

Universidade Federal de Ouro Preto

Instituto de Ciências Exatas e Biológicas

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências

Mestrado Profissional em Ensino de Ciências (MPEC)

Dissertação

**ABORDAGEM INVESTIGATIVA EM
AULAS DE FÍSICA EXPERIMENTAL
NO ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO
SOBRE AERODINÂMICA**

Ana Carolina de Lima Matos

Ouro Preto
2023



UFOP

ANA CAROLINA DE LIMA MATOS

**ABORDAGEM INVESTIGATIVA EM AULAS DE FÍSICA
EXPERIMENTAL NO ENSINO SUPERIOR: UM ESTUDO
SOBRE AERODINÂMICA**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências (nível mestrado profissional) da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre.

Área de Concentração: Ensino de Física

Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e desenvolvimento de recursos didáticos para o Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Edson José de Carvalho

OURO PRETO/MG
2023

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

M433a Matos, Ana Carolina De Lima.

Abordagem investigativa em aulas de física experimental no ensino superior [manuscrito]: um estudo sobre aerodinâmica. / Ana Carolina De Lima Matos. - 2023.

135 f.: il.: color., gráf.. + Quadros.

Orientador: Prof. Dr. Edson José de Carvalho.

Dissertação (Mestrado Profissional). Universidade Federal de Ouro Preto. Instituto de Ciências Exatas e Biológicas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências.

Área de Concentração: Ensino Básico e Educação Superior (física, Química, Biologia).

1. Metodologias Ativas. 2. Física Experimental. 3. Ensino Superior. I. Carvalho, Edson José de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU 510:377:378

Bibliotecário(a) Responsável: Luciana De Oliveira - SIAPE: 1.937.800



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
REITORIA
PRO-REITORIA DE PESQUISA, POS-GRADUACAO E
INOVACAO
PROGRAMA DE POS-GRADUACAO EM ENSINO DE
CIENCIAS



FOLHA DE APROVAÇÃO



MESTRADO PROFISSIONAL
EM ENSINO DE CIÊNCIAS

ANA CAROLINA DE LIMA MATOS

Abordagem investigativa em aulas de física experimental no ensino superior: um estudo sobre aerodinâmica.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências - nível mestrado profissional, da Universidade Federal de Ouro Preto, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências.

Aprovada em 15 de fevereiro de 2023.

Membros da banca

Prof. Dr. Edson José de Carvalho - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Silmar Antonio Travain - Universidade Estadual Paulista
Prof.^a Dr.^a Denise Conceição das Graças Ziviani - Instituto Federal de Minas Gerais

Prof. Dr. Edson José de Carvalho, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito no Repositório Institucional da UFOP em 16/03/2023.



Documento assinado eletronicamente por **Edson Jose de Carvalho, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 21/03/2023, às 09:17, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0464577** e o código CRC **30C5F450**.

*“A tarefa do educador moderno não é
derrubar florestas, mas irrigar desertos.”*

C. S. Lewis

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois, sem Ele essa realização não seria possível. “Porque Dele, por Ele e para Ele são todas as coisas...” (Rm 11:36).

Agradeço aos meus familiares, e em especial ao meu marido Josiney e a minha mãe Joelma por serem meus apoiadores, incentivadores e meus alicerces nessa jornada.

Agradeço ao meu orientador Edson pela paciência, compreensão, dedicação e apoio. Sem o seu auxílio não chegaria tão longe! Muito obrigada por tudo. Agradeço também a sua esposa Renata pelos conselhos, conversas e compartilhamento de experiências. Foi um tempo precioso!

Agradeço aos colegas do MPEC, e em especial ao meu amigo Éder por dividir e carregar comigo essa experiência do mestrado profissional. Aos docentes do programa pelos ensinamentos e pela troca de experiências. Ao secretário do MPEC, Lucas, pela dedicação, empenho e prontidão, sempre disposto a nos ajudar. Muito obrigada a todos!

Agradeço aos meus amigos de infância Ludmila, Carleugênia, Luiz e Emerson por sempre estarem ao meu lado e por sempre me incentivarem a prosseguir em meus sonhos. Aos amigos da Física, Atália, Fernanda, Andreza, Wflander e tantos outros que fazem parte da minha história.

Agradeço aos membros da banca, em especial a Denise e ao Silmar pelas grandes contribuições em meu trabalho.

Agradeço aos membros da Igreja Peniel Ouro Preto pelo carinho, acolhimento e pelas orações durante o período do mestrado.

Enfim, deixo aqui meu muito obrigada a todos que contribuíram em minha vida e em minha formação ao longo dessa jornada. Um forte abraço!

RESUMO

Durante décadas pesquisadores e estudiosos aprofundaram seus estudos em compreender os problemas enfrentados no ensino. Se tratando especificamente do ensino de Física, nota-se a falta de interesse dos estudantes, dificuldade na resolução de problemas, falta de capacitação do docente quanto as metodologias, dentre outros fatores. Visto a importância da utilização de recursos e estratégias diferenciais para melhorar o desempenho e o desenvolvimento dos estudantes, o presente trabalho tem como objetivo analisar a eficácia de Metodologias Ativas por meio da utilização do ensino investigativo em aulas de Física experimental no Ensino Superior com o tema de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica. Desta forma, foram escolhidas, testadas e produzidas intervenções com o cunho investigativo. Em seguida, essas intervenções foram aplicadas aos estudantes do Ensino Superior. Durante e após o desenvolvimento dessas atividades produziu-se uma análise qualitativa e quantitativa para avaliar o engajamento e a compreensão dos estudantes em relação ao conteúdo abordado. Portanto, por meio do desenvolvimento deste trabalho busca-se apresentar a eficácia de tal abordagem no ensino de Física, além de incentivar e encorajar outros professores a utilizarem essa ferramenta.

Palavras-chaves: Ensino por Investigação, Metodologias Ativas, Física Experimental, Ensino Superior.

