, embora os nomes dos objetos possam permanecer os mesmos, seus usos podem variar significativamente. Um exemplo contemporâneo disso é o celular, que antes era usado principalmente para chamadas telefônicas, agora possui uma variedade de funções, incluindo comunicação via satélite.

O grupo 04, ao narrar a história, tentou explicar como Arquimedes teria utilizado o Sextarius. Durante a atividade, a professora teve que intervir mais neste grupo do que nos

outros, pois eles tentavam validar toda a história com base nos argumentos construídos em sua resposta. Perguntas como "Qual é a medida do Sextarius?" e "Qual o volume médio de uma coroa?" foram feitas repetidamente ao grupo, que reorganizava os valores sem chegar a uma conclusão. Os materiais físicos utilizados pelo grupo incluíram a biografia de Arquimedes, o Sextarius, a história de Arquimedes e a Coroa do Rei, que foram usados para embasar sua resposta.

“Após a substituição de ouro da coroa em prata, o rei pediu a Arquimedes que refletisse sobre, com isso Arquimedes foi se banhar durante o banho ele teve uma ideia. Toda vez que ele mergulhava com a pressão do corpo na água, a água transbordava. Com isso ele realizou um experimento, colocou um corpo de prata e esse fez transbordar grande quantidade de água, colocou a coroa e esse fez transbordar uma quantidade menor, e colocou um corpo de ouro e esse fez transbordar menos ainda. - Um balde equivalente a 10 litros quando Arquimedes mergulhou o corpo de prata transbordou uma quantidade equivalente a 10 litros, quando mergulhou a coroa transbordou uma quantidade equivalente a 3 litros e por último quando mergulhou corpo de ouro transbordou uma quantidade equivalente a 2 litros, tudo medido por sextarius. - Vitrúvio quem relatou a história, mas como pode dá tanto detalhe de uma história, quem nem vivenciou.” (Grupo 4)

Notamos que a história narrada está diretamente relacionada ao instrumento de medida utilizado na época. No entanto, o grupo não explicitou a discrepância relacionada a ele; em vez disso, eles tentaram corroborar com a literatura, seguindo a abordagem descrita por Dos Santos Silva e De Araújo (2019), na qual os alunos tendem a confiar na literatura para embasar suas ideias. Isso também foi observado no grupo 02. É possível observar que eles não solicitaram nem utilizaram os materiais físicos relacionados aos instrumentos de medida. Portanto, esse pode ser um dos motivos pelos quais não conseguiram identificar essa discrepância, pois sua estratégia de resolução do problema já estava definida no momento em que optaram por trabalhar apenas com aquelas fontes.

O grupo 05 narra a história inicialmente e faz uso das seguintes fontes físicas: Biografia de Arquimedes; Biografia de Heiron; Breve Descrição de Siracusa; Sextarius; Biografia de Vitrúvio; História de Arquimedes e a Coroa do Rei.

“A história começa em volta de uma situação onde a rei precisa comprovar que a composição da coroa tem prata e não só ouro, como era seu desejo inicialmente, Arquimedes busca comprovar isso de forma concreta e encontra uma solução ao tomar um banho de

banheira entrando nela ele percebeu que a quantidade que saía da banheira de água era a mesma que correspondia o seu peso. Dessa forma conseguiu aplicar os mesmos conceitos em um experimento parecido para comprovar a composição da coroa. Arquimedes separou dois blocos um de prata e um de ouro e colocou imersos na água, medindo a quantidade do líquido que saía, comprovando que a composição maior era a de prata porque derramava mais água. Dentre as discrepâncias que percebemos a falta de veracidade relacionada ao rei e a coroa como também nos acontecimentos e na exatidão das medidas tiradas por Arquimedes.” (Grupo 5)

O grupo narra a história de forma breve, sem mostrar sua tendência, apontando cada detalhe que a História de Arquimedes e a Coroa do Rei apresenta. Por fim, como discrepância, temos a falta de veracidade e exatidão das medidas. Não temos na resposta o motivo para a primeira afirmação. No entanto, em campo, o grupo citou a diferença de tempo entre Arquimedes e Vitruvius, sendo essa a fonte para tal afirmação. Quanto à segunda, o grupo não conversou com a professora em sala. Vale ressaltar que ambas são de fato discrepâncias (MARTINS, 2000). A observação feita está relacionada à escrita do grupo, que não se preocupou em explicar como eles chegaram a essa conclusão.

O grupo 06 utilizou: Biografia de Arquimedes; Biografia de Heiron; Breve descrição de Siracusa; Sextarius; Biografia de Vitruvius; História de Arquimedes e a Coroa do Rei. Em sua descrição da história, já conseguimos notar uma abordagem direta e com termos mais contemporâneos.

“O rei selecionou o melhor artesão e deu a ele o peso em ouro certo para fazer uma coroa, porém depois de pronto e pesado o rei desconfiou que tinha sofrido um golpe. Agoniado, ele pediu para Arquimedes uma maneira de descobrir se realmente foi um golpe. Após um banho, Arquimedes teve uma ideia para descobrir o furto. O artesão realmente tinha retirado um pouco do ouro e substituído pela prata, baseando-se nisso ele fez dois blocos com o mesmo peso, um de prata e ouro. Mergulhou o bloco de prata no vaso com água e descobriu o volume, já com o ouro descobriu que o volume de água era menor. Ele mergulhou a coroa e saiu bem mais água do que com um bloco de ouro com o mesmo peso da coroa e descobriu que a água que saiu era bem menor. O empuxo é a força responsável por esse fenômeno, uma força vertical de baixo para cima que empurra para fora o peso com a mesma que a gravidade e pressão da água lhe puxa, porém não seria possível achar um padrão para tal fenômeno na época pela inexistência de um sistema internacional de unidade”

e também a história é contada por Vitruvius nascido mais de 100 anos após Arquimedes, não podendo ser 100% comprovado a veracidade.” (Grupo 6)

No final de sua resposta para o problema, o grupo explicou as discrepâncias como sendo a inexistência de um sistema internacional de unidades e o autor que relata a história (MARTINS, 2000). Percebe-se que o grupo não só expôs qual a discrepância, mas também nos mostrou quais dados os levaram a essa conclusão. O grupo se baseou nos arquivos físicos que foram disponibilizados, buscando explicar as partes que não estavam destacadas na história, como por exemplo, o que é o empuxo (Doca; Bôas; Fogo, 2020), trazendo mais solidez para seus argumentos.

O grupo 08 solicitou: Sextarius; História de Arquimedes e a Coroa do Rei; Livro falando sobre o princípio de Arquimedes. Trabalhando a partir desses documentos, os integrantes do grupo não narraram a história como solicitado no problema e acabaram por expor alguns fatos que estavam descritos no material físico.

“Antes de tudo precisamos saber quem é Arquimedes, com base em pesquisa observamos que Arquimedes foi um físico, matemático e inventor nascido em 287 a.c na colônia grega de Siracusa, na Sicília. A teoria de Arquimedes relata que todo corpo mergulhado num fluido em repouso sofre por parte do fluido deslocado pelo corpo, Arquimedes viu que qualquer objeto, total ou parcialmente imerso em fluido ou líquido é impulsionado por uma força escrito pelo princípio este princípio é conhecido como força de empuxo. A discrepância que observamos foi que (respostas incompleta)” (Grupo 8)

Notamos em sua resposta a explicação do Princípio de Arquimedes (Doca; Bôas; Fogo, 2020). No entanto, o grupo acabou deixando sua resposta incompleta sem destacar quais são as discrepâncias observadas por eles quando compararam a história com os outros materiais que receberam. O grupo passou muito tempo da atividade destacando esses dois pontos de sua resposta, e quando a professora foi solicitada, informou ao grupo que tudo isso poderia embasar a resposta final deles, que seria destacar as discrepâncias, e explicou para eles o que esse termo significa. Porém, ainda assim, eles não conseguiram concluir a atividade. O grupo teve dificuldade em diferenciar seus questionamentos do problema apresentado como apontado por Leite e Afonso (2001) e Passos e Salgados (2020) como uma etapa importante para a solução de um problema.

O grupo 10 relata o que conta a História e logo em seguida aponta a discrepância.

Para isso, eles utilizaram: Biografia de Arquimedes; Biografia de Heiron; Breve descrição de Siracusa; Sextarius; Biografia de Vitrúvio; História de Arquimedes e a Coroa do Rei.

“Arquimedes, ao ser solicitado para ajudar seu companheiro, Hieron, descobriu o conceito de que dois corpos distintos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo. Arquimedes descobriu isso ao tomar banho em sua banheira, onde à medida em que seu corpo entrava na banheira, o volume de água equivalente “esborrava”. Dessa forma, Arquimedes evidenciou que apesar de ter o mesmo peso, os volumes dos corpos são diferentes. Ele utilizou um bloco de ouro e um bloco de prata para evidenciar isso. Analisando o contexto da época e que se tinha de conhecimento, percebe-se uma discrepância em relação à unidade de medida. Isso porque, em tal época não se tinha unidade de medida para comprovar os pesos dos blocos de ouro e de prata, e também medir a quantidade de água escoada.” (Grupo 10)

Em linhas gerais, podemos notar que os grupos fazem uso do material físico relacionado às unidades de medidas. No entanto, afirmar que não existiam unidades de medida é algo exagerado. Sempre houve unidades de medida, só não eram difundidas em todos os lugares, o que fazia com que cada local possuísse a sua unidade, dificultando transações. Todavia, os instrumentos de medida que se tinham antigamente não possuíam uma precisão necessária para que Arquimedes conseguisse medir a quantidade de fluído deslocado, caso o tivesse feito (MARTINS, 2000; DOS SANTOS JUNIOR; HIDALGO; DE ARAÚJO PAULA, 2023).

Em síntese, observa-se que com base nas respostas, que os grupos tiveram dificuldades para entender o que significa discrepância, palavra presente no enunciado do problema 1. Para aulas futuras, pretende-se modificar essa palavra para o termo diferença ou discordância, buscando facilitar o entendimento dos alunos sobre o problema proposto.

4.6 Análise da Resolução do Segundo Problema (3ª aula)

Na terceira aula, os alunos receberam os itens solicitados por eles na primeira aula para resolver o segundo problema. É importante destacar que o roteiro disponibilizado para os alunos, presente no apêndice I, tinha o objetivo de orientar melhor o procedimento, considerando que a aplicação ocorreu em uma sala com quarenta alunos. Ressaltando que essa aula fecha a análise do processo da resolução de problemas com base na experimentação acerca da lacuna apresentada no Princípio de Arquimedes, segundo objetivo específico desta

dissertação.

Inicialmente, o problema menciona três livros que Maisa leu e nos quais ela encontrou algumas semelhanças. Observamos que todos os grupos destacaram a importância desses enunciados para a resolução do problema, e outra estratégia comum foi a realização do experimento. Essas questões foram observadas na Figura 21, quando apresentamos o problema para a turma, e a partir desse momento, eles começaram a elaborar suas estratégias de solução.

Para ajudar na análise, foram disponibilizados aos alunos quatro tipos diferentes de fontes com o enunciado do princípio de Arquimedes, e os alunos escolheram três delas para realizar suas análises (Anexos A, B, C e D).

Quadro 22. Enunciados presentes nos textos sobre o Empuxo disponibilizados de forma física para os alunos que solicitaram no primeiro momento.

	Enunciado	Autor
1	Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio recebe uma forma de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.	Francisco Ramalho Junior; Nicolau Gilberto Ferraro; Paulo Antônio de Toledo Soares, 2009.
2	Todo corpo imerso, total ou parcialmente, em um fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força vertical, dirigida de baixo para cima e com intensidade igual ao peso do volume de fluido deslocada pelo corpo.	Ana Fukui. Madson de Melo Molina; Venê, 2016.
3	Um corpo imerso sofre a ação de uma força de empuxo dirigida para cima e igual ao peso do fluido que ele desloca.	Paul Hewitt, 2015.
4	Quando um corpo é imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, ele recebe do fluido uma força denominada empuxo (ou impulsão de Arquimedes). Tal força tem sempre direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.	Ricardo Helou Doca; Newton Villas Bôas; Ronaldo Fogo, 2020.

Fonte: Ramalho et al. (2009), Fukuri, Molina e Venê (2016), Hewitt (2015) e Doca, Bôas e Fogo (2020).

O grupo 01, em sua análise dos enunciados lido por Maisa selecionou os enunciados 1, 2 e 3 dispostos no Quadro 22, explicitando que os conceitos em comum são três.

“Os termos que aparecem recorrentemente nos três enunciados são: “fluido em equilíbrio”, “força de direção vertical em sentido de baixo para cima” e “peso fluido”. ” (Grupo 1)

Os três conceitos compõem o enunciado de Arquimedes. Conseguir relacionar e selecionar pontos importantes para a solução de um problema é uma das habilidades que os alunos desenvolvem ao trabalhar com RP. Isso ocorre porque a Resolução de Problemas e a

Experimentação são estratégias que contribuem para o processo de ensino e aprendizagem, aproximando as aulas do cotidiano e tornando os ensinamentos construídos relevantes (BORGES; GOI, 2021).

Após esse momento, foi entregue o roteiro do experimento, no qual os alunos construíram situações para verificar se o objeto boiava ou afundava, relacionando essa observação com a força de empuxo em comparação com a força peso.

A primeira tarefa indicada para os grupos foi descobrir o volume do objeto, uma latinha, que estavam usando. O Grupo 01 indicou que a latinha tem 220ml e, com ela cheia, colocaram-na em um recipiente com volumes de água diferentes. O quadro abaixo mostra as observações que fizeram.

Quadro 23. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 1 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 1)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	Não
200 ml	Boia	Sim
100 ml	Afunda	Não
150 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando você coloca a latinha, que é o corpo é imerso total ou parcialmente em um fluido (água) sob a ação da gravidade, ele recebe da força denominada empuxo.	
Q2	50 ml, 200 ml, 100 ml e 150 ml	
Q3	Quando você coloca uma quantidade menor de água, a Latinha afunda e não ocorre o empuxo. Sim, percebemos a diferença.	
Q4	Que se comprova a princípio de Arquimedes.	

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Nota-se que há duas situações em que o volume de água é menor que o volume do objeto e, mesmo assim, o Empuxo é maior que o Peso, pois a latinha boia. Essas situações ocorrem quando temos 200ml e 150ml de água.

Os questionamentos no final do roteiro serviram para fornecer suporte e resgatar alguns itens que os alunos poderiam ter deixado passar despercebidos. O primeiro pergunta

quando ocorrerá o empuxo; o segundo pede que eles indiquem os casos e a quantidade de água que escolheram para suas observações; o terceiro questiona precisamente o ponto em que o empuxo ocorre na lacuna deixada pelo Princípio de Arquimedes apresentado sobre o empuxo; e, por último, voltamos ao problema que Maisa pede ajuda para entender a relação entre o que foi realizado e o princípio.

Nota-se então que, mesmo todas as respostas do Grupo 1 apontando para a lacuna, eles não conseguiram discordar do que encontraram nos livros sobre o princípio, reiterando o que Dos Santos Silva e De Araújo (2019) citam em seu trabalho.

O Grupo 02 optou pelos enunciados 1 e 2. Adicionalmente, o grupo incluiu como terceiro enunciado um trecho do livro relacionado ao empuxo:

“Um corpo imerso sofre a ação de uma força de empuxo dirigida para cima e igual ao peso do fluido que ele desloca, se você colocar seu pé dentro d'água, seu pé estará imerso. Se você saltar nela, afunda e imergir por completo, você estará submerso.” (Grupo 2)

Como semelhança, eles apontaram a força vertical de baixo para cima e com intensidade igual à da força peso, deslocando o corpo:

“Semelhanças: todos falam que sofreu ação de uma força vertical e de baixo para cima e com intensidade igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.” (Grupo 2)

Nesse caso, temos outra apresentação dos conceitos em comum presentes nos livros ao citarem o princípio de Arquimedes.

O Grupo 02 também determinou o volume da latinha como sendo 220 ml e realizou os procedimentos com diferentes volumes de água no recipiente.

Quadro 24. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 2 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 2)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	Não
150 ml	Boia	Sim
100 ml	Afunda	Não
250 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando a quantidade de água é maior que 100ml	

Q2	50 ml, 150 ml, 100 ml e 200 ml
Q3	Se a quantidade for menor que 150ml não ocorre empuxo a latinha não boia
Q4	Chegamos à conclusão que ao colocar 150 e 200ml de fluido ocorre empuxo, usando o princípio que todo corpo imerso, total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força vertical e dirigida de baixo para cima e com intensidade igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo.

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Observamos que, dentre as situações vistas por eles, apenas uma se relaciona com a lacuna do princípio, sendo o momento em que o volume no recipiente é de 100 ml, cujo volume é menor que o do objeto estudado.

O grupo interpretou a primeira pergunta como se estivesse questionando apenas o experimento, onde, de fato, o empuxo é maior que o peso, que seria um pouco acima de 100 ml. No entanto, o questionamento se referia à generalização da situação, elaborado com o objetivo de apoiar suas conclusões para continuar a análise, como mostrou Dos Santos Junior, Hidalgo e De Araújo Paula (2023), sendo necessário o auxílio para que a lacuna fosse evidenciada. Mesmo assim, por estarem apoiados na literatura, continuaram afirmando que o Princípio de Arquimedes é suficiente para explicar a situação observada (DOS SANTOS SILVA; DE ARAÚJO, 2019).

Com o terceiro questionamento, eles informam que, se a quantidade de água for menor que 150 ml, o empuxo não é maior que o peso. Por fim, é apresentado que sempre ocorrerá empuxo quando o volume da água for 150 ml ou 200 ml, devido ao princípio de Arquimedes. No entanto, para a situação montada e analisada temos o $E > P$. Com isso, podemos entender que o segundo grupo se apoiou em presunções e não conseguiu ver a lacuna no princípio.