ABSTRACT

For decades researchers and scholars have deepened their studies in order to understand the problems faced in teaching. When dealing specifically with the teaching of Physics, it can be noticed the lack of interest from students, difficulty in solving problems, teachers' lack of training regarding methodologies, among other factors. Given the importance of using resources and differential strategies to improve the performance and development of students, the present work aims to analyze the effectiveness of Active Methodologies through the use of Investigative Teaching in experimental Physics classes in Higher Education with the theme of fluid mechanics and aerodynamics. Thus, interventions with an investigative approach were chosen, tested, and produced. These interventions were then applied to students in higher education. During and after the development of these activities, a qualitative and quantitative analysis was produced to evaluate the students' engagement and understanding of the content. Therefore, through the development of this work we seek to present the effectiveness of this approach in Physics Teaching, as well as to encourage and stimulate other teachers to use this tool.

Keywords: Teaching through Research, Active Methodologies, Experimental Physics, Higher Education.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

Figura 1: Princípios que constituem as metodologias ativas de ensino.	30
Figura 2: Mapa Conceitual Abordagens Investigativas.	35
Figura 3: Algumas áreas de aplicação da mecânica dos fluidos.	44
Figura 4: Fluxo gerado pela fumaça de um cigarro aceso.	45
Figura 5: Imagem representativa da Equação da continuidade.	47
Figura 6: Água escoando por um duto cilíndrico.	48
Figura 7: Imagem representativa da Equação de Bernoulli.	49
Figura 8: Tubo Venturi.	50
Figura 9: Fluxo de ar em uma asa de avião	51
Figura 10: Linha de fluxo de um elemento de fluido.	52
Figura 11: Componentes da força resultante atuante em um aerofólio.	53
Figura 12: Componentes das forças atuantes em um avião em um voo horizontal.	54
Figura 13: Representação do ângulo de ataque e pressão no avião.	55
Figura 14: Linhas de fluxo em objeto circular.	56
Figura 15: Linha de fluxo em um objeto circular em movimento.	57
Figura 16: Sugestões de Livros para leitura e aprofundamento sobre o tema	59
Figura 17: Sugestões de livros e canais com propostas de experimentos.	60
Figura 18: Aparatos experimentais sugerido na intervenção 2 da SEI.	68
Figura 19: Vídeo 1 da etapa vídeos de contextualização.	69
Figura 20: Vídeo 2 da etapa vídeos de contextualização.	70
Figura 21: Vídeo 3 da etapa vídeos de contextualização.	70
Figura 22: Vídeo 4 da etapa vídeos de contextualização.	71
Figura 23: Vídeo 5 da etapa vídeos de contextualização.	71
Figura 24: Aparato experimental utilizado pelo grupo 1.	73
Figura 25: Aparato experimental utilizado pelo grupo 2.	74
Figura 26: Aparato experimental utilizado pelo grupo 3.	75
Figura 27: Esquema resumido do Desenvolvimento de uma análise segundo Bardin. .	79
Figura 28: Desenhos feitos pelos estudantes na questão 5 da problematização.	105

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 1: Metodologia da pesquisa.	63
Fluxograma 2: Elementos presentes na elaboração da SEI.	64
Fluxograma 3: Intervenções utilizadas na SEI.	65
Fluxograma 4: Relação entre os elementos adotados e as intervenções aplicadas.	65
Fluxograma 5: Linha do tempo com a aplicação das atividades da SEI.	76

GRÁFICOS

Gráfico 1: Assertivas do constructo 1. Dados referentes a turma A.	84
Gráfico 2: Assertivas do constructo 1. Dados referentes a turma B.	85
Gráfico 3: Assertivas do constructo 2. Dados referentes a turma A.	86
Gráfico 4: Assertivas do constructo 2. Dados referentes a turma B.	87
Gráfico 5: Assertivas do constructo 3. Dados referentes a turma A.	88
Gráfico 6: Assertivas do constructo 3. Dados referentes a turma B.	89

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Evolução histórica do ensino de Ciências.....	16
Quadro 2: Organização da classificação do Institute For Inquiry (2006) para os tipos de perguntas.....	21
Quadro 3: Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.....	36
Quadro 4: Elementos de aproximação teórica/metodológica entre o ensino por investigação-EnCI e PBL.....	41
Quadro 5: Relações entre as Metodologias ativas e o ensino por investigação.....	42
Quadro 6: Significado de cada grau de concordância da escala de verificação de Likert.....	80
Quadro 7: Levantamento de informações da carga horária das disciplinas de Física Experimental em diferentes instituições.....	82
Quadro 8: Categorias utilizadas na Análise de conteúdo.....	90
Quadro 9: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 1 da etapa Problematização: Questões Norteadoras - atividade individual	94
Quadro 10: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 1 da etapa Problematização: Questões Norteadoras - atividade em grupo	95
Quadro 11: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 2 da etapa Problematização Questões Norteadoras – atividade individual	97
Quadro 12: Recorte das respostas dadas pelos grupos de estudantes na questão 2 da etapa Problematização Questões Norteadoras – atividade em grupo	99
Quadro 13: Recorte da resposta dada por um estudante na questão 3 da etapa Problematização Questões Norteadoras – atividade individual	100
Quadro 14: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 3 da etapa Problematização Questões Norteadoras – atividade em grupo	101
Quadro 15: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 4.....	102
Quadro 16: Recorte das respostas dadas pelos grupos na questão 4 da etapa Problematização Questões Norteadoras – atividade em grupo	104
Quadro 17: Recorte da fala de um estudante na etapa da Problematização Questões Norteadoras. Atividade em grupo.....	106
Quadro 18: Recorte da fala de um estudante enquanto manuseava os experimentos (Intervenção 5).....	108
Quadro 19: Recorte da fala de um estudante enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade individual (Intervenção 2).....	108
Quadro 20: Recorte do diálogo dos estudantes do Grupo A2 enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade em grupo (Intervenção 3).....	109
Quadro 21: Recorte das questões respondidas por uma estudante no questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade individual (Intervenção 2).....	110
Quadro 22: Recorte da fala de uma estudante enquanto respondia ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	111
Quadro 23: Recorte das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	112

Quadro 24: Recorte das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	112
Quadro 25: Descrição das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	113
Quadro 26: Descrição das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	114
Quadro 27: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3).....	115
Quadro 28: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3).....	116
Quadro 29: Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	117
Quadro 30: Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	118
Quadro 31: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3).....	119
Quadro 32: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3).....	120
Quadro 33: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).....	120
Quadro 34: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3).....	121
Quadro 35: Fala dos estudantes enquanto manuseavam os experimentos (intervenção 5).....	121

LISTA DE SIGLAS E ABREVIações

3MP: Três Momentos Pedagógicos

BDTD: Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações

CAPES: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

D: *Drag*

E_A: Estudantes da turma A

E_B: Estudantes da turma B

EnCI: Ensino de Ciências por Investigação

IFMG – OP: Instituto Federal Minas Gerais – Campus Ouro Preto

L: *Lift*

MEC: Ministério da Educação

PBL: *Problem Based Learning*

PCN+: Orientações Educacionais Complementares

PCNs: Parâmetros Curriculares Nacionais

SD: Sequência Didática

SEI: Sequência de Ensino Investigativa

TA: Turma A

TB: Turma B

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

UFOP: Universidade Federal de Ouro Preto

UFV: Universidade Federal de Viçosa

USP: Universidade de São Paulo

ZDP: Zona de Desenvolvimento Proximal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS E DA EXPERIMENTAÇÃO.....	15
1.2 JUSTIFICATIVA:.....	17
1.3 OBJETIVOS.....	18
1.4 PROBLEMA DE PESQUISA.....	19
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	20
2.1 A MOTIVAÇÃO DOS ESTUDANTES	20
2.2 AS METODOLOGIAS ATIVAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO.....	27
2.3 DIFERENTES APLICAÇÕES DAS METODOLOGIAS ATIVAS.....	31
2.4 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (ENCI).....	34
2.5 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)	37
2.6 CORRELAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS ATIVAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO	40
3. MECÂNICA DOS FLUIDOS	44
3.1 EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE.....	47
3.2 EQUAÇÃO DE BERNOULLI.....	49
3.3 ARRASTO E SUSTENTAÇÃO	53
3.4 TRABALHANDO COM A MECÂNICA DOS FLUIDOS E AERODINÂMICA EM SALA DE AULA	58
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	63
4.1 PRODUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA	64
4.2 DESCRIÇÃO DA SEI.....	66
4.3 APLICAÇÃO DA SEI.....	75
4.4 INSTRUMENTO DE COLETA.....	77
4.5 INSTRUMENTO DE ANÁLISE	79
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	82
5.1 LEVANTAMENTO DAS GRADES CURRICULARES DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DE DIFERENTES INSTITUIÇÕES DE ENSINO	82
5.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS SEGUNDO A ESCALA DE LIKERT.....	84
5.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO SEGUNDO BARDIN	90
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	124
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	126
APÊNDICES	132
APÊNDICE I.....	132
APÊNDICE II.....	133
APÊNDICE III	135

1. INTRODUÇÃO

Com o avanço da tecnologia, houve também uma evolução de sua presença em nossa vida cotidiana. Conciliar os avanços tecnológicos, o impacto social destas tecnologias e o desenvolvimento científico pode ser uma interessante estratégia para o ensino de Ciências. Assim, buscam-se, cada vez mais, estratégias educacionais que despertem nos estudantes novas habilidades e técnicas (MORAES; JÚNIOR, 2015). À vista disso, Da Rosa e Kalhil (2019), apontam que tal avanço ocasiona uma mudança no comportamento e pensamento dos estudantes, particularmente no ensino de Física, de modo que, as abordagens tradicionais já não são mais suficientes para suprir as necessidades dos discentes. Além disso, as tecnologias possibilitam a utilização de novos recursos e dão suporte para a implementação das novas metodologias de ensino.

Em busca do desenvolvimento da pesquisa sobre o ensino de Física no Brasil, professores, pesquisadores e recursos instrucionais utilizados pelos profissionais da educação se tornam cada vez mais conhecidos nacional e internacionalmente. Além disso, no Brasil são realizados diversos eventos que permitem então seu reconhecimento nessa área. Por outro lado, tal ensino tem enfrentado diversos problemas, dentre eles destaca-se: a alta carga horária dos docentes, a falta de laboratórios e aulas práticas, a falta de professores nas escolas, a falta de capacitação docente e a falta de abordagens que desenvolvam competências científicas e tecnológicas (MOREIRA, 2018). Sendo assim, os Parâmetros Curriculares Nacionais + (2002) corroboram a importância de se revisar as abordagens tradicionais. Neste documento, compreende-se que a experimentação pode possibilitar que os estudantes se envolvam em desafios e busquem solucionar problemas reais encontrados em seu cotidiano. Desta forma, encontram-se também nos documentos oficiais como as diretrizes que apontam para a importância e a necessidade de implementação de atividades práticas e experimentais no ensino de Física.

Para a inserção das atividades experimentais nas aulas de Física é necessário a apropriação de um ambiente que se ensina muito além dos conteúdos conceituais. Bem como abordado por Carvalho (2013):

“Acreditamos que a metodologia utilizada pelo docente na condução de seu trabalho traz, mesmo que implicitamente, características da Natureza da Ciência. Ao conduzir situações de aprendizagem, ao criar um ambiente propício para o ensino, também se ensina sobre Ciência e não apenas sobre aspectos conceituais. Uma metodologia investigativa, por exemplo pode ressaltar o caráter investigativo do conhecimento científico, além de outros aspectos. Portanto, a metodologia de trabalho não é neutra, o método de

trabalho utilizado pelo docente também é conteúdo.” (CARVALHO, 2013, p. 118).

Sendo assim, nota-se a importância atribuída ao método de trabalho e a condução adotada pelo docente, visto que tais características, mesmo que subentendidas, contribuem para o desenvolvimento científico e para a aprendizagem dos estudantes. No entanto, a metodologia de trabalho faz parte do processo e pode evidenciar a natureza investigativa do conhecimento científico.

A apropriação deste ambiente se torna ainda mais instigante quando a estratégia de ensino adotado pelo docente permite um aperfeiçoamento das habilidades dos discentes. Atualmente, encontram-se inúmeros métodos que contribuem com o desenvolvimento científico e permitem a participação ativa dos estudantes, ou seja, um ensino centrado no estudante. Dentre eles, vale se ressaltar propostas cujo foco se baseiam na utilização de metodologias ativas e no ensino por investigação. Neste tipo de ensino, o papel do professor passa a ser o de mediador e o aluno adquire o papel principal em sua aprendizagem. Portanto, durante a execução dessa estratégia, eles passam a interagir e discutir com seus pares, tornando-se assim uma alternativa mais colaborativa e receptível às críticas (MOREIRA, 2018).