O grupo 03 não entendeu muito bem o primeiro momento e, por ser um grupo que demorava para começar, os integrantes se atrasaram para chegar à escola, e não interagiam muito com a professora, não foi possível dar as orientações necessárias para que eles voltassem ao objetivo do problema.

“1- Por que os balões de ar quente sobem? ”Porque os navios flutuam?

2- Qual a força vertical e dirigida para cima que equilibra o peso de um navio permitindo que ele flutue?

A semelhança entre os enunciados é que todos tem a curiosidade de descobrir porque o navio flutua” (Grupo 3)

Sendo assim, suas respostas foram questionamentos sobre balões e navios, objetos que fazem uso do empuxo para se movimentar. Por fim, a semelhança apresentada é que todos os enunciados procuram descobrir o motivo pelo qual o navio flutua.

Quadro 25. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 3 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 3)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	Sim
210 ml	Boia	Sim
80 ml	Afunda	Sim
150 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando os corpos recebem imensa quantidade de água	
Q2	50 ml, 210 ml, 80 ml e 150 ml	
Q3	Quando a quantidade de fluido era menos que a do objeto afundava	
Q4	? (resposta apresentada pelo grupo)	

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No roteiro do experimento, o grupo indicou que a latinha tinha um volume de 220 ml. Nas situações apresentadas, observamos que em duas delas o corpo boia. Na primeira, o recipiente está com 150 ml e na segunda com 210 ml. No terceiro questionamento, eles informam que quando a quantidade de fluido é menor que a do objeto, ele afunda.

No entanto, como mencionado, duas situações que eles construíram mostram que eles não conseguiram enxergar a lacuna no enunciado. O quarto questionamento ficou sem resposta.

O grupo 4 apresentou apenas o enunciado 1, revelando dificuldade em interpretar quais são os enunciados presentes nos outros materiais. Sendo assim, eles destacaram recortes do material físico, que são:

“Um corpo afundado sofre a ação de uma forte força de empuxo dirigida para cima e igual ao peso do fluido ele desloca.

- Quando uma pessoa está mergulhada nas águas de uma piscina ou no mar, sente-se mais leve, como se o líquido estivesse empurrando seu corpo para cima.

-Qual a força vertical e dirigida para cima que equilibra o peso de um navio permitindo que ele flutue?” (Grupo 4)

Isso resultou em dificuldades quando o grupo tentou identificar as semelhanças, uma vez que não estavam trabalhando com os enunciados do Princípio. Seu apontamento foi que,

“Todas as Teorias acima, tem em comum o relato de uma possível "força" e que a força que atua sobre o corpo, pesa a mesma quantidade que o corpo pesa.” (Grupo 4)

Percebe-se que o grupo afirma que a semelhança é a força. No entanto, eles não conseguiram compreender a diferença entre força peso e força de empuxo (HEWITT, 2015).

Ao medir a capacidade da latinha, o grupo indicou como sendo 220ml. Depois disso, começaram a colocar volumes de água diferentes no recipiente e logo após colocavam a latinha para entender a relação entre a força Peso e o Empuxo.

Quadro 26. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 4 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 4)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	não
70 ml	Afunda	não
100 ml	Afunda	não
150 ml	Boia	Sim
200 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando o corpo flutua	
Q2	Todas as quantidades	
Q3	Sim. Não flutuava	
Q4	A conclusão foi a força do fluido importa no corpo faz com que o corpo ocorra um empuxo	

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Para a resposta da primeira questão, vemos que os alunos conseguiram associar o ato de flutuar à presença de uma força de empuxo superior à força peso que atua no objeto. No entanto, o segundo questionamento não recebeu uma resposta satisfatória, como evidenciado no Quadro 26

Quanto ao terceiro questionamento, o grupo, ao retornar ao princípio, contradiz o que

foi exposto em sua tabela ao indicar que a latinha boiava quando o recipiente continha 150ml de água. Em sua resposta ao quarto questionamento, observamos que eles mencionam que a força exercida pelo fluido é relevante, o que resulta no empuxo. No entanto, há uma confusão conceitual, pois a força exercida pela água é justamente o empuxo, e quando eles mencionam que ocorre o empuxo, deveriam estar se referindo ao fato de o corpo conseguir flutuar (HEWITT, 2015). Apesar de apresentar alguns equívocos, é possível observar o desenvolvimento desse grupo em relação ao Princípio de Arquimedes e ao conceito de empuxo.

No entanto, o grupo não conseguiu entender o limite da validade do Princípio construído por Galileu e citada por Silveira e Medeiros (2009) em seu estudo.

O grupo 5, ao analisar os enunciados lidos por Maisa, selecionou os enunciados 1, 2 e 3 conforme disposto no Quadro 22. Eles explicitaram que há três conceitos em comum entre esses enunciados.

“Dentre os conceitos comuns nos três enunciados têm-se a questão da força de empuxo assim como o peso, a direção e o volume do líquido que ela desloca.” (Grupo 5)

O grupo 5 traz os conceitos que Silveira e Medeiros (2009) afirmam ser os mais comuns entre os princípios disponíveis na literatura. Eles destacam que o volume de líquido deslocado é o ponto chave para encontrar e entender o limite da validade do princípio aqui estudado, conforme apontado por Silva et al. (2020).

Quadro 27. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 5 ao realizar o experimento que compõem o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 5)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	não
80ml	Afunda	não
230 ml	Boia	Sim
350 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando o objeto em questão boia	
Q2	80ml no terceiro momento, 230ml no quarto momento e 350ml no 5º momento do experimento	
Q3	Não, o objeto permanece no mesmo lugar	

Q4

Concluimos que o empuxo ocorre quando a quantidade de fluido colocado é maior que a quantidade de líquido dentro do objeto (a latinha nesse caso).

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No experimento, o grupo 5 informou que o volume da latinha era de 220ml.

O grupo destacou que pôde observar que o empuxo é maior que o peso quando o objeto boia, o que responde ao primeiro questionamento. Eles também indicaram a quantidade de água utilizada para realizar o experimento. Apesar do texto disponível no roteiro solicitar a análise da situação com 150ml, o grupo não o fez, observando apenas os valores já mencionados. Sendo assim, as respostas para o terceiro e quarto questionamentos serão baseadas no Princípio de Arquimedes, uma vez que o grupo não observou uma situação onde há uma lacuna. Essa resposta é totalmente coerente com o experimento realizado.

O grupo 6 optou por selecionar os enunciados 1 e 2 do Quadro 22. O terceiro enunciado escolhido por eles é um fragmento de uma parte do material físico disponível.

“Os objetos pesam mais quando estão no ar do que na água. Quando um bloco é submerso, a marcação da balança diminui. O peso “que falta” é igual ao peso da água deslocada, que é igual a força de empuxo.” (Grupo 6)

Sendo as semelhanças entre os enunciados expostos:

“A semelhança entre os enunciados é que em todos os experimentos há um corpo imerso em água e a partir disso nota-se uma ação de uma força vertical, chamada empuxo, uma força que tem intensidade igual ao do peso do volume de fluido deslocado pelo corpo, e o objeto imerso aparenta ser mais leve por conta da força que empurra ele para cima.” (Grupo 6)

Percebemos na resposta do grupo 06 um resumo de tudo que eles leram nos enunciados escolhidos, em vez de uma seleção de conceitos específicos. No entanto, ainda assim, podemos observar que eles compreendem que a força do empuxo é vertical e tem a intensidade igual à do peso do fluido deslocado (HEWITT, 2015)

Quadro 28. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 6 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 6)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	não

70ml	Afunda	não
200 ml	Boia	Sim
150 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando o item é submerso a água	
Q2	No caso 3: 70ml e no caso 4: 200ml	
Q3	Mesmo a quantidade de água sendo menor do recipiente, houve empuxo.	
Q4	Mesmo a quantidade de água sendo menor, pelo fato do recipiente ser estreito, fez com que a quantidade de água fosse o suficiente para ocorrer o empuxo.	

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Com relação às respostas durante o experimento, temos suas respostas presentes no Quadro 28. Os alunos do grupo 6, em sua investigação, verificaram que a latinha possuía 220ml e a partir disso observaram e preencheram a tabela disponível.

No primeiro questionamento, observamos que os alunos concluíram o contrário, pois o empuxo é maior que o peso justamente quando o objeto não fica totalmente submerso na água. Como o grupo não indicou o quanto o objeto estaria submerso, ficamos com uma resposta ambígua.

Já no questionamento seguinte, temos como respostas os dois casos montados, sendo eles 70ml e 200ml. No terceiro questionamento, vemos em sua resposta aquilo apontado por Silveira e Medeiros (2009). Com um cuidado apenas para o final, onde o aluno poderia citar que o empuxo é maior que o peso.

Por fim, em sua resposta ao último questionamento, vemos o grupo alcançar o Nível de Desenvolvimento Potencial que essa sequência se propôs a realizar. Sendo ele o de entender e afirmar que existe uma limitação no princípio estudado por nós (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).

O Grupo 8, não apresentou os enunciados que eles escolheram para dizer quais são as semelhanças encontradas, colocando apenas como resposta o seguinte:

“Os textos falam sobre uma força vertical denominada de "empuxo". O corpo imerso sofre a ação de uma força dirigida para cima. Além disso, os textos determinam, através de fórmulas, que o "valor" será igual ao volume do líquido envolvido na "solução"” (Grupo 8)

A primeira parte de sua resposta traz a ideia parcial do Princípio de Arquimedes, mas

a última parte é justamente onde encontramos o conceito do volume deslocado pelo objeto, e essa parte foi suprimida da resposta presente. Além disso, o grupo trouxe no lugar desse conceito o volume do líquido envolvido na solução, o qual não fazia parte do exposto científico.

Quadro 29. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 8 ao realizar o experimento que compõem o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 8)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
100 ml	Afundou	não
200ml	boiou	sim
120 ml	Afundou	Não
140 ml	Afundou	Não
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando a quantidade de água é maior que 100 ml	
Q2	100 ml, 200ml, 120 ml, 140 ml.	
Q3	Se a quantidade for menor que 140 ml não ocorre empuxo	
Q4	Chegamos à conclusão que ao colocar 140ml e 200 ml de fluido principalmente em fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força.	

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Com relação à parte experimental, o grupo mediu o volume da latinha, encontrando-o equivalente a 220ml. Em seguida, realizaram os experimentos e processaram os dados em uma tabela, presente no Quadro 29. Para o primeiro questionamento, o grupo interpretou corretamente os dados coletados, afirmando que a partir de 100ml, a latinha já possui uma força de empuxo maior que a força peso, como afirma Silveira e Medeiros (2009).

No segundo questionamento, eles indicaram as quantidades analisadas e logo em seguida expuseram que quando a quantidade de água no recipiente é menor que 140ml, a latinha não flutua. Entretanto, houve um equívoco novamente relacionado ao entendimento do empuxo, pois sempre que um corpo estiver na água, haverá a presença dessa força (HEWITT, 2015).

Por fim, vemos mais um grupo alcançando o NDP, explicando que com os volumes de 140ml e 200ml, o objeto recebe a ação de uma força. A resposta poderia ser mais explorada, no entanto, já demonstra que eles entenderam que existe uma limitação no princípio (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).

O nosso último, o grupo 10, selecionou como enunciado os 1, 2 e 3 do Quadro 22. Como semelhança entre esses enunciados, eles apresentaram a seguinte resposta:

“Os três enunciados estão relacionados no princípio de Arquimedes que afirma que um corpo imerso em um fluido recebe uma força de empuxo dirigida para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado pelo corpo, mas descrito de formas diferentes.” (Grupo 10)

O grupo conseguiu representar bem os enunciados por meio de um resumo dos três que escolheram.

Quadro 30. Respostas transcritas da ficha física preenchida pelo grupo 10 ao realizar o experimento que compõe o terceiro momento dessa pesquisa.

Roteiro do Experimento (Grupo 10)		
Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso?
50 ml	Afunda	não
80ml	Afunda	não
100 ml	Afunda	não
150 ml	Boia	Sim
Questões para resolução e discussão:		
Q1	Quando um corpo é imerso, total ou parcialmente, em um fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força vertical denominada empuxo.	
Q2	Utilizamos 80ml e 100ml	
Q3	Quando o fluido foi 80 ml e 100ml a latinha afundou, já quando a quantidade foi 150ml a latinha boiou.	
Q4	Conclui-se que, há uma discrepância entre o experimento e o princípio. No princípio o fluido está em equilíbrio com o volume do objeto, no experimento o fluido está menor que o volume do objeto e ocorreu o empuxo.	

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No momento do experimento, o grupo 10 também informou que o volume da latinha era de 220ml. Com base nisso, eles realizaram os experimentos e fizeram os registros conforme apresentado no Quadro 30. Em sua resposta ao primeiro questionamento, observamos um rigor científico e o cuidado que o grupo teve com as palavras, refletindo exatamente o que encontraram nos livros fornecidos. Para o segundo questionamento, eles mencionaram que utilizaram 80ml e 100ml para suas análises.

Quando questionados sobre sua percepção nas situações em que o volume de água era menor que o volume da latinha, eles indicaram que, para os valores escolhidos por eles, a latinha afundou. No entanto, para 150ml de água, ela flutuou. Por fim, concluíram que existe

uma discrepância entre o experimento e o princípio. Como explicação, destacaram que o princípio afirma que o fluido está em equilíbrio com o volume do objeto, ou seja, no mínimo, eles são iguais. No entanto, a situação observada mostrou que ocorre o empuxo mesmo quando o volume de água é menor que o do objeto colocado no recipiente (SILVEIRA; MEDEIROS, 2009).

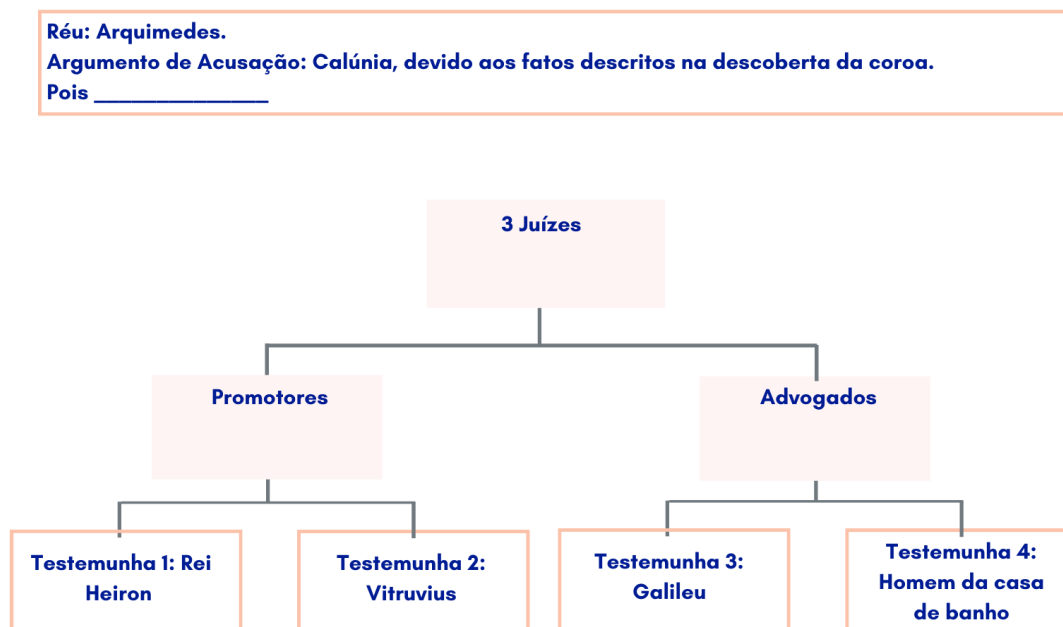
A inconsistência encontrada nessa resposta é que o empuxo seria maior que a força peso. Corrigindo esse ponto, as respostas do grupo 10 estariam totalmente de acordo com os conceitos físicos. No entanto, vale ressaltar que consideramos que o grupo alcançou o NDP, pois nosso objetivo sempre foi fazer com que os alunos entendessem a lacuna do Princípio de Arquimedes. Os pontos de confusão podem ser abordados em uma aplicação futura para sanar essa questão.

Portanto, nesta etapa de Resolução do Problema com Base nos Conhecimentos Físicos, pudemos observar algumas dificuldades enfrentadas pelos grupos em relação ao conteúdo apresentado nos livros. Houve dificuldade em compreender os enunciados dispostos nos materiais estudados por Maisa. Um grupo não conseguiu reinterpretar o problema e seus questionamentos, resultando na falta de desenvolvimento de uma resposta conforme o esperado. Essa questão já foi apontada por Leite e Afonso (2001) ao delinearem as etapas da RP, colocando esse grupo na categoria de Desenvolvimento Insuficiente. No entanto, os demais grupos conseguiram realizar essa reinterpretação e análise dos dados processados por eles. É importante notar que três desses grupos não conseguiram identificar a lacuna no conceito.

4.7 Análise da retomada dos problemas 1 e 2, Júri Simulado (4ª aula)

Os problemas 1 e 2 foram retomados em um júri simulado, uma atividade proposta para os alunos que desejaram participar. Essa abordagem foi adotada considerando a variedade de habilidades entre os alunos e alunas, reconhecendo que nem todos se sentiam confortáveis para falar em público. Dessa forma, foi preservado o caráter voluntário da pesquisa, garantindo que os estudantes pudessem participar de acordo com sua vontade e conforto. Buscamos assim, analisar as possibilidades da RP para a apropriação da lacuna no princípio de Arquimedes pelos estudantes, terceiro objetivo específico.

Figura 23. Esquema usado em sala para elencar o papel de cada aluna voluntária.



Fonte: elaborado pelas autoras (2023).

Apresentamos essa estrutura para os estudantes em sala. Com isso, buscamos voluntários para cada personagem. Tivemos duas alunas que se voluntariaram para o cargo de Juízas, uma para a promotoria, duas para advogadas e uma aluna diferente para cada testemunha. Após a organização, foi dado aos alunos duas semanas para que os mesmos pudessem se organizar e desenvolver o júri simulado.