1.1 ASPECTOS HISTÓRICOS DO ENSINO DE CIÊNCIAS E DA EXPERIMENTAÇÃO

A evolução da história do ensino de Ciências no Brasil se dá a partir da relação entre fatores que são estudados por meio de pesquisas na literatura. Latour (1997), aponta alguns desses fatores e sua importância no desenvolvimento histórico. Segundo ele:

Ao lado dessas literaturas, existe, felizmente, em cruzamento com a história social e a sociologia, uma série de trabalhos admiráveis, essencialmente em língua inglesa, que se esforçam por traçar relações, nos maiores detalhes, entre contexto e conteúdo. A história das ciências presta-se melhor ao estabelecimento de um laço estreito entre a prática dos pesquisadores e os objetos que eles produzem. (LATOUR, 1997, p.20).

Na busca por compreender os fatores históricos que conduzem a evolução do ensino de Ciências no Brasil, Latour menciona a relação entre o contexto e o conteúdo. Após os anos de 1960 o ensino de Ciências no Brasil passou por um marco histórico com o surgimento de novas estratégias de ensino e sua consolidação (MARANDINO, 2002). A fim de demonstrar a evolução que se deu ao longo dos anos, a professora e pesquisadora

Myriam Krasilchik, produziu um quadro que possibilita observar as mudanças ocorridas no intervalo de 1950 a 2000.

Quadro 1: Evolução histórica do ensino de ciências.

Evolução histórica do ensino de ciências					
1950	1960	1970	1980	1990	2000
Situação Mundial	Guerra fria	Crise Energética	Problemas ambientais	Competição Tecnológica	
Situação Brasileira	Industrialização	Ditadura	Transição Política	Democratização	
Objetivos do Ensino Fundamental	Formar elite	Formar cidadão	Preparar Trabalhador	Formar cidadão trabalhador	
Influências preponderantes no ensino	Escola Nova	Escola Nova e Comportamentalismo	Comportamentalismo e Cognitivismo	Construtivismo	
Objetivos mais presentes nas propostas da renovação do ensino de Ciências nas aulas teóricas e práticas	Transmitir informações atualizadas	Vivenciar o método científico	Pensar lógica e criticamente	Analisar implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico	
Visão da Ciência no currículo da escola de Ensino Fundamental	Atividade neutra enfatizando produto	Evolução histórica enfatizando o processo	Produto do contexto social e de intrínsecos	econômico, político, movimentos	
Metodologia recomendada dominante	Laboratório	Laboratório mais discussões de pesquisa	Jogos e simulações. Resolução de problemas		
Docentes	Professores improvisados que fazem curso de capacitação	Professores formados em Universidades	Proliferação de escolas de formação de professores	Programas de atualização continuada de professores	
Instituições que influem na proposição de mudança nacional e internacional	Associações profissionais, científicas e instituições governamentais	Projetos Curriculares. Organizações internacionais	Centro de Ciências. Universidades	Organizações profissionais, científicas e de professores. Universidades	

Fonte: MARANDINO, Martha. 2002. Apud KRASILCHIK, M; MARANDINO, M. 2002.

Com base nos dados deste quadro é possível elencar elementos que influenciam diretamente no desenvolvimento científico. O primeiro deles é a situação em que o país se encontra. Esse fator pode afetar desde a condição econômica até condições sociais das instituições. Outro elemento são os objetivos que nortearam as propostas de renovação do ensino de Ciências. Há uma grande evolução no modo como passaram a ser tratados. Avançou-se da ideia de transmissão de informações para uma análise dos impactos sociais no desenvolvimento tanto científico quanto tecnológico. Existem também uma mudança na abordagem utilizada. Com o decorrer do tempo a proposta partiu de um laboratório expositivo para o laboratório contendo mais discussões e até mesmo a utilização de recursos tecnológicos para a resolução de problemas. Mais um fator de grande relevância é a capacitação docente. Houve um grande avanço na formação profissional, tornando então os professores mais capacitados ao longo dos anos.

As informações contidas neste quadro corroboram os problemas mencionados por Moreira (2018) no tópico anterior e com a importância da apropriação de um ambiente de caráter investigativo apontado por Carvalho (2013).

Visto os fatores condicionantes que influenciaram na evolução do ensino de Ciências no Brasil, se faz importante compreender a relação do ensino de Ciências com a experimentação no ensino de Física. Segundo Batista e Blini (2009):

Na verdade, a experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o aluno está envolvido na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há de se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões, exigindo que o trabalho investigativo do aluno assumira várias formas que possibilitem o desencadeamento de distintas ações cognitivas, tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise e de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerentes às atividades investigativas. (BATISTA, BLINI, 2009, p.45)

Desta forma, nota-se que a experimentação no ensino de Física vai além do desenvolvimento de conceitos científicos dos estudantes. Envolve também o aprimoramento das diversas habilidades cognitivas, o despertar pela motivação e permitem o desenvolvimento da imaginação.

1.2 JUSTIFICATIVA:

É frequente encontrar atividades no ensino de Ciências, que sejam abordadas totalmente expositivo. Entretanto, essas atividades podem ser aprimoradas ao se utilizar novas metodologias como ferramenta educacional (MOURÃO; SALES, 2018). Embora não haja uma definição concreta para evidenciar as metodologias ativas, Studart (2019) as caracteriza como metodologias nas quais, durante o processo de ensino, ocorre a atuação ativa por parte dos estudantes. Desta forma, as atividades realizadas por meio das metodologias ativas, permitem que os discentes adquiram a construção do conhecimento e a compreensão dos conteúdos abordados.

Tendo em vista as contribuições dessas ferramentas no ensino de Física, percebe-se que ao se ensinar Física não basta apenas informar aos estudantes da existência de tal natureza, é importante dar lhes ferramentas que o auxilie em sua forma de agir e pensar (BRASIL, 2000). As metodologias ativas quando bem elaboradas e executadas podem

desempenhar um papel fundamental no processo de aprendizagem dos estudantes. No mesmo sentido, Moraes e Júnior (2015), apontam que a utilização de experimentos constitui uma ferramenta moderadora e favorável, e nessa conformidade, há a aproximação da realidade dos estudantes com o conhecimento científico. Portanto, é necessário que existam atividades experimentais que incorporem aspectos das metodologias ativas, de modo a se obter um aprimoramento nas competências e técnicas dos estudantes.

Em virtude da tamanha importância atribuída a tais metodologias, buscou-se desenvolver na disciplina de Física Experimental II, atividades de cunho investigativo, com o tema de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica. Entretanto, é importante ressaltar que apesar de serem temas de ampla aplicação tecnológica e presença cotidiana que se fazem presentes em programas de disciplinas dos cursos de graduação em Física, são tratados com pouca profundidade. Em decorrência disto se tornou o tema escolhido para ser trabalhado.

Sendo assim, a proposta deste trabalho é desenvolver abordagens investigativas no Ensino Superior a fim de se analisar a percepção dos estudantes em relação às mesmas. Busca-se também contribuir no processo de ensino aprendizagem dos discentes participantes e disponibilizar uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) para que outros docentes, pesquisadores e educadores possam utilizá-la.

1.3 OBJETIVOS

Objetivo Geral

Analisar as contribuições no aprendizado dos estudantes do Ensino Superior em aulas de Física experimental com o tema de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica por meio da utilização do ensino investigativo como metodologia ativa.

Objetivos específicos

- Desenvolver materiais investigativos que poderão ser utilizados em aulas experimentais.
- Realizar um levantamento sobre a carga horária das disciplinas experimentais de diferentes instituições de Ensino Superior.

- Produzir uma Sequência de Ensino Investigativa com o tema de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica, a fim de disponibilizá-la como produto educacional.
- Avaliar a percepção dos estudantes envolvidos na pesquisa quanto a abordagem investigativa.
- Contribuir no desenvolvimento das habilidades cognitivas e nas habilidades de investigação dos estudantes.

1.4 PROBLEMA DE PESQUISA

De que maneiras a implementação de abordagens investigativas e metodologias ativas contribuem para o aprendizado e o engajamento dos estudantes em aulas de Física experimental?

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A MOTIVAÇÃO DOS ESTUDANTES

Em uma sala de aula é comum encontrarmos estudantes desmotivados por diversos fatores. Em alguns casos, essa situação está atrelada ao fato de não conseguirem abstrair os conteúdos das disciplinas as quais apresentam maior grau de dificuldade. Conseqüentemente começam a criar barreiras tornando cada vez mais inexistente a motivação que mesmo em pouquíssima porção existia anteriormente. Uma maneira de se reduzir este problema é a adaptação do ambiente concedido pelo professor. Diante disso, é importante se compreender de modo mais aprofundado os fatores que conduzem e influenciam na motivação dos estudantes. Segundo Tapia:

“Por um lado, ao definir objetivos de aprendizagem, apresentar a informação, propor tarefas, responder à demanda dos alunos, avaliar a aprendizagem e exercer o controle e a autoridade, os professores criam ambientes que afetam a motivação e a aprendizagem (Tapia; 1999; p.14)”.

Como apontado por Tapia, o ambiente de aprendizado proporcionado pelo professor aos estudantes quando desenvolvido de maneira inadequada pode afetar diretamente na motivação deles. Nesse ambiente deve-se haver alguns parâmetros muito importantes que possam influenciar de maneira positiva e produtiva no processo da motivação. Ao longo de leituras e observações foram selecionados alguns tópicos específicos, sendo eles: A curiosidade demonstrada por meio de perguntas, a importância da prática dos professores, a autonomia dos estudantes e o processo de avaliação da aprendizagem.

A curiosidade demonstrada por meio de perguntas

Segundo o dicionário *Michaelis* a definição da palavra “curiosidade” é dada como:

- 1- Qualidade ou característica daquele, ou daquilo que é curioso.
- 2- Desejo forte de ver, conhecer ou desvendar alguma coisa.
- 3- Desejo de aprender ou adquirir conhecimentos.
- 4- Informação que revela algo interessante e surpreendente.

Desta maneira a curiosidade é atribuída ao desejo forte de adquirir algum tipo de conhecimento. Para que haja esse desejo nos discentes é necessário um ambiente que promova um pensamento reflexivo e pensamento crítico de modo que o próprio estudante

se torne responsável pela construção de seu conhecimento. Para isso o professor será o responsável por abrir os caminhos e mediar pelos conteúdos de forma interdisciplinar (DA SILVA, et al; 2018). No desenvolvimento da aprendizagem a etapa da pergunta se torna primordial para a construção do conhecimento (MACHADO, SASSERON, 2012). Dessa forma, é necessário reavaliar as estratégias de modo que as informações concordem com o conhecimento prévio dos estudantes e seja utilizado recursos diversificados para aumentar o interesse e a curiosidade dos estudantes (TAPIA, 1999). De acordo com Paulo Freire:

“A curiosidade como inquietação indagadora, como inclinação ao desvelamento de algo, como pergunta verbalizada ou não, como procura de esclarecimento, como sinal de atenção que sugere alerta faz parte integrante do fenômeno vital. Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos, acrescentando a ele algo que fazemos (Freire; 1996; p.16)”.

Para ele é necessário que se haja a curiosidade para haver a criatividade e ela se despertará de inúmeras formas. Assim, um modo de demonstrar a curiosidade é por meio de questionamentos. Existem diferentes categorias de perguntas que podem ser avaliadas e estudadas pelo professor. Para isso, Machado e Sasseron (2012) apresentam uma tabela de organização da classificação do *Institute For Inquiry* (2006) para os tipos de perguntas.

Quadro 2: Organização da classificação do *Institute For Inquiry* (2006) para os tipos de perguntas.