Para as juízas foi disponibilizado um roteiro presente no apêndice J para que elas pudessem guiar a plenária. Sendo assim, as Juízas deram início ao júri simulado.

Quadro 31. Transcrição dos turnos 1 e 2 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
1	Juíza 1: Vamos dar início ao início do acusado Arquimedes pelo crime de calúnia, parte representada pelos ilustres promotores (Nome da aluna que representa a promotoria). E só por falar em nome do Ministério Público e dos novos advogados (nome da aluna que representa a defesa) e (nome da aluna representa a defesa). Juíza 1: O acusado encontra-se em plenário. Jurados estejam cientes da sua missão no dia de hoje, examinar essa causa com imparcialidade e decidir com vossa consciência. Juíza 2: Apresentação do caso pelos promotores. Três minutos no máximo.
2	Promotora: Então, o caso a ser analisado aqui é a calúnia de Arquimedes contra o joalheiro em questão, que produziu a joia do rei. E é importante mencionar, e principalmente, a grande possibilidade da história contada e perpassada tantos anos ter sido romantizada, ou

	seja, uma lenda. Porque, eu não sei se todos aqui presentes sabem, mas... Que o Vitruvius, o principal contador do experimento de Arquimedes, ele viveu 100 anos após Arquimedes. Ou seja, a história que chegou a ele pode ter sido distorcida de diversas maneiras é... algumas. Alguns fatores provam a invalidez desse princípio de Arquimedes, e ele não serve para todos os casos, como por exemplo, ele não serve para furos compreensíveis, superfícies tensas, fluidos não homogêneos, flutuação inesperada como um objeto que tanto faz ele boiar quando ele afundar, se você fizer uma pressão, é... para fluxo de fluido com rios como lagos, lago, lagoas que tem alguma correnteza de água, então é inviável ou improvável de que o empuxo, o princípio, a experiência de Arquimedes seja comprovada em todos os casos. É isso...
--	--

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No primeiro turno, observamos o empenho das juízas em de fato se envolverem no personagem e logo passaram a palavra para a promotora. No segundo turno, pudemos observar o rigor para com os dados levantados, principalmente no primeiro problema. Ao apresentar o primeiro grifo no Quadro 31, notamos o fato que Martins (2000) trouxe em seus escritos. Os alunos e alunas, em momento algum, tiveram acesso ao trabalho desse pesquisador. Esse fato foi investigado por eles no primeiro problema em nossa segunda aula, quando os mesmos receberam o material físico solicitado.

O segundo grifo já traz o trabalho de Silveira e Medeiros (2009), ao qual os alunos também não tiveram acesso. Essa fala diz respeito ao experimento realizado em nossa terceira aula. Relembrando que nem todos os grupos conseguiram chegar a essa conclusão e o Grupo 6, que a promotora estava, conseguiu chegar nesse desfecho.

Quadro 32. Transcrição dos turnos 3 e 4 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
3	Juíza 2: Deliberações dos promotores com a testemunha 1 (Rei Hieron) Nome da aluna. Cinco minutos. Juíza 1: Rei Hieron. Juíza 2: Ah, não! Juíza 2: Ah! Para falar isso aqui. Eu que estava.
4	Promotora: Olá, bom dia, eu gostaria de começar com uma pergunta para você. Você fez toda uma pesquisa com todos os joalheiros do reino. Você pesquisou os melhores, avaliou os trabalhos. Você em algum momento duvidou da índole do melhor joalheiro do reino? Tudo bem pra você. Rei Hieron: Não. Promotora: Se você não duvidou da índole do joalheiro, por que motivo, razão ou circunstância você chamou Arquimedes para descobrir se a coroa era realmente 100% ouro ou se tinha algum outro componente?

	Rei Hieron: Houve uma denúncia, relatando que o joalheiro tinha usado é... pouco material. Promotora: Certo... O que Arquimedes ganharia se ele descobrisse que... havia fraude na construção ali da coroa? Rei Hieron: se mantém em silêncio. Promotora: Ele ganharia alguma coisa foi acordada como recompensa: Se você descobrir, você vai ter mais respeito, você vai ser mais reconhecido, você vai ganhar dinheiro. Houve algo? Rei Hieron: afirma balançando a cabeça. Promotora: é sobre.
--	---

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Para o Quadro 32, no terceiro turno, as juízas deliberaram quais seriam as próximas ações a serem tomadas. Após o anúncio, temos a presença das falas da promotora e do Rei Hieron no turno 4. A promotoria foi responsável por chamar a testemunha 1. Sendo assim, essa testemunha seria usada para corroborar a acusação de que Arquimedes não fez o experimento como descrito e que, se fez, não teria como afirmar com certeza que o joalheiro havia roubado o rei.

Quadro 33. Transcrição dos turnos 5 e 6 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
5	Juíza 2: Deliberações dos advogados. Três minutos.
6	Advogada 1: Eu acredito que a partir do momento que a rainha confiou em Arquimedes para conseguir confirmar se a coroa dela era feita totalmente de ouro ou se tivesse uma mistura de qualquer outro material ela acreditava totalmente em Arquimedes porque como a gente já sabe ele era um estudioso, ele tinha bastante habilidade... Ele sempre foi muito... Acho que além do normal em relação a cliente e acho que a partir do momento que a rainha que é muito importante colocar confiança em um estudioso é porque ele tem capacidade de realizar isso. Terminei.

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Com base no que foi exposto pela promotoria, a advogada, no Quadro 33, incumbiu-se de apresentar dados que corroboram o caráter de Arquimedes, demonstrando que ele não precisaria inventar nada para obter prestígio, como afirmava a promotora. Assim como Galileu, ao propor o paradoxo, fez questão de deixar claro que a maneira como o experimento foi narrado estava errada. No entanto, isso não tira de Arquimedes o mérito pelo feito (GALILEO, 1986).

Quadro 34. Transcrição dos turnos 7 e 8 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
7	Juíza 2: Certo. E as deliberações dos promotores com a testemunha Vitruvius. Cinco minutos...
8	Promotora: É... bom dia! Foi você a pessoa que relatou o experimento de Arquimedes e abriu as portas, assim, pro mundo para descobrir o empuxo que ele também tinha descoberto. Você poderia me dizer mais ou menos assim em média, quando anos antes de você Arquimedes viveu? Vitruvius: Cerca de 100 anos. Promotora: Certo... Você acredita que a história que chegou a você: ela é 100% do jeito que saiu ou foi meio um falatório, telefone sem fio, de ouvido para ouvido ela tenha sido mudada, romantizada de alguma forma? Vitruvius: É evidente que pode ter ocorrido algumas alterações, mas eu afirmo que a história que foi contada por mim ela tem sim seu teor de verdade e principalmente quando atrelada aos experimentos realizados por Arquimedes Promotora: E como você descobriu essa história de Arquimedes? Vitruvius: A história de Arquimedes ela foi contada por pessoas ao meu redor é... De uma relevância e de uma confiança da minha parte e por isso eu resolvi escrever. Promotora: Certo. Você reconhece que experimentos, com poucos instrumentos que tinha na época de Arquimedes pode haver falhas ou pode não ser adotado para todos os tipos de situação? Vitruvius: Com certeza. Mas eu afirmo isso e, em contrapartida, também afirmo que não só no caso de Arquimedes, como em diversos outros físicos e cientistas do mundo, isso pode ter acontecido em algum momento. O experimento de Arquimedes ele fez com base nas coisas que ele tinha disponível naquele momento. E é evidente que a ciência, a física, nesse caso, ela pode ter avançado conforme o passar dos anos. Mas isso não significa que as propostas feitas por Arquimedes e seus experimentos sejam falsas. Promotora: Certo, obrigada.

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No Quadro 34, no sétimo turno, temos novamente a presença das juízas para deliberar o tempo e de quem será a vez de falar. Sendo assim, no turno seguinte, temos a presença da promotoria com Vitruvius. O diálogo é iniciado com um questionamento da promotoria sobre as épocas em que cada um viveu, ressaltando um dos dados apresentados em muitas respostas ao primeiro problema, e como afirma Martins (2000) em seu trabalho, ambos viveram cerca de dois séculos de diferença. A promotora traz justamente esse questionamento para Vitruvius: “E como você descobriu essa história de Arquimedes?” O aluno que está vivendo o personagem de Vitruvius apenas narra que foram pessoas de sua confiança, fazendo com que a promotora consiga seu desfecho, como fez o pesquisador aqui citado, evidenciando que essa

história pode conter falhas.

Ainda nesse turno, Vitruvius traz consigo que todo o experimento é desenvolvido com os itens que se tem na época e que a física pode sofrer avanços com o passar do tempo, não significando que os experimentos realizados por Arquimedes sejam falsos. Esse ponto levantado abriria brecha para a promotora citar o instrumento de medida: o sextarius, que é mais um dos pontos que vai na contramão da história, pois o mesmo não apresenta precisão suficiente para realizar o experimento descrito (DOS SANTOS JUNIOR; HIDALGO; DE ARAÚJO PAULA, 2023).

Quadro 35. Transcrição dos turnos 9 e 10 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
9	Juíza 2: Deliberações dos advogados. Três minutos
10	Advogada: Acho que por ter acontecido há tempos. Há muitos anos atrás, mesmo antes de Vitruvius aparecer. Eu acredito que pôr a história ter mesmo uma validade isso tornou Arquimedes conhecido e até hoje a gente pode ver que realmente acontece. Porque se é algo que realmente é calculado e é provado através da matemática, através da física, então é o que realmente acontece. Eu acho que se fosse realmente algo apenas de história, eu poderia dizer: É algo que eu acredito sim, que pode ter sido algumas coisas que foram acrescentadas, mas a essência continua a mesma.

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No Quadro 35, turno 9, temos a presença das juízas informando a vez da defesa para esse momento. Sendo assim, no décimo turno, vemos afirmações da advogada que recaem muito sobre as críticas feitas nas pesquisas de Dos Santos Silva e De Araújo (2019), de que os alunos acabam se baseando nas literaturas presentes, fazendo com que eles reafirmam o que está escrito mesmo quando não condiz com a realidade. Vale ressaltar que o papel da defesa nesse júri é defender Arquimedes, fazendo com que essa fala seja bastante positiva para um possível veredito.

Quadro 36. Transcrição dos turnos 11 e 12 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
11	Juíza 2: Deliberações dos advogados com a testemunha Galileu.
12	Advogada: Então, Galileu, você concorda comigo que Arquimedes era um estudioso que buscava realmente cálculos, que tinha fascinação pela física e que gostava realmente de buscar a matemática da forma dele, e que ele sempre buscou isso desde cedo. E você concorda que o experimento dele, a teoria dele, tem validade? Galileu: Com certeza. É evidente. A gente consegue observar quando o empuxo acontece, Quando qualquer corpo ele é submerso, ele consegue boiar. Um exemplo disso é quando a

	gente faz um experimento com a latinha e ela quando a gente coloca 150 ml de água nela, de algum líquido, no caso, e coloca ela dentro de um recipiente com 200 ml, a gente consegue observar e evidenciar e provar também que o empuxo acontece. Advogada: Isso se dá também porque se você conseguir ver o volume da água antes de colocar o objeto e a partir do momento que você coloca o objeto, se você fizer uma simples subtração do que estava antes e o que foi depois de colocar o objeto, você vai conseguir ver a diferença. Vai saber o volume desse corpo.
--	---

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Mais uma vez, temos no início do bloco as juízas e no turno 12 a presença da advogada com Galileu no Quadro 36. O questionamento inicial é sobre a validade da Lei de Arquimedes onde Galileu, a personagem do júri, afirma que quando submerso qualquer corpo consegue boiar, trazendo um exemplo que foi discutido em nosso segundo problema. A advogada reitera que ao colocar o objeto dentro de um volume de água, é possível descobrir o volume do objeto. Esses fatos são narrados em todos os livros que apresentamos nesse trabalho. Vale ressaltar que não está errado. No entanto, não era possível para Arquimedes, com o sextarius, realizar essa medição (MARTINS, 2000).

Quadro 37. Transcrição dos turnos 13 e 14 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
13	Juíza 2: Deliberações dos promotores 3min.
14	Promotora: Você falou que acredita muito nas habilidades, no conhecimento físico de Arquimedes. Mas, tem um estudo seu, uma pesquisa conhecida como o Paradoxo de Arquimedes, que contradiz o que você acabou de dizer que é: se o empuxo é quando desloca o líquido igual do volume do objeto que está sendo submerso porque em alguns como o experimento que foi realizado. Eu tenho dois exemplos aqui. Eu creio que todos aí tenham acesso também. A partir de 150ml. A partir de 150 ml, o corpo já sofre empuxo, sendo que a latinha tem um volume muito maior do que 150 ml. Isso é meio que um paradoxo, não é? Talvez até ilógico? Galileu: Talvez até ilógico. É exatamente como você disse quando o corpo ele consegue a mesma capacidade ou igualar os ml, ele verdadeiramente não acontece. O empuxo. O empuxo, no caso do corpo, tem que ser proporcional a quantidade de líquido do recipiente que vai ser colocado o objeto. Então o empuxo ele acontece só quando um corpo é... ele tem uma quantidade menor de líquido ou de algo dentro que seja proporcional ao recipiente que for colocado. Promotora: Certo... Eu acho que todos participaram do experimento proposto com a latinha com a quantidade de água. E todos observaram. Como eu analisei alguns papéis. E no último caso, quando você coloca 150ml de água, a latinha com mais de 150 ml, ela sofre empuxo. Ela boia mesmo o volume dela sendo maior do que o volume da água, da água colocada no recipiente. Eu acho que raciocinando um pouco, talvez vocês entendam o paradoxo ou talvez a falta de lógica que comprova esse experimento. É só...

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Logo após a indicação da juíza no turno 13, presente no Quadro 37, a promotora, no turno 14, começa seu diálogo com Galileu e já traz como argumento o paradoxo do próprio Galileu. Este é mais um ponto que trouxemos em nosso referencial teórico, lembrando também do experimento realizado no problema 2. Vemos que a aluna que representa Galileu tenta reafirmar o princípio de Arquimedes. No entanto, logo a promotora enfatiza o experimento realizado em sala em sua fala seguinte, informando que o objeto boia mesmo quando o volume dele é maior do que o volume do fluido disponível.

Quadro 38. Transcrição dos turnos 15 e 16 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
15	Juíza 2: Deliberações dos advogados com a testemunha homem da casa de banho. 5 minutos.
16	Advogada: Eu pergunto ao homem da casa de banho se realmente Arquimedes esteve lá. E que pode provar que realmente teve esse encontro dele com a banheira e com a coroa? Homem da casa de banho: Sim, eu vi ele na casa de banho. Ele entrou e fez uma baguncinha. Sujou tudo de água. Advogada: Eu acho que como Promotor, perguntou a Galileu. Um pouco sobre ser um paradoxo e não ter tanta validade. Mas eu acho que até em experimentos hoje que nós usamos e vemos que tem validade, tem exceções. Pode haver exceções materiais, pode haver exceções de objetos e isso não significa que acabou a validade com outros tipos de materiais.

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No turno 15, presente no Quadro 38, as juízas apresentam a defesa e a terceira testemunha. No turno 16, a advogada começa questionando o homem da casa de banho sobre se houve um encontro de Arquimedes e a coroa na casa de banho. Nos estudos realizados, nenhum aponta para Arquimedes e a coroa da rainha na casa de banho. Essa parte da “história” é narrada apenas com Arquimedes observando o seu corpo expulsando uma parte do volume de água (VITRUVIUS, De l architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7). Seguindo com a afirmação em nosso júri sobre a presença de Arquimedes e a coroa. Sendo assim, a defesa fecha com o argumento de que qualquer experimento pode ter exceções e isso não significa que a validade acabou.

Quadro 39. Transcrição dos turnos 17 e 18 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
17	Juíza 2: Deliberações dos promotores. Três minutos.
18	Promotora: Bom dia?

	Homem da casa de banho: Bom dia. Promotora: Você está aqui como testemunha de que ele realmente esteve no local para concluir o experimento. Mas a história conta de que ele usou de diversos materiais, o que é bem estranho para se ter disposto numa casa de banho. Você viu, presenciou ou de alguma forma ele deixou vestígios de ter entrado com esses materiais, de ter usado esses materiais lá dentro? Homem da casa de banho: Não, não lembro de ter visto ele com esses materiais. Promotora: Então você não viu ou não pode comprovar que ele esteve lá com os materiais de ouro, de prata, a coroa. Tudo o que você pôde nos dizer aqui agora é que ele deixou vestígios de uma sala molhada. Homem da casa de banho: Sim Promotora: o que, convenhamos, é comum para uma sala de banho. Acho que é só.
--	--

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

No Quadro 39, a juíza indica o que ocorreu no turno 17 e no turno 18 vemos a acusação com o homem da casa de banho. Ela começa perguntando sobre os materiais usados por Arquimedes, se houve algum vestígio dos mesmos na casa de banho. Com a negativa do homem, a promotoria segue reafirmando que não tem como comprovar se o material de ouro, outro de prata e o de ouro e prata estavam presentes no local, sendo a única lembrança do homem o da bagunça deixada por Arquimedes. O homem da casa de banho volta a afirmar as palavras ditas pela promotoria que segue dizendo que é algo bastante normal para uma casa de banho e fecha sua argumentação.

Quadro 40. Transcrição do turno 19 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
19	Juíza 2: A plenária entrará em recesso por cinco minutos. Pedimos aos senhores e senhoras que se retirem. Retornaremos em breve. Juíza 1: Vamos começar agora com o debate sobre o caso. Jurados, eu peço a atenção de vocês para o caso. Atentem-se ao que foi dito e lembrem-se das coordenadas dada pelos, tanto pelos advogados quanto os promotores. Alguém quer começar iniciando, falando? Alguém quer dar início, falando algo, rebatendo algo, impondo algo. Juíza 2: Professor da turma, quer falar alguma coisa? Professor da Turma: Eu acho que seria interessante seguir, né? Vocês poderiam tirar dois minutos pra escrever ne? Eu vi que teve muita gente que não escreveu. Ele nem escreveu. Juíza 2: A gente pede para colocar o argumento, se a testemunha falou sim, não talvez... Não sei.

	Júri 1: Ah, vou colocar isso. Professor da Turma: Mas vejam, é o argumento do promotor com a testemunha e do advogado com a testemunha.
--	---

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Com tudo isso, a plenária é encerrada pelas juízas, como mostrado no Quadro 40. Entrando em recesso para que exista o debate entre os juízes e o júri. As testemunhas, advogada, promotoria e professores saíram da sala e os alunos começaram o debate. Esse momento durou 15 minutos. Ao fim desse tempo, fomos convidados a entrar na plenária novamente para o veredito.

Quadro 41. Transcrição do turno 20 do Júri simulado desenvolvido para a retomada dos problemas 1 e 2.

Turno	Fala
20	Juíza 2: Vamos prosseguir com esse tribunal, os jurados e o júri entraram em um acordo, em um consenso que Arquimedes foi achado como culpado, pois a sua foi... Foi achado como absolvido, pois sua lei serve sim para definir o empuxo. Porém, a história não foi contada, ou talvez tenha sido contada de uma forma persuadida e diferente da qual ela foi acontecida. Juíza 1: No caso No caso, a história foi alterada né? com o passar do tempo, porque não sabemos ao certo se... Juíza 2: Chegamos à conclusão que... é... muitas coisas que da promotoria imposto as testemunhas não faziam sentido da parte das testemunhas. Então as testemunhas mesmo em acordo elas se contradiziam. Mas tanto a promotoria quanto os advogados usaram argumentos de que a lei e a física podem ter mudado com o passar dos anos... muitos, muitas coisas apresentadas tanto pelas testemunhas, pelos promotores e pelos advogados tiveram falta de preparo. Posso dizer assim e falta de lógica. A lei serve sim para definir, mas como a própria promotoria disse, não são todos os casos. Até porque, como todos sabemos, a ciência física evolui com o passar dos anos. Algo que aconteceu no passado pode continuar a acontecer no futuro, só que de outra forma, com novas descobertas. Então o júri e os jurados chegaram à conclusão que Arquimedes foi absorvido pelo crime de calúnia e a sua lei serve Dado por encerrado esse tribunal.

Fonte: Dados de pesquisa (2023).

Para finalizar o júri simulado, no Quadro 41, o veredito foi proferido pelas juízas. Arquimedes foi absolvido, porém elas deixaram claro que existem pontos falhos na história, corroborando com Martins (2000), e reforçaram a questão do experimento, bem como a validade do princípio de Arquimedes para muitos casos. No entanto, ressaltaram que ainda existe uma limitação.

Essa foi a conclusão à qual toda a turma chegou após a apresentação do júri. Com

isso, podemos constatar que as alunas que se voluntariaram para os papéis tiveram, segundo Vygotsky, um papel de *ser mais experiente* nesse processo, auxiliando assim os demais a alcançarem a Zona de Desenvolvimento Potencial.

Quadro 42. Representação das categorias elencadas para cada grupo após a análise dos seus trabalhos.

Grupos	Estratégias Gerais para Resolução do Problema	Resolução do Problema com Base nos Conhecimentos Físico		Avaliação e síntese final
	Problemas 1 e 2	P1	P2	Júri (Retomada)
01	DDE	DAE	DR	DDE
02	DDE	DDE	DR	DDE
03	DDE	DDE	DI	DDE
04	DDE	DR	DR	DDE
05	DDE	DDE	DDE	DDE
06	DDE	DDE	DDE	DDE
08	DDE	DI	DDE	DDE
10	DDE	DDE	DDE	DDE

Fonte: Elaborado pelas autoras (2023).

Por fim, no Quadro 42, temos as categorias de cada grupo em cada etapa realizada. Observamos que no primeiro momento, onde os grupos tiveram que selecionar as estratégias de resolução, todos alcançaram a categoria de Desenvolvimento Dentro das Expectativas. Já na segunda e terceira aula, temos algumas oscilações já discutidas, e em nosso último momento, todos os grupos entraram em consenso quando houve a retomada dos problemas por meio do júri simulado, obtendo assim o DDE.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa buscou responder a seguinte pergunta de pesquisa: Quais possíveis contribuições da Abordagem de Resolução de Problemas para o estudo do Princípio de Arquimedes, pelos estudantes do Ensino Médio?

Com relação ao primeiro objetivo específico de pesquisa que visou identificar as direções de estudos sobre Resolução de problema ancorados na teoria de Vygotsky, desenvolvidos no ensino de Física com alunos do ensino médio, apresentamos as principais conclusões:

Nas produções analisadas, destacamos a relevância desta abordagem centrada no aluno em todos os trabalhos, evidenciando sua atuação ativa no processo de ensino e aprendizagem. A mediação pelo problema e por uma pessoa mais experiente, fundamentada na teoria de Vygotsky é uma característica comum nestas produções e visa promover uma relação mais simétrica entre aluno e professor. Além disso, as ferramentas e os signos são

utilizados para mediar esta relação, sendo a linguagem o recurso mais frequente.

Quanto aos problemas apresentados nos artigos, estes foram categorizados de acordo com referenciais teóricos específicos da abordagem de resolução de problemas, e refletindo a diversidade de estratégias didáticas adotadas nos estudos analisados. Embora nenhum dos artigos tenha focado na análise da eficácia da resolução de problemas, sua utilização foi validada como uma metodologia de ensino que visa promover o desenvolvimento de diversas habilidades pelos alunos, como por exemplo o trabalho colaborativo.

De modo mais específico, o levantamento bibliográfico permitiu identificar quais aspectos da teoria de Vygotsky, os temas abordados, os participantes da pesquisa e as tipologias de problemas estavam presentes nos estudos acerca da Resolução de Problemas no Ensino de Física. A partir disso, buscamos entender melhor e discutir sobre o termo problema real descrito por Vygotsky de forma teórica e sua relação com a tipologia de problemas na RP. Observamos semelhanças na construção de enunciados dos problemas nos trabalhos analisados, onde os autores consideravam o contexto em que os alunos estavam inseridos. Os autores fizeram uso do referencial teórico sobre a Resolução de Problemas no momento de descrever as etapas desta metodologia nos artigos analisados. Não foi encontrado nenhum trabalho que abordasse o Princípio de Arquimedes. Por esse motivo, este conceito foi selecionado para a discussão nesta pesquisa.

Em síntese, as produções analisadas indicam uma aplicação prática e contextualizada dos princípios vygotkianos, integrando aspectos culturais e psicológicos para enriquecer o processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

Para o segundo objetivo específico relacionado à análise do processo da resolução de problemas articulada à experimentação acerca da lacuna apresentada no Princípio de Arquimedes, percebemos que:

Nas respostas iniciais aos problemas P1 e P2 foi observado que os alunos apresentaram um bom desempenho na organização dos questionamentos, indicando um engajamento com os problemas e uma compreensão inicial destes. No entanto, foram identificadas confusões conceituais acerca dos conceitos de Pressão, Força, Peso e Densidade, que podem remeter a possíveis lacunas de ensino e aprendizagem em anos anteriores do ensino médio.

Com isso, pudemos compreender o perfil dos alunos diante dos problemas 1 e 2, identificando o Nível de Desenvolvimento Real. Todas as respostas iniciais cumpriram o objetivo de expressar questionamentos para aprofundar o entendimento dos problemas e propor soluções. Então, as respostas se situam dentro do desenvolvimento das expectativas

propostas. Foi possível também identificar os conhecimentos que os alunos julgaram necessários para o entendimento do problema, e a partir disso situar a zona de desenvolvimento proximal.

Um ponto importante a destacar sobre a primeira aplicação da RP na sala de aula é a necessidade dos estudantes de validarem suas respostas. Mesmo neste primeiro momento, quando foi pedido que colocassem seus questionamentos, eles perguntavam se a resposta estava correta, o que evidencia um ensino voltado para respostas corretas e incorretas.

Na primeira aula, a mediação da professora foi de suma importância, pois muitos grupos acreditavam que não conseguiriam construir os questionamentos solicitados. A pergunta: "isso está certo, professora?" foi repetida diversas vezes por todos os grupos. Foi necessário que a pesquisadora explicasse que, nesta atividade, o objetivo não seria verificar se as respostas eram certas ou incorretas. Para tranquilizar os alunos, a professora fez uma alusão aos investigadores de crimes: "quando se está investigando um crime, existem questionamentos corretos ou incorretos? Vocês são os detetives e este é o caso apresentado a vocês. Cada grupo terá uma linha de investigação que conduzirá a uma solução." A partir desse momento, os alunos se sentiram mais confiantes e começaram a repetir: "não tem questionamento incorreto. Se você acha que precisamos saber disso, vamos perguntar".

Durante o jogo dos "7 erros" permitiu aos alunos a análise dos materiais existentes à época do estudo de Arquimedes. Alguns grupos indicaram a não existência de um sistema de medidas, de uma banheira e dos instrumentos de medida, pontos estes levantados por Martins (2000).

O júri simulado permitiu aos alunos explorarem diferentes perspectivas e argumentos relativos ao Princípio de Arquimedes. Houve o desenvolvimento de conexões que alguns alunos ainda não haviam feito. A promotoria e a defesa apresentaram informações relevantes, e o resgate das soluções propostas aos problemas.

Apesar das oscilações no desempenho dos grupos no processo de resolução, eles alcançaram um consenso durante o júri simulado, que indicou um melhor entendimento dos problemas. Isso sugere que a resolução de problemas contribuiu para o desenvolvimento dos alunos, levando-os a atingir o nível de desenvolvimento potencial, e a compreender a complexidade do Princípio de Arquimedes e suas limitações.

Com relação às possibilidades da RP, para a apropriação da lacuna sobre o princípio de Arquimedes pelos estudantes, podemos afirmar que esta abordagem proporcionou:

- Identificação de Lacunas: através da resolução de problemas, os alunos puderam identificar e reconhecer a existência de lacunas no Princípio de

Arquimedes. Ao se depararem com situações em que o princípio não se aplicava de forma direta, eles foram desafiados a questionar e investigar as limitações do conceito.

- **Reflexão Crítica:** A abordagem da resolução de problemas estimulou uma reflexão crítica sobre o conhecimento científico. Os alunos foram incentivados a questionar premissas assumidas, a considerar diferentes perspectivas e a avaliar a validade das informações apresentadas.
- **Desenvolvimento do Pensamento Científico:** Ao enfrentarem problemas complexos e desafiadores, os alunos foram levados a aplicar o pensamento científico na busca por soluções. Eles tiveram que formular hipóteses, realizar experimentos, analisar dados e tirar conclusões fundamentadas.
- **Aprendizagem Colaborativa:** A resolução de problemas promoveu a colaboração entre os alunos, incentivando-os a trabalhar em equipe para encontrar soluções. A troca de ideias e o debate de diferentes pontos de vista enriqueceram o processo de aprendizagem e permitiram uma compreensão mais ampla do tema.
- **Compreensão das Limitações do Conhecimento Científico:** Os alunos puderam compreender que o conhecimento científico está sujeito a limitações e que nem sempre as teorias e princípios são aplicáveis em todas as situações. Isso os incentivou a adotar uma abordagem mais crítica e flexível em relação ao conhecimento científico.

Em resumo, a resolução de problemas proporcionou uma abordagem dinâmica e eficaz para a apropriação da lacuna no Princípio de Arquimedes, permitindo aos alunos uma compreensão mais profunda e significativa dos conceitos científicos e promovendo o desenvolvimento de habilidades essenciais para a investigação e o pensamento crítico.

Algumas limitações referentes à prática da Resolução de Problemas (RP) no contexto escolar foram observadas. Atrasos e faltas dos alunos nas aulas prejudicaram o desenvolvimento dos grupos e fragilizaram os dados coletados por dois grupos em específico, levando à exclusão desses grupos da análise de dados.

A RP exige atenção especial aos questionamentos dos alunos, especialmente quando a turma não está familiarizada com a metodologia. Em uma turma de 40 alunos, mesmo divididos em grupos de 4, foi desafiador prestar a atenção necessária a cada grupo. No entanto, graças ao empenho de todos, conseguimos contornar esse obstáculo, embora o

sentimento de insuficiência tenha persistido.

O calendário da escola também é algo para se levar em conta, tendo em vista que em dias de culminância de projetos ou feiras o dia letivo é totalmente modificado e a atenção dos alunos é voltada para isso. Sendo inviável a aplicação do projeto ou de qualquer outra programação que fugisse da proposta pela escola. Logo, nesses dias trocamos a data da aula e seguimos com a sequência nas semanas seguintes, onde o professor foi bastante flexível e solícito nesses momentos.

Além disso, os laboratórios de física, química e matemática da escola onde foi realizada a pesquisa foram interditados devido à inundação e falta de manutenção. Por isso, a atividade de experimentação foi realizada na sala de aula, com o uso dos materiais comprados pela pesquisadora e a segurança necessária a sua realização.

Este estudo pode contribuir com a pesquisa em Ensino de Física no sentido de desenvolver possíveis relações entre a metodologia de Resolução de Problemas e aspectos da Teoria Histórico-Cultural segundo Vygotsky, para a apropriação do conceito e lacuna referente ao Princípio de Arquimedes. A pesquisa propiciou uma abordagem de ensino contextualizada e uma compreensão mais significativa deste conceito pelos alunos. Ao identificar lacunas conceituais e propor estratégias para superá-las, este estudo colabora com metodologias de ensino que possibilitam aos alunos a desenvolver o pensamento crítico, a reflexão e a investigação, estimulando o interesse e participação na disciplina de Física.

Para trabalhos futuros, percebemos a necessidade de introduzir na sequência de aulas o rigor matemático e o paradoxo de Galileu. E desenvolver a resolução de problemas e materiais didáticos específicos, para buscar minimizar as dificuldades conceituais dos alunos com relação à compreensão da pressão, força, peso e densidade.

Por fim, sugerimos a ampliação de estudos que abordam a discussão de episódios históricos sobre a vida dos cientistas e sua atividade, para o ensino de Física por meio da abordagem de resolução de problemas.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, O.; SEVIAN, H.; EL-HANI, C. N. Teaching about energy: Application of the conceptual profile theory to overcome the encapsulation of school science knowledge. *Science & Education*, v. 27, p. 863-893, 2018.

ALMENARA, D. F. et al. Promovendo a análise das contribuições de grandes cientistas da Física Moderna utilizando metodologias ativas e recursos tecnológicos. **XIII Semana da Física**, v. 4, 2019.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R.; et. al. MODERNA PLUS - **Ciências da Natureza e suas Tecnologias**. Água e Vida. Editora Moderna 1º edição. São Paulo, 2020.

ANDERSON, J. L.; WALL, S. D. Kinecting physics: Conceptualization of motion through visualization and embodiment. **Journal of Science Education and Technology**, v. 25, p. 161-173, 2016.

APPEL, J. L. et al. **O ensino contextualizado como alternativa para uma aprendizagem significativa**: uma engenharia didática para o ensino da hidrostática-Teorema de Arquimedes (empuxo). 2002.

ARAÚJO, U. F.; SASTRE, G. (Ed.). **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. Summus Editorial, 2009.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 2011. 229 p.

BARRELO JUNIOR, N. Argumentação no discurso oral e escrito de alunos do ensino médio em uma sequência didática de física moderna. 2010. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BARROWS, H. S. A taxonomy of problem-based learning methods. *Medical education*, v. 20, n. 6, p. 481-486, 1986.

BATINGA, V. T. S. A abordagem de resolução de problemas por professores de química do ensino médio: um estudo sobre o conteúdo de estequiometria. 278 f. 2010. **Tese de Doutorado**. Tese (Doutorado em Educação)–Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

BORGES, P. B. P.; GOI, M. E. J. Implementação das Estratégias Didáticas de Resolução de Problemas Articuladas à Experimentação Publicadas em Atas do ENPEC: Uma Revisão de Literatura. *Revista Debates em Ensino de Química*, v. 7, n. 3, p. 171-195, 2021.

BRASIL, **Parâmetros curriculares nacionais: ensino médio**. Brasília (DF), Secretaria de Educação Média e Tecnológica: MEC, 2002.

BRASIL. Lei no 9394 de 20 de dezembro de 1996. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Brasília, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Universitário. Resolução n. 131, de 02 de dezembro de 2016. **Regimento Interno do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal Rural de Pernambuco**. Recife, 02 dez. 2016.

CAMPOS, A.F. BATINGA, V. T. S. **Experiências de pesquisa sobre resolução de problemas no ensino das ciências: contextos de investigação**. Recife, PE: Editora Universidade de Pernambuco, 2022. E-book.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

CARVALHO, A. M. P.; SASSERON, L. H. Ensino de física por investigação: referencial teórico e as pesquisas sobre as sequências de ensino investigativas. **Ensino em Re-vista**, v. 22, n. 2, p. 249-266, 2015.

DA SILVA, B. G.; ANTONOVICK, J. **O Princípio de Arquimedes no Livro Didático de Física**. Revista Educar Mais, n. 1, 2016.

DA SILVEIRA, F. L.; MEDEIROS, A. O paradoxo hidrostático de Galileu e a lei de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 273-294, 2009.

DAMIANI, M. F.; ROCHEFORT, R. S.; CASTRO, R. F. DE; DARIZ, M. R.; PINHEIRO, S. S. **Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica**. Cadernos de Educação, n. 45, p. 57-67, 11.

DE LIMA, F. SC; ARENAS, L. T.; PASSOS, C. G. A metodologia de resolução de problemas: uma experiência para o estudo das ligações químicas. **Química Nova**, v. 41, p. 468-475, 2018.

DE SOUSA, A. S.; DE OLIVEIRA, G. S.; ALVES, L. H. A pesquisa bibliográfica: princípios e fundamentos. **Cadernos da FUCAMP**, v. 20, n. 43, 2021.