Tipos de Perguntas	Descrição	Exemplo
Perguntas centradas no assunto	Remetem diretamente ao assunto a ser estudado, têm somente uma resposta certa.	Quantas imagens temos nos espelhos?
Perguntas centradas no processo	Buscam selecionar e destacar variáveis. Envolvem o processo de investigação.	De que forma ficou isso quando você aumentou aquilo?
Perguntas centradas na pessoa	Não existem respostas certas ou erradas, buscam extrair o que os alunos acham ou sabem.	O que você acha que explica...?
Outros tipos de perguntas	Perguntas que não se enquadram no perfil anterior.	O que você sabe sobre a propriedade....?

Fonte: MACHADO, Vitor Fabrício; SASSERON, Lucia Helena. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 29-44, 2012.

A presente tabela corresponde a classificação dada por pesquisadores do *Exploratorium Institute for Inquiry*, da Universidade de San Francisco, EUA

(MACHADO, SASSERON; 2012). Nela são apontados 4 tipos de perguntas. As perguntas centradas no assunto, ou seja, atua totalmente ligada ao tema abordado, ocasionando apenas uma resposta correta. As perguntas centradas no processo, baseia-se na observação do fenômeno, de modo a conduzir a um processo de investigação. As perguntas centradas na pessoa, nelas as respostas se apoiam no conhecimento prévio dos estudantes, não havendo corretas ou incorretas e sim uma construção de conhecimento por meio delas. E por fim, os outros tipos de perguntas que não se enquadram nos casos anteriores. Portanto, é possível que logo no começo de uma aula, antes da introdução do conteúdo, o professor utilize perguntas presentes nessa classificação com o intuito de despertar a curiosidade dos estudantes e motivá-los a buscar respostas para a compreensão do fenômeno.

Instigar a curiosidade de um estudante e até mesmo despertá-la torna o papel do docente ainda mais importante. A estratégia utilizada pelo professor se torna algo fundamental para o desenvolvimento das habilidades dos estudantes e de sua motivação. Em vista disso, se torna necessário compreender melhor o papel do docente e a importância de sua prática.

A importância da prática docente

Para se ensinar determinados temas é preciso pensar em como tais conteúdos serão ensinados, dando mais atenção a didática aplicada e a como será feito o processo de ensino aprendizagem, a fim de despertar o interesse dos alunos (MOREIRA, 2018). Em vista disso, vale ressaltar que a didática não possui um padrão a ser seguido, mas se estiver em constante transformação e buscar adequar as novas mudanças poderá se tornar mais eficaz. Para Moreira (2017) há um contraste em como é o ensino de Ciências no século XXI e em como de fato deveria ser. Para ele o ensino se encontra centrado no professor e treina os estudantes para darem respostas corretas. No entanto, deveria ser centrado no estudante e com o foco em uma aprendizagem significativa que agregasse a utilização de tecnologias e conteúdos clássicos e contemporâneos. Embora o foco esteja no estudante o responsável por tornar possível e permitir estratégias diferenciadas é o professor. Segundo Paulo Freire:

“A responsabilidade do professor, de que às vezes não nos damos conta, é sempre grande. A natureza mesma de sua prática eminentemente formadora,

sublinha a maneira como a realiza. Sua presença na sala é de tal maneira exemplar que nenhum professor ou professora escapa ao juízo que dele ou dela fazem os alunos. E o pior talvez dos juízos é o que se expressa na “falta” de juízo. O pior juízo é o que considera o professor uma ausência na sala (Freire, 1996, p.27)”.

Nesse momento, Freire chama atenção a respeito da grande responsabilidade atribuída ao professor e a importância de sua prática. Por mais ativo que seja a participação dos estudantes no processo de aprendizagem é indispensável a presença do professor na sala de aula, pois, será ele o intermediador e a peça que norteará e auxiliará os estudantes nas etapas de desenvolvimento. Todavia, o docente deve estar preparado para trabalhar com estratégias que sejam atrativas aos estudantes, com isso, é necessário que ele também se sinta motivado e confortável. De acordo com Bordenave:

“O segredo do bom ensino é o entusiasmo pessoal do professor, que vem do seu amor à ciência e aos alunos. Esse entusiasmo pode e deve ser canalizado, mediante planejamento e metodologia adequados, sobretudo para o estímulo ao entusiasmo dos alunos pela realização, por iniciativa própria, dos esforços intelectuais e morais que a aprendizagem exige” (Bordenave, 1986, p.56).

Portanto, a motivação do docente poderá constituir um elemento determinante para uma prática mais eficiente. É necessário que ao definir e se apropriar de uma estratégia o professor se sinta estimulado e capacitado para executá-la. Para se considerar que uma determinada prática seja eficiente existem alguns princípios que podem ser observados. Esses princípios são apresentados por Dos Santos (2001) e demonstram aspectos presentes em uma sala de aula na qual se desenvolve uma boa prática. Assim sendo, de acordo com os parâmetros propostos por Santos os princípios são:

Princípio nº 1: A boa prática encoraja o contato entre o aluno e o professor

Princípio nº 2: A boa prática encoraja a cooperação entre os alunos

Princípio nº 3: A boa prática encoraja a aprendizagem ativa

Princípio nº 4: A boa prática fornece feedback imediato

Princípio nº 5: A boa prática enfatiza o tempo da tarefa

Princípio nº 6: A boa prática comunica altas expectativas

Princípio nº 7: A boa prática respeita os diversos talentos e as diferentes formas de aprendizagem (Dos Santos, 2001, p. 73-76).

Com base nesses princípios nota-se a importância atrelada a boa prática e sua eficácia. Isto é, tem-se positivos aspectos em uma sala de aula em que se atribuiu uma boa prática, tais como: uma boa relação entre o professor e o estudante, a interação e cooperação entre os discentes, uma aprendizagem menos mecanizada, um retorno por parte dos alunos, execução das atividades no prazo estipulado, o alcance das expectativas além de englobar também vários tipos de habilidades envolvendo diferentes maneiras de aprendizagem.

Esses princípios podem ser alcançados pelo docente ao logo do desenvolvimento de sua aula de modo a torná-la mais atrativa e dinâmica. Em razão disso, os estudantes poderão atuar de modo mais ativo exercendo uma maior autonomia em seu processo de ensino aprendizagem. Sendo assim, é necessário compreender como se dá o desenvolvimento de tal autonomia.