DE SOUZA, R. S. Uma Sequência Didática para o Ensino de Física Nuclear no Ensino Médio. 2018.

DOS SANTOS JUNIOR, E. R.; HIDALGO, J. M.; DE ARAÚJO PAULA, T. Contribuições ao Ensino do Princípio de Arquimedes: aspectos físicos conceituais e de natureza histórico-filosófica. **A Física na Escola**, v. 21, p. 230073-1-230073-10, 2023.

DOS SANTOS SILVA, E.; DE ARAUJO, A. A. V. R. Empuxo sobre um Corpo Imerso: Uma Investigação em Contexto de Aprendizagem Ativa Considerando o Paradoxo Hidrostático de Galileu. **Revista Prática Docente**, v. 4, n. 1, p. 185-195, 2019.

FERREIRA, M. et al. Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre óptica geométrica apoiada por vídeos, aplicativos e jogos para smartphones. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

FILATRO, A; CAVALCANTI, C. C. **Metodologias inov-ativas na educação**.

FREITAS, M. T. de A.; RAMOS, B. S. (orgs.). **Fazer Pesquisas na Abordagem Histórico-Cultural: metodologias em construção**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2010, 196p.

FUKUI, A.; MOLINA, M. M. Venê. **Ser protagonista: física, 1º ano: ensino médio**, v. 3, 2016.

FUNDAMENTOS DA FÍSICA/Francisco Ramalho Junior, Nicolau Gilberto Ferraro, Paulo Antônio Toledo Soares—10 ed—São Paulo. Moderna, 2009.

GALILEI, G. La bilancetta a pequena balança ou a balança hidrostática. Trad.

GASPAR, A. **Atividades experimentais no ensino de Física**: uma nova visão baseada na teoria de Vigotski. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

GEHLEN, S. T.; DELIZOICOV, D. A dimensão epistemológica da noção de problema na obra de vygotsky: implicações no ensino de ciências (The epistemological dimension of the concept of problem in the Vygotsky's work: Implications for science teaching). **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 59-79, 2012.

GUERRIERO, I. C. Z. Resolução nº 510 de 7 de abril de 2016 que trata das especificidades éticas das pesquisas nas ciências humanas e sociais e de outras que utilizam metodologias próprias dessas áreas. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 2619-2629, 2016.

HEWITT, P. **Física Conceitual-12**. Bookman Editora, 2015.

HOLUBOVA, R. How to Motivate Our Students to Study Physics?. **Universal Journal of Educational Research**, v. 3, n. 10, p. 727-734, 2015.

JOENK, I. K. Uma Introdução ao Pensamento de Vygotsky An Introduction to the Thought of Vygotsky. **Revista Linhas**, v. 3, n. 1, 2002.

KRETZSCHMAR JOENK, I. Uma Introdução ao Pensamento de Vygotsky. **Revista Linhas**, Florianópolis, v. 3, n. 1, 2007. Disponível em: <https://www.revistas.udesc.br/index.php/linhas/article/view/1276>. Acesso em: 11 ago. 2022.

LAUDAN, Raquel. Idéias e organizações na geologia britânica: um estudo de caso na história institucional. *Ísis*, v. 68, n. 4, pág. 527-538, 1977.

LEITE, L.; AFONSO, A. S. Aprendizagem baseada na resolução de problemas: Características, organização e supervisão. 2001.

LIMA, F. SC de; ARENAS, L. T.; PASSOS, C. G. A metodologia de resolução de problemas: uma experiência para o estudo das ligações químicas. **Química Nova**, v. 41, n. 4, p. 468-475, 2018.

LIMA, T. C. S.; MIOTO, R. C. T. Procedimentos metodológicos na construção do conhecimento científico: a pesquisa bibliográfica. **Revista Katálisis**, v. 10, p. 37-45, 2007.

LOPES R. M.; VERANIO M. S. F.; ALVES N. G.; **Aprendizagem Baseada em Problemas: Fundamentos para a aplicação no ensino médios e formação de professores**. Publiki. São Paulo, 2019.

LURIA, A. R. **Curso de Psicologia Geral**. v.1. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 1979.

LUZ, A. M. R.; ÁLVARES, B. A.; GUIMARÃES, C. C. Física: contexto e aplicações: ensino médio / 2ª ed. – São Paulo: **Scipione**, 2016.

MARCOM, G. S.; KLEINKE, M. U. O Enem Como Instrumento De Análise do Ensino de Física. **XV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 2014.

MARCOM, G. S.; KLEINKE, M. U. **Questões do Enem e suas relações com o ensino de Física**. 2015.

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115-121, 2000.

MEDEIROS, D. R.; GOI, M. E. J. A Resolução de Problemas articulada ao Ensino de Química. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 6, n. 1, p. 115-135, 2020.

MINAYO, M. C. de S. (org.). **Pesquisa Social**. Teoria, método e criatividade. 21 ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MOREIRA, M. A. **Metodologias de Pesquisa em Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica: fluidos, oscilações e ondas, calor**. Editora Blucher, 2018.

OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo sóciohistórico**. 2 ed. São Paulo: Scipione, 1995.

OLIVEIRA, M. M. **Como fazer pesquisa qualitativa**. 7 ed. Petrópolis: Vozes, 2016.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 39, 2017.

PALANGANA, I. C. (1998). Desenvolvimento e aprendizagem em Piaget e Vygotsky: a relevância do social. 2 ed. **São Paulo: Plexus**.

PÉREZ ECHEVERRÍA, M^a; MATEOS, M.; POZO, J. I. **Teorías e ideas previas sobre la cognición**. 1998.

PIERRE H. L. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência** (9): 105-7, 1986.

POZO, J. I. (Org.) **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

POZO, J. I. ANGÓN, Y. P. **A solução de problemas como conteúdo procedimental da Educação Básica. A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, p. 139-165, 1998.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza**. In: POZO, J. I. (org) **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Tradução Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

POZO, J. I.; ECHEVERRÍA, M. D. P. P. **A Solução de Problemas nas Ciências da Natureza**. In: POZO, J. I. (org) **A Solução de Problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Tradução Beatriz Neves. Porto Alegre: ArtMed, 1998. presencial, a distância e corporativa. 1.ed. São Paulo: Saraiva Educação, 2018.

REGO, T. C. **Vygotsky** – Uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 1998.

RIBEIRO, A. C. et al. Obtenção de nanopartículas magnéticas utilizando materiais do **cotidiano**: síntese, caracterização e abordagem didática para o ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.

RIBEIRO, D. C. A.; PASSOS, C. G.; SALGADO, T. D. M. A metodologia de resolução de problemas no ensino de ciências: as características de um problema eficaz. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 22, 2020.

RIBEIRO, L. R. C. **Aprendizado baseado em problemas**. São Carlos: UFSCAR; Fundação de Apoio Institucional, 2008.

RUMMOND, J. M. H. F.; DE MEDEIROS QUEIROZ, D.; DE OLIVEIRA, M. C. J. A História da Ciência no PNLD 2018: o Princípio de Arquimedes como estudo de caso. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 2, p. 1251-1281, 2021.

SASSERON, L. H.; DE SOUZA, T. N. O engajamento dos estudantes em aula de física: apresentação e discussão de uma ferramenta de análise. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 24, n. 1, p. 139-153, 2019.

SASSERRON, L.H.; CARVALHO, A.M.P. Alfabetização Científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, n.1, v.16, p.59-77, 2011.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos avançados**, v. 32, p. 25-41, 2018.

SILVA, E. T.; SÁ, R. A.; BATINGA, V. T. S. Problem solving in science teaching based on an investigative approach. 2019.

SILVA, G. P. S. et al. Problematização no Ensino do Princípio de Arquimedes e o Paradoxo Hidrostático de Galileu. 2020.

SILVA, S. F.; BELTRÁN NÚÑEZ, I. O ensino por problemas e trabalho experimental dos estudantes: reflexões teórico-metodológicas. **Química Nova**, v. 25, p. 1197-1203, 2002.

SMOLKA, A. L. (2006). Experiência e discurso como lugares de memória: a escola e a produção de lugares comuns. **Pro-Posições**. 17, 2, 99-118.

SOCKALINGAM, N.; ROTGANS, J.; SCHMIDT, H. Assessing the Quality of Problems in Problem-Based Learning. **International Journal of Teaching and Learning in Higher Education**, v. 24, n. 1, p. 43-51, 2012.

TORMOHLEN GEHLEN, S.; DELIZOICOV, D. A FUNÇÃO DO PROBLEMA: APROXIMAÇÕES ENTRE VYGOTSKY E FREIRE PARA A EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 2, 2020.

VAN DER VEER, R.; VALSINER, J. Vygotsky-uma síntese . **Edições Loyola**, 1996.

VENTURA, D. Como Arquimedes conseguiu contar todos os grãos de areia que caberiam no Universo. **BBC News Mundo**. 2021. Disponível em: 3z. Acesso: 17/01/2023.

VERÍSSIMO, V. B.; CAMPOS, A. F. Abordagem das propriedades coligativas das soluções numa perspectiva de ensino por situação-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 4, n. 3, 2011.

VIGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R. (1996) **Estudos sobre a História do Comportamento: Símios, Homem Primitivo e Criança**. Porto Alegre: Artes Médicas.

VIGOTSKY, L. S.; LURIA, A. R.; LEONTIEV, A. N. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. Tradução de Maria da Penha Villalobos. 2. ed. São Paulo: Ícone, 2001.

Vygotsky, L.S. (1982a). Incluye el significado histórico de la crisis de la Psicología. Obras Escogidas I. **Colección Aprendizaje**. Madrid: Visor.

Vygotsky, L.S. (1983a). Incluye problemas del desarrollo de la psique. Obras Escogidas III. **Colección Aprendizaje**. Madrid: Visor.

VYGOTSKY, L. S. **Formação social da mente:** o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

Vygotsky, L.S. (1983b). **Fundamentos de defectología. Obras Escogidas V. Colección Aprendizaje.** Madrid: Visor.

VYGOTSKY, L. S. **The collected works of LS Vygotsky:** Problems of the theory and history of psychology. Springer Science & Business Media, 1987.

WALKER, J.; HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de física:** volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. LTC, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (para Responsável Legal pelo Menor de 18 Anos)



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS
TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO
(PARA RESPONSÁVEL LEGAL PELO MENOR DE 18 ANOS)

Solicitamos a sua autorização para convidar o (a) seu/sua filho (a) _____ (ou menor que está sob sua responsabilidade) para participar, como voluntário (a), da pesquisa A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO

Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador (a) Hemily Eduarda Santos, residente na Rua Juiz Artur Maciel, Nº59, Bairro: Jardim São Paulo, Cidade: Recife – PE, CEP: 50910-151/ e-mail: hemilysantos07@gmail.com/celular: (81) 987798271. (inclusive ligações a cobrar). Está sob a orientação de Professora Dra. Verônica Tavares Santos Batinga, e-mail veratsb@gmail.com

O/a Senhor/a será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida a respeito da participação dele/a na pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e o/a Senhor/a concordar que o (a) menor faça parte do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo de consentimento lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O/a Senhor/a estará livre para decidir que ele/a participe ou não desta pesquisa. Caso não aceite que ele/a participe, não haverá nenhum problema, pois desistir que seu filho/a participe é um direito seu. Caso não concorde, não haverá penalização para ele/a, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

➤ Descrição da pesquisa:

Justificativa: Esta pesquisa visa contribuir para a área de Ensino de Física, de forma particular ao ensino da Física Mecânica, no que diz respeito a fenômenos envolvendo hidrostática. Este estudo visa desenvolver o pensamento crítico do aluno acerca do conceito de empuxo. O empuxo é um conceito presente no cotidiano de todos e muitas vezes mal interpretado, além disso é um conceito importante para a sociedade, pois por meio dele foi desenvolvido, barcos, submarinos que nos ajudam em estudos e na locomoção de grandes cargas.

Objetivo: Avaliar contribuições da Resolução de Problemas para o desenvolvimento dos estudantes sobre o conceito de empuxo.

Processo de coleta de dados: Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente na terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Pernambuco. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes (um questionário avaliativo) ao longo das sequências de aulas, de forma colaborativa em grupos. A avaliação dos produtos ocorrerá de forma qualitativa,

buscando acompanhar a tomada de consciências dos alunos acerca do conceito do empuxo. Além das etapas avaliativas, iremos aplicar um questionário semiaberto de feedback para saber a opinião dos estudantes sobre todo processo formativo e as aulas serão vídeo gravadas para posterior análise.

➤ **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.**

A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas do componente curricular de Física com os alunos da terceira série do Ensino Médio. O início das atividades está previsto para iniciar dia 08/08/2023 e terminar dia 29/08/2023, totalizando 4 encontros de 120 minutos cada.

➤ **RISCOS diretos para o voluntário**

- A quebra de algum material que será disponibilizado (Risco de grau médio);
- Sujar a roupa durante a atividade prática (Risco de grau baixo);
- Não conseguir trabalhar em grupo, dificuldade de socializa (Risco de grau baixo);
- Frustração com os resultados que os alunos poderão obter(Risco de grau baixo).

No entanto, prevendo esses possíveis riscos, a pesquisadora contará com um kit de primeiros socorros no laboratório e o auxílio da colaboradora da escola responsável pela limpeza do ambiente, os alunos e alunas serão informados da atividade e que deverão levar sua bata para participar. Referente aos dois últimos tópicos a professora estará sempre disponível para tirar dúvidas e auxiliar durante todo a sequência de aulas. Caso, algum dano que não está listado venha acontecer o participante terá direito de buscar assistência ou indenização.

➤ **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.**

Quanto as contribuições os alunos terão a oportunidade por meio da problematização de tomarem consciência do conceito de empuxo e de sua lacuna se tornando seres mais críticos. Além disso, a sequência tem o objetivo de ser dinâmica onde o aluno será o protagonista, promoveremos o maior número de interação possível entre os pares e na relação professora-aluno. A utilização desta metodologia busca minimizar as dificuldades da abstração e a falta de motivação para acompanhar as aulas, bem como promover um processo de ensino que faça sentido para o estudante na sua realidade. Desse modo, as questões elencadas permitirão que os estudantes se beneficiem de um processo de ensino contextualizado e significativo.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa na forma de produtos educacionais como elaboração de possíveis soluções, argumentos apresentados na atividade do último encontro, como também respostas a um questionário de classificação sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade da professora Dra. Verônica Tavares Santos Batinga e pela pesquisadora Hemily Eduarda Santos, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

O (a) senhor (a) não pagará nada e nem receberá nenhum pagamento para ele/ela participar desta pesquisa, pois deve ser de forma voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação dele/a na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento com transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, (ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br .

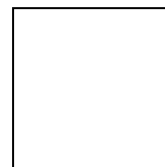
Assinatura do pesquisador (a)

CONSENTIMENTO DO RESPONSÁVEL PARA A PARTICIPAÇÃO DO/A VOLUNTÁRIO

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, responsável por _____, autorizo a sua participação no estudo A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO, como voluntário(a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes da participação dele (a). Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade para mim ou para o (a) menor em questão.

Local e data

Assinatura do (da) responsável: _____



Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do voluntário em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE B - Termo de Assentimento Livre e Esclarecido



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS **TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO** **(PARA MENORES DE 7 a 18 ANOS)**

OBS: Este Termo de Assentimento para o menor de 7 a 18 anos não elimina a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que deve ser assinado pelo responsável ou representante legal do menor.

Convidamos você _____, após autorização dos seus pais [ou dos responsáveis legais] para participar como voluntário (a) da pesquisa: A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO.

Esta pesquisa é da responsabilidade do (a) pesquisador (a) Hemily Eduarda Santos, residente na Rua Juiz Artur Maciel, Nº59, Bairro: Jardim São Paulo, Cidade: Recife – PE, CEP: 50910-151/ e-mail: hemilysantos07@gmail.com/celular: (81) 987798271. (inclusive ligações a cobrar). Está sob a orientação de Professora Dra. Verônica Tavares Santos Batinga, e-mail veratsb@gmail.com

Você será esclarecido (a) sobre qualquer dúvida com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via deste termo lhe será entregue para que seus pais ou responsável possam guarda-la e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu. Para participar deste estudo, um responsável por você deverá autorizar e assinar um Termo de Consentimento, podendo retirar esse consentimento ou interromper a sua participação em qualquer fase da pesquisa, sem nenhum prejuízo.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

➤ **Descrição da pesquisa:**

Justificativa: Esta pesquisa visa contribuir para a área de Ensino de Física, de forma particular ao ensino da Física Mecânica, no que diz respeito a fenômenos envolvendo hidrostática. Este estudo visa desenvolver o pensamento crítico do aluno acerca do conceito de empuxo. O empuxo é um conceito presente no cotidiano de todos e muitas vezes mal interpretado, além disso é um conceito importante para a sociedade, pois por meio dele foi desenvolvido, barcos, submarinos que nos ajudam em estudos e na locomoção de grandes cargas.

Objetivo: Avaliar contribuições da Resolução de Problemas para o desenvolvimento dos estudantes sobre o conceito de empuxo.

Processo de coleta de dados: Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente na terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Pernambuco. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes (um questionário avaliativo) ao longo das sequências de aulas, de forma colaborativa em grupos. A avaliação dos produtos ocorrerá de forma qualitativa, buscando acompanhar a tomada de consciências dos

alunos acerca do conceito do empuxo. Além das etapas avaliativas, iremos aplicar um questionário semiaberto de feedback para saber a opinião dos estudantes sobre todo processo formativo e as aulas serão vídeo gravadas para posterior análise.

➤ **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa**

A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas do componente curricular de Física com os alunos da terceira série do Ensino Médio. O início das atividades está previsto para iniciar dia 08/08/2023 e terminar dia 29/08/2023, totalizando 4 encontros de 120 minutos cada.

➤ **RISCOS diretos para o voluntário**

- A quebra de algum material que será disponibilizado (Risco de grau médio);
- Sujar a roupa durante a atividade prática (Risco de grau baixo);
- Não conseguir trabalhar em grupo, dificuldade de socializa (Risco de grau baixo);
- Frustração com os resultados que os alunos poderão obter(Risco de grau baixo).

No entanto, prevendo esses possíveis riscos, a pesquisadora contará com um kit de primeiros socorros no laboratório e o auxílio da colaboradora da escola responsável pela limpeza do ambiente, os alunos e alunas serão informados da atividade e que deverão levar sua bata para participar. Referente aos dois últimos tópicos a professora estará sempre disponível para tirar dúvidas e auxiliar durante todo a sequência de aulas. Caso, algum dano que não está listado venha acontecer o participante terá direito de buscar assistência ou indenização.

➤ **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.**

Quanto as contribuições os alunos terão a oportunidade por meio da problematização de tomarem consciência do conceito de empuxo e de sua lacuna se tornando seres mais críticos. Além disso, a sequência tem o objetivo de ser dinâmica onde o aluno será o protagonista, promoveremos o maior número de interação possível entre os pares e na relação professora-aluno. A utilização desta metodologia busca minimizar as dificuldades da abstração e a falta de motivação para acompanhar as aulas, bem como promover um processo de ensino que faça sentido para o estudante na sua realidade. Desse modo, as questões elencadas permitirão que os estudantes se beneficiem de um processo de ensino contextualizado e significativo.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa na forma de produtos educacionais como elaboração de possíveis soluções, argumentos apresentados na atividade do último encontro, como também respostas a um questionário de classificação sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade da professora Dra. Verônica Tavares Santos Batinga e pela pesquisadora Hemily Eduarda Santos, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

Assinatura do pesquisador (a)

ASSENTIMENTO DO(DA) MENOR DE IDADE EM PARTICIPAR COMO VOLUNTÁRIO(A)

Eu, _____, portador (a) do documento de Identidade _____ (se já tiver documento), abaixo assinado, concordo em participar do estudo A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO, como voluntário (a). Fui informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, o que vai ser feito, assim como os possíveis riscos e benefícios que podem acontecer com a minha participação. Foi-me garantido que posso desistir de participar a qualquer momento, sem que eu ou meus pais precise pagar nada.

Local e data

Assinatura do (da) menor : _____

Presenciamos a solicitação de assentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do/a voluntário/a em participar. 02 testemunhas (não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE C - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (para Maiores de 18 Anos ou Emancipados)



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (PARA MAIORES DE 18 ANOS OU EMANCIPADOS)

Convidamos o (a) Sr. (a) _____ para participar como voluntário (a) da pesquisa A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador (a) Hemily Eduarda Santos, residente na Rua Juiz Artur Maciel, Nº59, Bairro: Jardim São Paulo, Cidade: Recife – PE, CEP: 50910-151/ e-mail: hemilysantos07@gmail.com/celular: (81) 987798271. (inclusive ligações a cobrar). Está sob a orientação de Professora Dra. Verônica Tavares Santos Batinga, e-mail veratsb@gmail.com

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

Você estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

➤ **Descrição da pesquisa:**

Justificativa: Esta pesquisa visa contribuir para a área de Ensino de Física, de forma particular ao ensino da Física Mecânica, no que diz respeito a fenômenos envolvendo hidrostática. Este estudo visa desenvolver o pensamento crítico do aluno acerca do conceito de empuxo. O empuxo é um conceito presente no cotidiano de todos e muitas vezes mal interpretado, além disso é um conceito importante para a sociedade, pois por meio dele foi desenvolvido, barcos, submarinos que nos ajudam em estudos e na locomoção de grandes cargas.

Objetivo: Avaliar contribuições da Resolução de Problemas para o desenvolvimento dos estudantes sobre o conceito de empuxo.

Processo de coleta de dados: Os sujeitos da pesquisa são estudantes matriculados regularmente na terceira série do Ensino Médio da Rede Estadual de Pernambuco. Os instrumentos de coleta de dados consistem na técnica de coleta de documentos, onde pretende-se coletar as produções dos estudantes (um questionário avaliativo) ao longo das sequências de aulas, de forma colaborativa em grupos. A avaliação dos produtos ocorrerá de forma qualitativa, buscando acompanhar a tomada de consciências dos alunos acerca do conceito do empuxo. Além das etapas avaliativas, iremos aplicar um questionário semiaberto de feedback para saber a opinião dos estudantes sobre todo processo formativo e as aulas serão vídeo gravadas para posterior análise.

➤ **Esclarecimento do período de participação do voluntário na pesquisa, início, término e número de visitas para a pesquisa.**

A participação do voluntário acontecerá no ambiente escolar, de forma presencial, no horário e durante as aulas do componente curricular de Física com os alunos da terceira série do Ensino Médio. O início das atividades está previsto para iniciar dia 08/08/2023 e terminar dia 29/08/2023, totalizando 4 encontros de 120 minutos cada.

➤ **RISCOS diretos para o voluntário**

- A quebra de algum material que será disponibilizado (Risco de grau médio);

- Sujar a roupa durante a atividade prática (Risco de grau baixo);
- Não conseguir trabalhar em grupo, dificuldade de socializa (Risco de grau baixo);
- Frustração com os resultados que os alunos poderão obter(Risco de grau baixo).

No entanto, prevendo esses possíveis riscos, a pesquisadora contará com um kit de primeiros socorros no laboratório e o auxílio da colaboradora da escola responsável pela limpeza do ambiente, os alunos e alunas serão informados da atividade e que deverão levar sua bata para participar. Referente aos dois últimos tópicos a professora estará sempre disponível para tirar dúvidas e auxiliar durante todo a sequência de aulas. Caso, algum dano que não está listado venha acontecer o participante terá direito de buscar assistência ou indenização.

➤ **BENEFÍCIOS diretos e indiretos para os voluntários.**

Quanto as contribuições os alunos terão a oportunidade por meio da problematização de tomarem consciência do conceito de empuxo e de sua lacuna se tornando seres mais críticos. Além disso, a sequência tem o objetivo de ser dinâmica onde o aluno será o protagonista, promoveremos o maior número de interação possível entre os pares e na relação professora-aluno. A utilização desta metodologia busca minimizar as dificuldades da abstração e a falta de motivação para acompanhar as aulas, bem como promover um processo de ensino que faça sentido para o estudante na sua realidade. Desse modo, as questões elencadas permitirão que os estudantes se beneficiem de um processo de ensino contextualizado e significativo.

Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados coletados nesta pesquisa na forma de produtos educacionais como elaboração de possíveis soluções, argumentos apresentados na atividade do último encontro, como também respostas a um questionário de classificação sobre a intervenção, ficarão armazenados em pastas de arquivo e no computador pessoal, sob a responsabilidade da professora Dra. Verônica Tavares Santos Batinga e pela pesquisadora Hemily Eduarda Santos, no endereço acima informado, pelo período mínimo 5 anos.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extra-judicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação), assim como será oferecida assistência integral, imediata e gratuita, pelo tempo que for necessário em caso de danos decorrentes desta pesquisa.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UFRPE no endereço: Rua Manoel de Medeiros, S/N Dois Irmãos – CEP: 52171-900 Telefone: (81) 3320.6638 / e-mail: cep@ufrpe.br (1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE, ao lado da Secretaria Geral dos Conselhos Superiores). Site: www.cep.ufrpe.br.

(assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO (A)

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado pela pessoa por mim designada, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelo (a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação.

Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade. Local e data

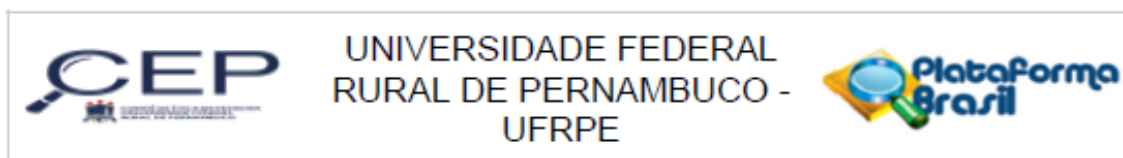
Por solicitação de _____, que é (deficiente visual ou está impossibilitado de assinar), eu _____ assino o presente documento que autoriza a sua participação neste estudo.

Assinatura do participante/responsável legal

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar. (02 testemunhas não ligadas à equipe de pesquisadores):

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE D - Parecer Consubstanciado do CEP.



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A ABORDAGEM DE RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS PARA O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE EMPUXO NO ENSINO MÉDIO.

Pesquisador: HEMILY EDUARDA SANTOS

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 68630923.4.0000.9547

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO- UFRPE

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 6.160.973

Apresentação do Projeto:

As informações aqui descritas foram extraídas do arquivo "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109073.pdf", submetido em 06/06/2023 e postado pela pesquisadora na Plataforma Brasil.

A resolução de problemas é uma metodologia de ensino e aprendizagem que vem sendo estudada por diversos pesquisadores na área de ensino de ciências. Sendo a resolução do problema o principal objeto deste estudo. O termo problema é plurívoco e carrega com ele vários teóricos, tomaremos como base para nosso estudo Vygotsky com sua definição de problema real onde será usado como uma ferramenta de mediação para que o aluno chegue a tomada de consciência, saindo de seu nível de desenvolvimento real e chegando ao nível de desenvolvimento potencial, para isso iremos unir os estudos ao referencial de Pozo e Crespo que trabalham a resolução de problemas em sala de aula. Temos assim, como objetivo geral Avaliar contribuições da Resolução de Problemas para o desenvolvimento dos estudantes sobre o conceito de empuxo. Apresentaremos aos alunos problemas que envolvem a lacuna do conceito de empuxo trabalhado nos livros do ensino médio, logo os estudantes estarão se deparando com uma contradição entre o que os nossos problemas propõem e o que os livros abordam, despertando neles a necessidade de buscar informações em outras fontes. Para isso organizamos uma sequência de aulas que trabalhará essa lacuna com

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, 1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE
Bairro: Recife **CEP:** 52.171-900
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)3320-6638 **E-mail:** cep@ufrpe.br



UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DE PERNAMBUCO -
UFRPE



Continuação do Parecer: 6.160.973

alunos da 3ª série do ensino médio em uma escola no Recife. Essa pesquisa é do tipo qualitativa, onde iremos processar os dados por meio da resolução dos problemas propostos, diário de bordo, vídeo-gravações e produção de relatórios. Esses dados serão analisados por meio da análise de categorias definidas com base em nossos referenciais teóricos.

Objetivo da Pesquisa:

As informações aqui descritas foram extraídas do arquivo "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109073.pdf", submetido em 06/06/2023 e postado pela pesquisadora na Plataforma Brasil.

Objetivo Primário:

Avaliar contribuições da Resolução de Problemas para o desenvolvimento dos estudantes sobre o conceito de empuxo.

Objetivo Secundário:

Identificar as direções de estudos sobre Resolução de problema ancorados em Vygotsky desenvolvidos na área do ensino de Física com alunos do ensino médio. Identificar e analisar os conhecimentos espontâneos dos alunos sobre o conceito de empuxo no processo de resolução de problemas; Analisar as possibilidades e limitações do RP para a apropriação do conceito de empuxo pelos estudantes;

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

As informações aqui descritas foram extraídas do arquivo "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109073.pdf", submetido em 06/06/2023 e postado pela pesquisadora na Plataforma Brasil.

Riscos:

O primeiro momento do estudo consiste na submissão dessa pesquisa ao comitê de ética da Universidade Federal Rural de Pernambuco apresentando os possíveis riscos, conforme o Art. 16 solicita, sendo eles: A quebra de algum material que será disponibilizado (Risco de grau médio); Sujar a roupa durante a atividade prática (Risco de grau baixo);

Não conseguir trabalhar em grupo, dificuldade de socializa (Risco de grau baixo);

Frustração com os resultados que os alunos poderão obter (Risco de grau baixo).

No entanto, prevendo esses possíveis riscos, a pesquisadora contará com um kit de primeiros socorros no laboratório e o auxílio da colaboradora da escola responsável pela limpeza do ambiente, os alunos e alunas serão informados da atividade e que deverão levar sua bata para

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, 1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE
Bairro: Recife CEP: 52.171-900
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (81)3320-8638 E-mail: cep@ufrpe.br



UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DE PERNAMBUCO -
UFRPE



Continuação do Parecer: 6.160.973

participar.

Referente aos dois últimos tópicos a professora estará sempre disponível para tirar dúvidas e auxiliar durante toda a sequência de aulas. Caso, algum dano que não está listado venha acontecer o participante terá direito de buscar assistência ou indenização.

Benefícios:

Quanto as contribuições os alunos terão a oportunidade por meio da problematização de tomarem consciência do conceito de empuxo e de sua lacuna se tornando seres mais críticos. Além disso, a sequência tem o objetivo de ser dinâmica onde o aluno será o

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Esse é um projeto de mestrado da pesquisadora Hemily Eduarda Santos, com orientação da professora Verônica Tavares Santos Batinga para o Programa de Pós-Graduação de Ensino das Ciências da UFRPE. Esta pesquisa busca por meio de uma sequência de aulas analisar as contribuições da abordagem baseada na resolução de problemas para o desenvolvimento de uma visão mais ampla do conceito do empuxo no ensino médio. Esse estudo será realizado com estudantes da 3ª série do ensino médio em uma escola de referência do Recife.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou pendências e lista de inadequações".

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou pendências e lista de inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto atende as normas regulamentadoras do sistema CEP/CONEP/CNS/MS.

Considerações Finais a critério do CEP:

1) Considerando o contexto da pandemia de COVID-19, a pesquisa deve seguir as ORIENTAÇÕES PARA CONDUÇÃO DE PESQUISAS E ATIVIDADE DOS CEP DURANTE A PANDEMIA PROVOCADA PELO CORONAVÍRUS SARS-COV-2 (COVID-19), do Conselho Nacional de Saúde, presente em <https://drive.google.com/file/d/1apmEkc-0fe8AYwt37oQAIX90plvOja3Z/view>.

2) Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios de pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciadas no CEP, conforme Resolução CNS n.466/12, item XI.2.d e Resolução CNSn.510/16, art.28, item V.

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, 1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE
Bairro: Recife **CEP:** 52.171-900
UF: PE **Município:** RECIFE
Telefone: (81)3320-6638 **E-mail:** cep@ufrpe.br



UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DE PERNAMBUCO -
UFRPE



Continuação do Parecer: 6.160.973

3) Ressalta-se que cabe ao pesquisador "manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa", conforme Resolução CNS 466/2012, item XI f.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2109073.pdf	06/06/2023 17:25:30		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	DetalhamentodapesquisaCEP.pdf	06/06/2023 17:22:19	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
Parecer Anterior	CARTARESPOSTA.pdf	06/06/2023 17:21:13	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TALEMENOR07a18.pdf	06/06/2023 17:17:06	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLERESPONSARESPONDENTESDE18ANOS_0.pdf	06/06/2023 17:16:58	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLERESPONSARESPONDENTESDE18ANOSOUEMANCIPADOS.pdf	06/06/2023 17:16:45	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	TERMODECOMPROMISSOECONFIDENCIALIDADE.pdf	03/04/2023 19:10:42	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	CurriculoHemily.pdf	03/04/2023 18:13:39	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
Declaração de Pesquisadores	CurriculoVeronicaTavaresSantosBatinga.pdf	03/04/2023 18:12:57	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Cartaanuenciaassinada.pdf	03/04/2023 18:10:28	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito
Folha de Rosto	Folhaderostoassinada.pdf	03/04/2023 18:01:35	HEMILY EDUARDA SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, 1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE
Bairro: Recife CEP: 52.171-900
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (81)3320-8638 E-mail: cep@ufrpe.br



UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DE PERNAMBUCO -
UFRPE



Continuação do Parecer: 6.160.973

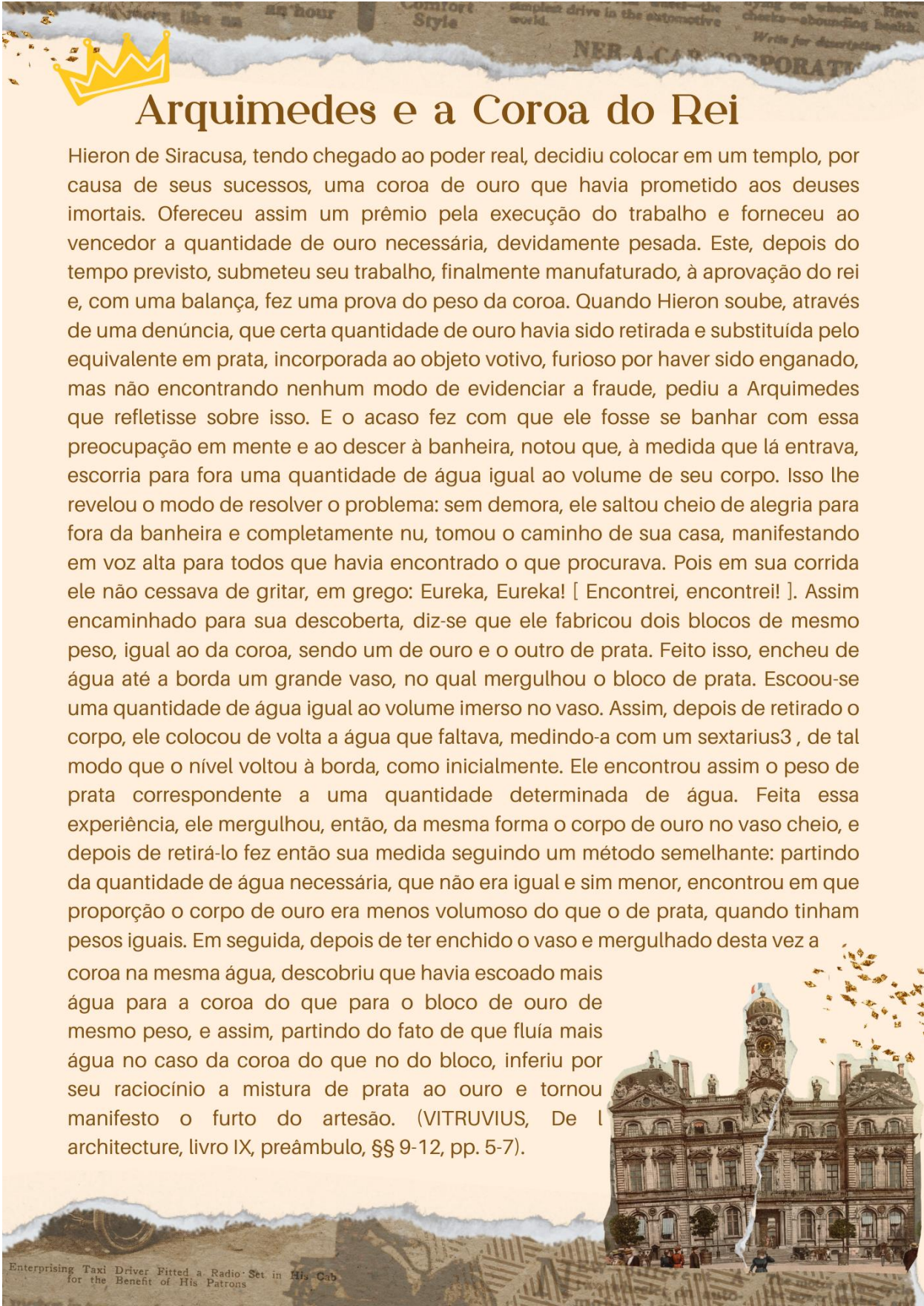
Necessita Apreciação da CONEP:
Não

RECIFE, 04 de Julho de 2023

Assinado por:
ANNA CAROLINA SOARES ALMEIDA
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Dom Manuel de Medeiros, s/n Dois Irmãos, 1º andar do Prédio Central da Reitoria da UFRPE
Bairro: Recife CEP: 52.171-900
UF: PE Município: RECIFE
Telefone: (81)3320-6638 E-mail: cep@ufrpe.br

APÊNDICE H - Materiais disponibilizados aos grupos para a resolução do problema 1 durante o segundo dia de aplicação.