A autonomia dos estudantes

Freire (1987) questiona sobre a prática da educação bancária, em que os educandos são como recipientes prontos para receberem os depósitos e em seguida arquivá-los, enquanto o educador é o responsável por realizar esses depósitos. Segundo ele, com esse tipo de concepção o saber é doado daquele que julga saber algo para aquele que não sabe nada, tornando-se assim uma educação sem criatividade e sem transformação. A educação compreendida desta maneira desestimula o interesse do educando e não ensina o indivíduo ser uma pessoa crítica. Nessa mesma perspectiva Freire (1987) aponta que:

Deste modo, o educador problematizador re-faz, constantemente, seu ato cognoscente, na cognoscitividade dos educandos. Estes, em lugar de serem recipientes dóceis de depósitos, são agora investigadores críticos, em diálogo com o educador, investigador crítico, também. (Freire, 1987, p.40)”.

O significado da palavra cognoscente segundo o dicionário *Michaelis* “Que ou aquele que conhece, que ou aquele que tem conhecimento de”. Corroborando com a concepção de Freire (1987), o professor problematizador busca compreender o conhecimento já existente dos estudantes e trabalha por meio deles ao invés de simplesmente transmitir o saber sem o papel do educador. O estudante deve se tornar um indivíduo investigador capaz de julgar criticamente, além de atuar de maneira autônoma em seu processo de aprendizagem.

Existem estratégias que permitem a ação mais ativa dos estudantes. Uma delas é a inserção de um novo ambiente, cujo o foco esteja centrado no educando. A atuação mais ativa dos discentes consente em um posicionamento com maior liberdade, ou seja, de maior autonomia. Para Freire (1996):

“[...] à autonomia vai se constituindo na experiência de várias, inúmeras decisões, que vão sendo tomadas”. [...] É neste sentido que uma pedagogia da autonomia tem de estar centrada em experiências estimuladoras da decisão e da responsabilidade, vale dizer, em experiências respeitadas da liberdade. (Freire, 1996, p.42)”.

Conforme apresentado por Freire, a autonomia é construída a partir das decisões que são tomadas ao longo da vida. Assim, as estratégias de ensino devem ter como foco experiências que proporcionem aos indivíduos decisões feitas com responsabilidades. Existem algumas propostas de atividades que proporcionam o desenvolvimento da autonomia dos estudantes são as chamadas metodologias ativas. Para Berbel (2011) ao se trabalhar com determinadas estratégias, os estudantes percebem a falta de informações para responder aos desafios e são estimulados a buscarem meios de solucioná-los. Nesta busca se torna presente um pensamento científico, reflexivo e crítico que contribui para o desenvolvimento e crescimento da autonomia dos alunos.

Outra proposta que se adequa a trabalhar com tal autonomia é o ensino por investigação. Para Batistoni et al. (2018) essa didática permite que os discentes tenham muita ou pouca autonomia, algo que poderá ser dosado pelo professor conforme as necessidades da turma. Desta forma, poderá estimular o modo com o qual os estudantes enxergam a natureza e a sua relação com ela.

Ambas propostas trabalham com a autonomia dos estudantes e demonstram que ao adquirirem tal habilidade os estudantes carregam consigo a responsabilidade diante das experiências as quais se encontram envolvidos. Mas, vale ressaltar que assim como o professor possui sua autonomia e liberdade na sala de aula, ele também deve respeitar a liberdade e autonomia criada pelos estudantes (FREIRE, 1996). Ao se utilizar diferentes estratégias, o docente precisará analisar de que modo sua didática contribuiu para o processo de aprendizagem de seus estudantes. Esta autonomia permite ao docente observar se os discentes estão se desenvolvendo ao longo das atividades. Essa observação conduz a uma avaliação. Sendo assim, esse será o próximo tópico a ser abordado.

O processo de avaliação da aprendizagem

Avaliar segundo o dicionário *Michaelis* é “calcular ou determinar o valor, o preço ou o merecimento de:”, ou seja, é estimar o grau de merecimento de um determinado indivíduo em determinadas situações. Para Gatti (2003) nesse processo o professor obtém dados de diferentes tipos de atividades criando uma quantidade de informação para avaliar conforme o seu método de ensino. É fundamental que o docente contemple habilidades coletivas e individuais e que essa ação seja aprimorada constantemente por

toda a gestão escolar. Entretanto, o tipo de avaliação dependerá da didática ou das estratégias adotadas pelo professor, ou pela instituição de ensino. Atualmente pode se encontrar diversas instituições que aderem os exames com o objetivo de avaliar se o estudante está ou não apto para ingressar nela. Porém, para Lukesi (2002) existe uma grande diferença entre avaliar e examinar:

“Avaliar é o ato de diagnosticar uma experiência, tendo em vista reorientá-la para produzir o melhor resultado possível; por isso, não é classificatória nem seletiva; ao contrário, é diagnóstica e inclusiva. O ato de examinar, por outro lado, é classificatório e seletivo e, por isso mesmo, excludente, já que não se destina à construção do melhor resultado possível; tem a ver, sim, com a classificação estática do que é examinado. O ato de avaliar tem seu foco na construção dos melhores resultados possíveis, enquanto o de examinar está centrado no julgamento de aprovação ou reprovação. Por suas características e modos de ser, são atos praticamente opostos; no entanto, professores e professoras, em sua prática escolar cotidiana, não fazem essa distinção e, deste modo, praticam exames como se estivessem praticando avaliação.” (Lukesi, 2002, p.84).

Segundo ele, avaliar demonstra resultados melhores baseados em uma orientação, enquanto o ato de examinar tem seu foco no julgamento, tornando então os termos com sentidos opostos. Luckesi também reforça que por mais que haja esta distinção, na prática desses conceitos, muitos docentes as tratam como se fossem interligadas entre si. À medida que se compreende acerca disso é possível pontuar aspectos fundamentais que conduzem a essa distinção. Corroborando os argumentos de Luckesi, Freire (1996) questiona que o sistema de avaliação deve transformar o cidadão em um indivíduo crítico, sendo tratado como um objeto de apreciação e não algo que os torne um sujeito sem posicionamento.