Arquimedes e a Coroa do Rei

Hieron de Siracusa, tendo chegado ao poder real, decidiu colocar em um templo, por causa de seus sucessos, uma coroa de ouro que havia prometido aos deuses imortais. Ofereceu assim um prêmio pela execução do trabalho e forneceu ao vencedor a quantidade de ouro necessária, devidamente pesada. Este, depois do tempo previsto, submeteu seu trabalho, finalmente manufaturado, à aprovação do rei e, com uma balança, fez uma prova do peso da coroa. Quando Hieron soube, através de uma denúncia, que certa quantidade de ouro havia sido retirada e substituída pelo equivalente em prata, incorporada ao objeto votivo, furioso por haver sido enganado, mas não encontrando nenhum modo de evidenciar a fraude, pediu a Arquimedes que refletisse sobre isso. E o acaso fez com que ele fosse se banhar com essa preocupação em mente e ao descer à banheira, notou que, à medida que lá entrava, escorria para fora uma quantidade de água igual ao volume de seu corpo. Isso lhe revelou o modo de resolver o problema: sem demora, ele saltou cheio de alegria para fora da banheira e completamente nu, tomou o caminho de sua casa, manifestando em voz alta para todos que havia encontrado o que procurava. Pois em sua corrida ele não cessava de gritar, em grego: Eureka, Eureka! [Encontrei, encontrei!]. Assim encaminhado para sua descoberta, diz-se que ele fabricou dois blocos de mesmo peso, igual ao da coroa, sendo um de ouro e o outro de prata. Feito isso, encheu de água até a borda um grande vaso, no qual mergulhou o bloco de prata. Escoou-se uma quantidade de água igual ao volume imerso no vaso. Assim, depois de retirado o corpo, ele colocou de volta a água que faltava, medindo-a com um sextarius³, de tal modo que o nível voltou à borda, como inicialmente. Ele encontrou assim o peso de prata correspondente a uma quantidade determinada de água. Feita essa experiência, ele mergulhou, então, da mesma forma o corpo de ouro no vaso cheio, e depois de retirá-lo fez então sua medida seguindo um método semelhante: partindo da quantidade de água necessária, que não era igual e sim menor, encontrou em que proporção o corpo de ouro era menos volumoso do que o de prata, quando tinham pesos iguais. Em seguida, depois de ter enchido o vaso e mergulhado desta vez a coroa na mesma água, descobriu que havia escoado mais água para a coroa do que para o bloco de ouro de mesmo peso, e assim, partindo do fato de que fluía mais água no caso da coroa do que no do bloco, inferiu por seu raciocínio a mistura de prata ao ouro e tornou manifesto o furto do artesão. (VITRUVIUS, De l architecture, livro IX, preâmbulo, §§ 9-12, pp. 5-7).

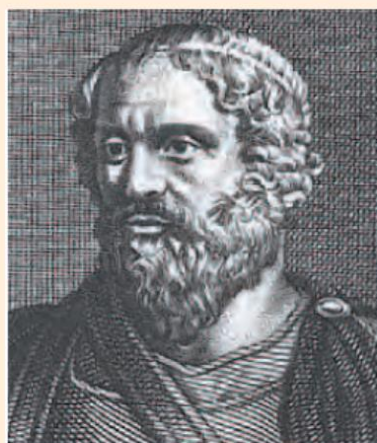


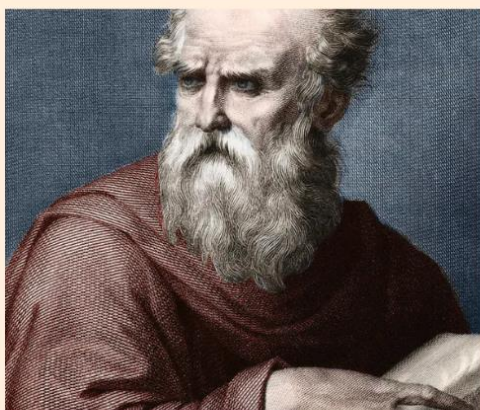
Figura
Images/Arquimedes

Arquimedes foi uma figura célebre e famosa em Siracusa, seja por seus méritos científicos ou por suas excentricidades e grandes invenções a ele atribuídas, ou por sua relação com a família real. Para [3], o maior matemático da antiguidade.

Ele tinha a força de inovação de Platão e o procedimento correto de Euclides. As fontes primárias sobre a vida de Arquimedes foram perdidas, especialmente a obra de Heracleides A vida de Arquimedes e a reconstrução biográfica de Arquimedes é o produto de vários fragmentos de vários autores, especialmente historiadores de guerras púnicas.

Com base nessas observações, sabe-se que Arquimedes nasceu em 287 a.C., viveu 75 anos e morreu do saque que se seguiu à queda de Siracusa para Marcellus no 212 a.C.

Pedroso, H. A. Arquimedes: um ponto de apoio para o método científico. Revista Eletrônica de Matemática, p. 143, 2013.

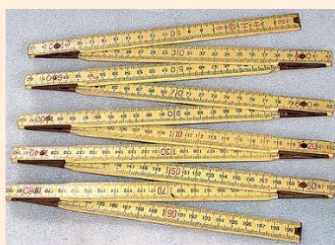


Nascido nas regiões próximas à Roma, entre 85 a 80 a.e.c. Vitruvius redigiu a obra Dez Livros de Arquitetura. O período, possivelmente, data entre o final da República e o começo do principado de Augusto. Entre 29 a 27 a.e.c. após ter escrito o texto principal da obra, Vitruvius vê a necessidade de prefaciar e dedicar seu tratado para Augusto César.

Para Vitruvius, a ciência do arquiteto é ornada de muitas disciplinas e de vários saberes, sendo necessário ter conhecimento em arte literária, ciência do desenho, geometria, aritmética, fatos históricos, filosofia, música, medicina e astronomia e em sua obra ele prova que era munido de todos esses saberes.

Só podemos afirmar que Vitruvius viveu no século I a.e.c. Morrendo com uma idade que varia de 54 a 70 anos

CALIL, Marcos Rogério et al. Astronomia de Vitruvius e a datação da sua época. 2013.



As modernas régua para uso como instrumento de medição, principalmente em engenharia e desenhos técnicos, foram desenvolvidas a partir do final do século XVIII com a criação do Sistema Internacional de Unidades (ou sistema métrico decimal), que definiu um padrão a ser adotado.[4] Desta forma, indústrias começaram a produzir a régua em diversas dimensões de comprimento, inicialmente utilizando-se do marfim[5] madeira e metal como matéria prima. Mais tarde, com o desenvolvimento de maquinário para a extrusão de peças, ampliou-se a opção de régua com material de menor custo, como os polímeros e similares.

Silva, D. C. M. Padrão de comprimento. Mundo Escola. Acessado em 05/03/2023.



Abreviado pela sigla SI, o Sistema Internacional de Unidades compõe uma série de unidades de medidas que correspondem às grandezas físicas. Esse conjunto foi instaurado em 1960 na França, na 11ª Conferência Geral de Pesos e Medidas (CGPM).

O SI é considerado uma evolução do sistema métrico, devido ao seu objetivo de padronizar as unidades de medida das várias grandezas existentes, tornando-as acessíveis e de fácil utilização.

CALIL, Marcos Rogerio et al. Astronomia de Vitruvius e a datação da sua época. 2013.



A placa é um dos últimos 'mètre étalons' (barras de metro-padrão) que foram colocadas em toda a cidade há mais de 200 anos na tentativa de introduzir um novo sistema universal de medição.

Agora, é algo natural na maioria dos lugares: o sistema métrico, criado na França, é o sistema de medida oficial de quase todos os países do mundo. E mesmo ali, o sistema métrico ainda é usado para fins como o comércio global.

Mas imagine um mundo onde cada vez que você viaje, você precise usar conversões diferentes para medidas, como fazemos com moedas. Era este o caso antes da Revolução Francesa no final do século 18, quando pesos e medidas variavam não apenas de uma nação para outra, mas também dentro das nações.

Só na França, estima-se que, havia naquela época milhares de unidades diferentes de pesos e medidas em uso.

Ramani, M. A incrível história de como a França criou o sistema métrico decimal. BBC Travel. 2022.



O "sextarius" era uma medida romana de volume [0,547 Litros, em valores atuais, ou seja, um pouquinho mais que meio litro], que tinha esse nome por ser equivalente a 1/6 do "congius". O "congius" correspondia a aproximadamente um galão moderno de 3,282 Litros.

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. Coleção Explorando o Ensino, v 7. (publicado originalmente no Caderno Catarinense de Ensino de Física v. 17, n. 2, p. 115-121 [2000]).



Siracusa (em siciliano Saraùsa) está localizada na Costa Leste da Sicília. A quase totalidade do contorno do seu território é banhada pelo mar Jônico (Íonico), uma bacia do Mar Mediterrâneo.

Siracusa (chamada pelos gregos de Syrákousai) foi fundada por um grupo de colonos de Corinto, entre os anos de 734-733 a.C. Uma das metrópoles mais importantes do mundo antigo, foi onde nasceu e viveu Arquimedes (287 a.C. – 212 a.C.), matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo imortalizado pela sua genialidade.

ORIUNDI. Siracusa: 3.000 anos de História, 2019.



Hieron ou Hieron, feito rei com título de Hieron II (c. 307 a.C. – 216 a.C.), foi tirano de Siracusa, na Sicília, entre 270 ou 265 e 216 a.C.

Em 270 a.C., derrotou os mamertinos em Centúripas, confirmando a vitória depois em Milas, obrigando-os a refugiarem-se em Messina. Após estas vitórias, Hieron voltou a Siracusa, que já enfrentava as hostilidades dos cartagineses, ocasião em que foi eleito rei, com o nome de Hieron II.

Em 265 a.C., tentou expulsar os mamertinos de Messina, aliando-se a Cartago. Os mamertinos chamaram Roma em seu auxílio, tendo início assim a 1ª Guerra Púnica. Depois de um 1º revés frente aos romanos, Hieron decidiu submeter-se a Roma em 263 a.C., não interferindo no conflito romano-púnico.

Após sua morte, em 215 a.C., triunfou na cidade a facção que apoiava a aliança com Cartago, durante a 2ª Guerra Púnica. Siracusa declarou guerra a Roma, ocasião em que os inventos de Arquimedes tiveram vital importância para a resistência contra as forças navais romanas, mas não o suficiente para evitar que a cidade viesse a cair.

The New Century Classical Handbook, Catherine Avery, redator: Appleton-Century-Crofts, New York, 1962, p. 564.

APÊNDICE I - Roteiro disponibilizado para os alunos na terceira aula.

Aula 3: Estudando e aprofundando o P2.

Nome dos integrantes do grupo:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

Roteiro de experiência

Objetivo de aprendizagem: Refletir e discutir o Princípio de Arquimedes.

Materiais por grupo: Becker Graduado, latinha de refrigerante, proveta graduada e água.

Procedimentos:

01

Adicione água na latinha até encher e depois despeje em um dos recipientes graduado para saber qual o seu volume.

(anote o valor encontrado) _____

02

Agora adicione água em um dos recipientes graduado, cerca de 50 ml, e coloque a latinha cheia de água dentro do recipiente. (O que acontece? anote na tabela)

03

Novamente adicione água em um dos recipientes graduados, cerca de ____ ml, e coloque a latinha cheia de água dentro do recipiente. (O que acontece?)

04

Mais uma vez adicione água em um dos recipientes graduados, cerca de ____ ml, e coloque a latinha cheia de água dentro do recipiente. (O que acontece?)

05

Por fim, adicione água em um dos recipientes graduados, cerca de 150 ml, e coloque a latinha cheia de água dentro do recipiente. (O que acontece?)

Quantidade de água	Afunda ou boia?	Empuxo > Peso

Questões para resolução e discussão:

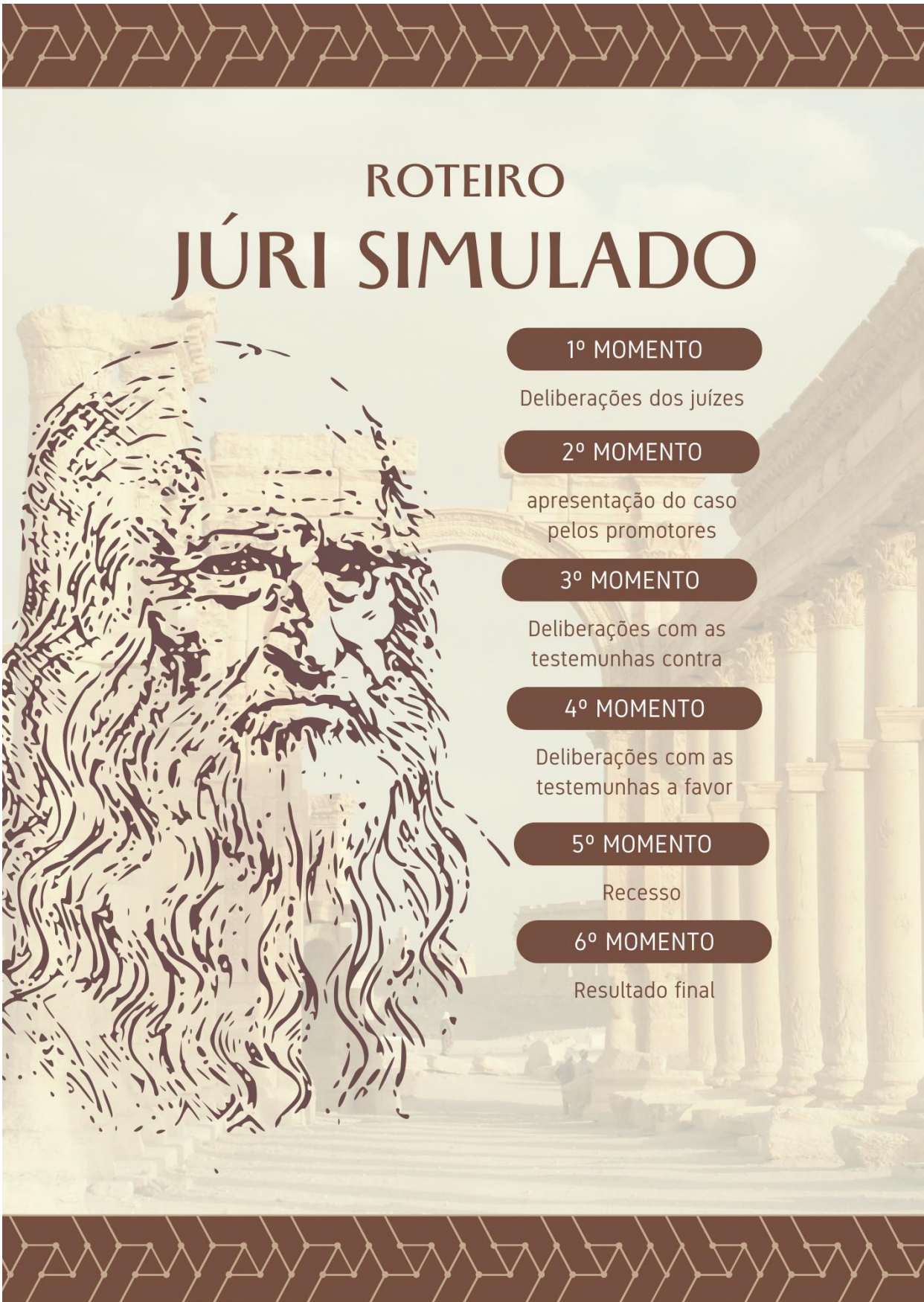
Q1. No princípio de Arquimedes quando ocorrerá o empuxo?

Q2. Nos casos montados por vocês qual foi a quantidade de fluído?

Q3. Nos momentos em que a quantidade de fluído era menor que a do seu objeto (a latinha) você percebeu alguma diferença?

Q4. Qual foi sua conclusão em relação ao experimento feito por você e o princípio?

APÊNDICE J - Roteiro para o Júri Simulado (Desenvolvido na quarta aula).



ROTEIRO JÚRI SIMULADO

- 1º MOMENTO**
Deliberações dos juízes
- 2º MOMENTO**
apresentação do caso
pelos promotores
- 3º MOMENTO**
Deliberações com as
testemunhas contra
- 4º MOMENTO**
Deliberações com as
testemunhas a favor
- 5º MOMENTO**
Recesso
- 6º MOMENTO**
Resultado final

JUÍZES



Vamos da início do acusado _____ pelo crime de calúnia.

Partes representadas pelos ilustres promotores:

**Nomes dos promotores
(acusadores)**

em nome do ministério público e dos nobres advogados:

**Nomes dos advogados
(defensores)**

na defesa. O acusado encontra-se em plenário.

Jurados, estejam cientes da sua missão no dia de hoje, examinar essa causa com imparcialidade e decidir com vossas consciências.

Apresentação do caso pelos **promotores**. (3min no máximo)

Deliberações dos promotores com a testemunha 1

5min / **Deliberações dos advogados** 3min

Deliberações dos promotores com a testemunha 2

5min / **Deliberações dos advogados** 3min

Deliberações dos advogados com a testemunha 3

5min / **Deliberações dos promotores** 3min

Deliberações dos advogados com a testemunha 4

5min / **Deliberações dos promotores** 3min

A plenária entrará em recesso por 5 minutos pedimos aos senhores e senhoras que se retirem. Retornaremos em breve.

RECESSO DE 5 MINUTOS



ANEXOS - Recortes dos livros de Física que trabalham o conceito de empuxo.

Seção 20.6

Teorema de Arquimedes

Objetivos

- Compreender o teorema de Arquimedes.
- Aplicar o teorema de Arquimedes na análise do comportamento de corpos parciais ou totalmente imersos em fluidos.

Termos e conceitos

- peso aparente
- empuxo
- volume deslocado
- volume imerso

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

Quando uma pessoa está mergulhada nas águas de uma piscina ou no mar, sente-se mais leve, como se o líquido estivesse empurrando seu corpo para cima, aliviando seu peso. Ao que se sabe, foi o sábio grego Arquimedes* de Siracusa quem pela primeira vez teve a percepção desse fato. Segundo alguns, ele teria chegado a essa conclusão durante um banho nas termas públicas da cidade em que vivia. Entusiasmado com a descoberta, o cientista teria saído nu pelas ruas, exclamando: "*Heureka! Heureka!*" ("Descobri! Descobri!").

A verificação da existência de uma força com que o líquido atua sobre um corpo nele mergulhado pode ser feita com o auxílio de uma balança de braços iguais, conforme se indica na figura 14. Na figura 14A, o peso do corpo P é, em módulo, igual à tração T do fio, aplicada no prato da balança à direita:

$$T = P$$

Na figura 14B, o corpo imerso no líquido parece pesar menos, pois a balança se desequilibra do lado do contrapeso. A conclusão é que o líquido deve necessariamente estar exercendo no corpo uma força $\vec{E}$ de direção vertical (como o peso e a tração), de sentido para cima, provocando assim esse desequilíbrio. A essa força $\vec{E}$ que o líquido exerce no corpo imerso dá-se o nome de **empuxo**.

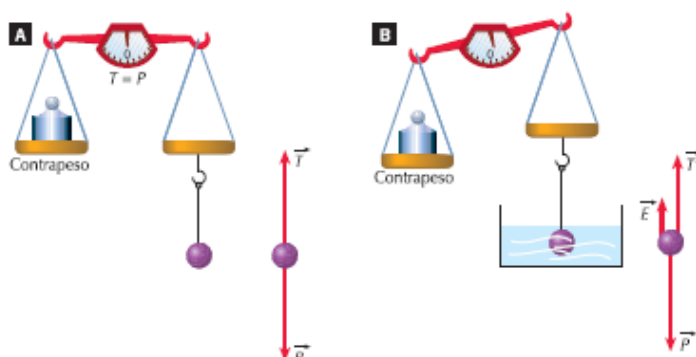


Figura 14. (A) O contrapeso equilibra o corpo suspenso. (B) A balança se desequilibra quando o corpo é imerso num líquido.

A nova tração do fio T' (fig. 14B) é menor que a tração T (fig. 14A), sendo dada por:

$$T' = P - E$$

A força de intensidade T' costuma ser chamada de **peso aparente** (P_{ap}), pois aparentemente o corpo pesa menos quando está imerso. Sendo assim, podemos escrever:

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



Esferas de metal flutuando sobre o mercúrio.



Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>
História da Física: As bases da Hidrostática

* ARQUIMEDES (287 a.C.-212 a.C.), célebre matemático e engenheiro grego. É responsável por uma série de inventos, como rodas dentadas, roldanas e vários dispositivos militares, usados nas batalhas travadas entre sua cidade, Siracusa, e os romanos.

A intensidade E do empuxo pode ser determinada segundo a experiência descrita na figura 15. Há dois cilindros: A , sólido e fechado, e B , aberto em sua parte superior e de mesmo volume que A . Assim, o cilindro A preenche exatamente a cavidade vazia do cilindro B .

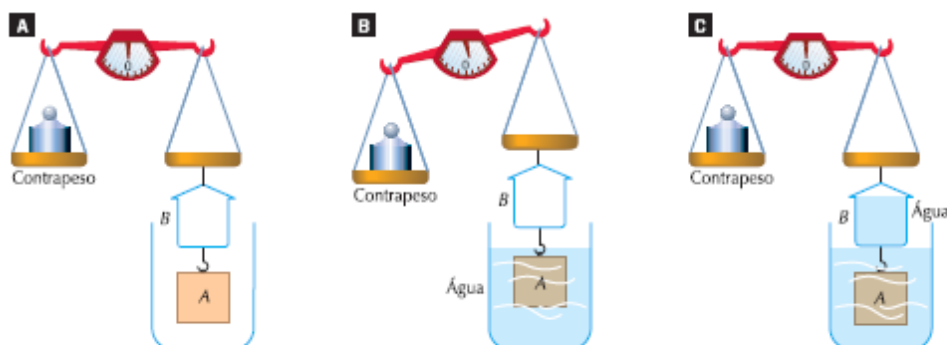


Figura 15. O empuxo é igual ao peso do volume de líquido deslocado pelo corpo.

Na figura 15A, o equilíbrio é obtido com o contrapeso no prato da balança, à esquerda. Na figura 15B o empuxo da água sobre o corpo provoca desequilíbrio: o peso aparente do corpo é inferior ao do contrapeso. Na figura 15C, o equilíbrio é restabelecido quando o cilindro B é preenchido completamente com água.

Conclusão: o corpo imerso desloca uma quantidade de água. O peso do volume de água deslocado equilibra o empuxo, pois o equilíbrio foi restituído, colocando-se esse volume de água deslocado no cilindro vazio.

Chegaremos ao mesmo resultado se refizermos a experiência inúmeras vezes e para diversos sólidos de formas e naturezas diferentes, imersos total ou parcialmente em água ou em outro líquido.

O líquido exercerá no corpo uma força $\vec{E}$ (empuxo) vertical para cima, de intensidade igual ao peso do líquido deslocado. Essa conclusão é válida para corpos imersos em fluidos em geral, líquidos ou gases. Existe, por exemplo, empuxo devido à água, ao ar etc. Esse fenômeno é descrito pelo **teorema de Arquimedes**:

Todo corpo sólido mergulhado num fluido em equilíbrio recebe uma força de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado.

Logo, a intensidade do empuxo é dada por: $E = P_f = m_f g$

Sendo d_f a densidade e V_f o volume do fluido deslocado, decorre: $d_f = \frac{m_f}{V_f} \Rightarrow m_f = d_f V_f$

Portanto: $E = P_f = m_f g \Rightarrow E = d_f V_f g$

O volume V_f do fluido deslocado é o próprio volume do corpo se ele estiver totalmente imerso (fig. 16A); é o volume imerso quando o corpo está flutuando (figs. 16B e 16C).

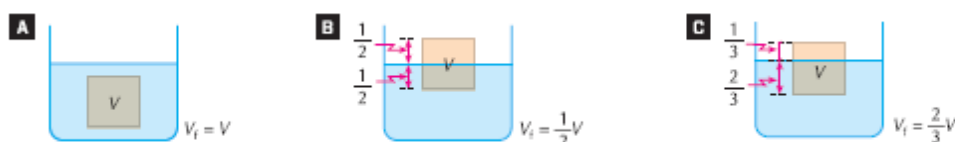


Figura 16. O volume do fluido deslocado corresponde ao volume imerso do corpo.



Conteúdo digital Moderna PLUS <http://www.modernaplus.com.br>
Atividades experimentais: Estudo do teorema de Arquimedes;
Determinação aproximada de densidade





Se você colocar seu pé dentro d'água, seu pé estará imerso. Se você saltar nela, afundar e imergir por completo, você estará submerso.



FIGURA 13.12

Um litro de água ocupa um volume de 1.000 cm^3 , tem uma massa de 1 kg e pesa 10 N (ou, mais precisamente, $9,8 \text{ N}$). Sua densidade, portanto, pode ser expressa como 1 kg/L , e seu peso específico como 10 N/L . (A água do mar é um pouco mais densa.)



VIDEO: Archimedes Principle



SCREENCAST: Archimedes

13.4 O princípio de Arquimedes

Essa relação entre o empuxo e o líquido deslocado foi descoberta no século III a.C., pelo cientista grego Arquimedes. Ele o enunciou assim:

Um corpo imerso sofre a ação de uma força de empuxo dirigida para cima e igual ao peso do fluido que ele desloca.

Essa relação é chamada de **princípio de Arquimedes**. Ele é válido para líquidos e gases, que são ambos fluidos. Se um corpo imerso desloca 1 quilograma de fluido, a força de empuxo que atua sobre ele é igual ao peso de 1 quilograma.⁵ Por *imerso* queremos nos referir a *completamente ou parcialmente submerso*. Se imergirmos na água a metade de um recipiente fechado de 1 litro, ele deslocará meio litro de água e sofrerá a ação de uma força de empuxo igual ao peso de meio litro de água – não importa o que esteja dentro do recipiente. Se o imergirmos completamente (submergirmos), ele sofrerá a ação de uma força de empuxo igual ao peso de um litro inteiro de água (massa de 1 kg). A menos que o recipiente seja comprimido, a força de empuxo será igual ao peso de 1 kg de água a uma profundidade *qualquer*, desde que ele esteja completamente submerso. A razão para isso é que, a qualquer profundidade, o recipiente não pode deslocar um volume de água maior do que seu próprio volume. E o peso dessa água deslocada (e não o peso do objeto submerso!) é igual à força de empuxo.

Se um objeto de 30 kg desloca 20 kg de fluido quando imerso, seu peso aparente será igual ao peso de 10 kg (100 N). Observe que, na Figura 13.13, o bloco de 3 kg tem um peso aparente igual ao peso de 1 kg quando submerso. O peso aparente de um objeto submerso é igual ao seu próprio peso quando está no ar, menos a força de empuxo.

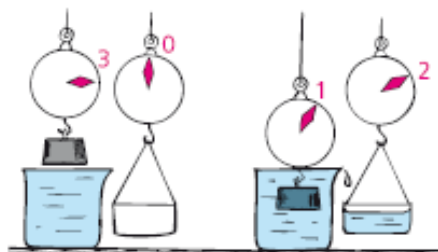


FIGURA 13.13

Os objetos pesam mais quando estão no ar do que na água. Quando um bloco de 3 kg é submerso, a marcação da balança diminui para 1 kg . O peso “que falta” é igual ao peso dos 2 kg de água deslocada, que é igual à força de empuxo.

⁵No laboratório, você pode vir a descobrir que é conveniente expressar a força de empuxo em quilogramas, ainda que um quilograma seja uma unidade de massa, e não de força. Assim, estritamente falando, a força de empuxo é o peso de 1 kg , igual a 10 N (ou, precisamente, $9,8 \text{ N}$). Ou poderíamos simplesmente dizer que a força de empuxo é de 1 *quilograma-força*, e não simplesmente dizer que ela é 1 kg .

➤ O teorema de Arquimedes

Qual é a força vertical e dirigida para cima que equilibra o peso de um navio permitindo que ele flutue? Que força arrebatadora vertical e dirigida para cima colabora para que uma bola de plástico, mergulhada totalmente na água de uma piscina, quando largada, aflore rapidamente à superfície?

Essa força que os corpos recebem quando imersos na água, no ar ou em outros líquidos ou gases tem fundamental importância na compreensão de fenômenos hidrostáticos. Seu nome é **empuxo**, tendo sido descrita por Arquimedes de Siracusa no século III a.C.

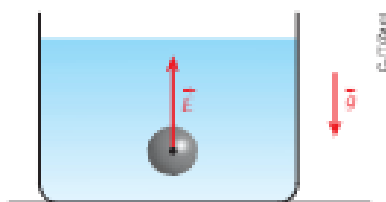
Arquimedes (287 a.C.-212 a.C.) nasceu em Siracusa, na ilha da Sicília, cidade que na época pertencia à Magna Grécia. Em viagem de estudos a Alexandria (Egito), conheceu Euclides e seus discípulos, tornando-se entusiasta de sua obra. Determinou a área da superfície esférica, obteve com precisão o centro de gravidade de várias figuras planas, construiu engenhos bélicos de notável eficiência e também um parafuso capaz de elevar a água de poços e estudou o mecanismo das alavancas. O que realmente o celebrou, no entanto, foi a formulação da lei do empuxo. Morreu em plena atividade, na Primeira Guerra Púnica, durante o massacre realizado pelos romanos por ocasião da tomada de Siracusa.

Leia o enunciado do **teorema de Arquimedes**:

Quando um corpo é imerso total ou parcialmente em um fluido em equilíbrio sob a ação da gravidade, ele recebe do fluido uma força denominada **empuxo** (ou impulsão de Arquimedes). Tal força tem sempre direção vertical, sentido de baixo para cima e intensidade igual à do peso do fluido deslocado pelo corpo.

Vamos admitir um líquido homogêneo, de massa específica μ_f , contido em um recipiente, formando um sistema em equilíbrio sob a ação da gravidade ($\vec{g}$). Suponha que um corpo é submerso nesse líquido e nesse processo um volume V de líquido é deslocado pelo corpo. Como o líquido tem massa específica μ_f , a massa de líquido deslocada é igual a $\mu_f V$ e seu peso é igual a $\mu_f Vg$. Portanto, pelo teorema de Arquimedes, o empuxo sob o corpo é dado por:

$$E = \mu_f Vg$$



III

Arquimedes. Gravura do século XVII. Biblioteca Nacional de Paris.

Reprodução do Museu Nacional de História e Cultura da França

O princípio de Arquimedes

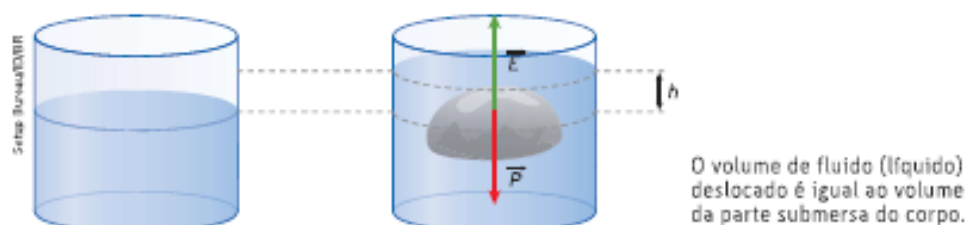
Por que os balões de ar quente sobem? Por que os navios flutuam?

Nos dois casos, há uma força vertical que atua em sentido contrário ao da força peso, sustentando os corpos.

O pensador grego Arquimedes (c. 287 a.C.-212 a.C.) foi quem primeiro observou e apresentou essa força. Em linguagem atual, o **princípio de Arquimedes** diz:

Todo corpo imerso, total ou parcialmente, em um fluido em equilíbrio recebe a ação de uma força vertical, dirigida de baixo para cima e com intensidade igual ao peso do volume de fluido deslocado pelo corpo.

Essa força vertical para cima é chamada **empuxo**, e será aqui representada pela letra $\vec{E}$. O esquema abaixo ajuda a compreender esse conceito.



Sendo o valor empuxo igual ao valor peso do volume do fluido deslocado, a intensidade dessa força pode ser calculada pela equação:

$$P = E = m_d \cdot g$$

em que P é a intensidade da força peso, E é a intensidade do empuxo, m_d é a massa do fluido deslocado e g é a aceleração da gravidade.

Experimentos mostram que o volume de fluido deslocado (V_d) pela imersão de um corpo tem peso equivalente à força que será aplicada ao corpo.

Como a densidade de um corpo é dada por $d = \frac{m}{V}$, em que m é a massa do corpo e V é seu volume, podemos escrever: $m = d \cdot V$. Chamando a densidade do fluido de d_f e fazendo as devidas substituições na equação do empuxo, obtemos:

$$E = d_f \cdot V_d \cdot g$$

Observe que o empuxo é proporcional à densidade do fluido e ao volume de fluido deslocado. Assim, quanto maior a densidade do fluido, maior será o empuxo por ele causado. Portanto, um mesmo objeto pode receber empuxo de diferentes intensidades, dependendo da densidade do fluido em que estiver imerso.

Por exemplo, sabendo que a densidade do gelo é $0,91 \text{ g/cm}^3$, a da água doce é $1,0 \text{ g/cm}^3$ e a da água do mar é $1,03 \text{ g/cm}^3$, um cubo de gelo flutua mais facilmente na água doce ou na água do mar? Certamente é na água do mar, onde o empuxo é maior pelo fato de a densidade da água salgada ser maior que a densidade da água doce.

Como o empuxo é uma força, sua unidade de medida, no SI, é o newton (N).