A vista disso, pode-se abarcar a importância da avaliação, uma vez que ao avaliar o aprendizado dos discentes o docente avalia a sua própria didática (GATTI, 2003). Ao se avaliar o professor e toda gestão escolar podem ter parâmetros desde a avaliação do desempenho dos estudantes até a avaliação do ensino, tratando-a como elemento formativo e efetivo na relação entre o estudante e o professor. (PCN +, 2002).

2.2 AS METODOLOGIAS ATIVAS E O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Panorama sobre a utilização das Metodologias Ativas no ensino de Física

O presente panorama se baseia no delineamento metodológico produzido por José Eugênio Brum da Rosa e Josefina Barrera Kalhil no artigo “Metodologias ativas no ensino de Física: Um panorama da pesquisa *Stricto Sensu* brasileira”. Em seu artigo, os autores traçaram um panorama entre anos de 2009 a 2019 a fim de compreender quais as principais Metodologias Ativas utilizadas nas pesquisas *Stricto Sensu*. Desta forma, analisaram teses e dissertações disponíveis na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD). Apoiando-se em tal delineamento, foi realizada uma busca por artigos publicados cuja abordagem fosse o ensino investigativo e o uso de metodologias ativas no Ensino Superior. Para isso, foram utilizadas as plataformas do Portal de periódicos CAPES/MEC e o Google acadêmico. Para essa busca, adotaram-se alguns critérios de seleção dos artigos. Sendo eles:

- Artigos que utilizassem algum tipo de metodologia ativa ou ensino investigativo no Ensino Superior.
- Artigos publicados no período de 10 anos - Período de 2010 a 2020.

Dentre os artigos encontrados, obteve-se dados bem diversificados de modo a se observar a utilização de metodologias ativas em diversas áreas de conhecimento e atuação, como: Turismo, Medicina, Enfermagem, Administração, Matemática, Engenharias diversas, Ciências Contábeis, Ciências Sociais, Pedagogia, Educação Física entre outros. Quando se relacionado o ensino investigativo com as metodologias ativas, dificilmente se encontra trabalhos publicados com convergências entre os termos. Por outro lado, nota-se a utilização e comparação de modelos distintos centrados no aluno, como experimentos investigativos, sala de aula invertida, aprendizagem baseada em problemas, aprendizagem baseada em projetos, *peer instruction* e entre outros.

Há uma relevância nos trabalhos que utilizam as metodologias ativas como objeto de pesquisa, desde trabalhos produzidos na educação básica até trabalhos desenvolvidos em programas de doutorados. Como apontado por Studart (2019), o primeiro modelo de metodologia ativa implantado em uma universidade brasileira, foi o método “scaleup”

utilizado pela Universidade de São Paulo (USP), nas disciplinas de Física 1 e Física 2. Porém, na busca pela aplicação de tal metodologia em aulas de Física experimental no Ensino Superior, houveram dificuldades para se encontrar.

Metodologias ativas no ensino de Física

A ideia do ensino centrado no aluno é algo que desperta o interesse de educadores e pesquisadores desde a década de 70. Entretanto, a forte influência desse ensino está atrelada ao pedagogo, psicólogo e filósofo norte-americano John Dewey (1859 - 1952), que apresentou a importância do estudante ser o principal responsável pela sua aprendizagem (STUDART, 2019). Para Moran (2018) as estratégias que corroboram com a proposta de ensino apresentada por Dewey são as denominadas metodologias ativas. Em sua concepção, essa ferramenta permite que os estudantes tenham um envolvimento direto em seu aprendizado por meio de diferentes abordagens. Outro aspecto importante é ressaltado por Silva e Machado (2017) demonstrando que essas metodologias operam por meio de problematizações que motivam o aprendiz em suas reflexões e permitem a ressignificação das descobertas de modo prático e aplicável ao seu cotidiano.

O surgimento das metodologias ativas se dá de modo a aprimorar o ensino tradicional, no qual as aulas são desenvolvidas de maneira totalmente expositiva e a atuação dos estudantes se desenvolve de modo passivo (SOUZA, et al. 2020). Em virtude disso, Moran (2015), aponta que devido mudanças ocorridas na sociedade ao longo dos anos, foi necessária uma revisão dos processos educacionais. Para ele, apesar dos problemas relacionados a estruturação, há uma procura por novas ferramentas educacionais tanto no setor público quanto no privado. Portanto, ressalta-se a importância de mudanças educacionais levarem em conta as necessidades e demandas provenientes da sociedade.

Definindo as metodologias ativas

Na busca por definição sólida sobre as metodologias ativas é evidente que diferentes autores a definem. Entretanto, mesmo encontrando-se uma grande variedade em seu conceito o objetivo principal é mantido. Para Moran (2018), essa estratégia como ferramenta educacional deve estar centrada no estudante de modo híbrido e flexível. Ele compreende que a aprendizagem se torna mais significativa quando os estudantes se sentem motivados e buscam contribuir no desenvolvimento das atividades. Mas, para que esse protagonismo e motivação se torne possível é necessário que o professor conheça seus estudantes, se aproxime do cotidiano deles e os ajude a ampliar a percepção de modo a buscarem outros pontos de vista. Outro foco desta metodologia é que por meio da solução de problemas os estudantes possam produzir um conhecimento e permitir que atuem mais ativamente (SOUZA, et al. 2018; STUART, 2019). Nas variadas definições e percepções acerca dessas metodologias, há aspectos apontados pelos autores que entram em comum acordo: a importância do papel do professor na busca de novos recursos para tornar as aulas mais interessante e instigadoras, e o papel ativo dos estudantes ao longo de todo o processo.

Compreender o significado dado para as metodologias ativas e a contribuição destas para o ensino serão temas abordados no próximo tópico desse texto.

As contribuições das metodologias ativas na aprendizagem

A fim de se apresentar tamanha contribuição das metodologias ativas no ensino, Diesel, Baldez e Martins (2017) elaboraram uma figura que aponta os princípios fundamentais que norteiam essa estratégia:

Figura 1: Princípios que constituem as metodologias ativas de ensino.



Fonte: Aline Diesel; Alda Leila Santos Baldez; Silvana Neumann Martins; Artigo: Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. Revista Thema; 2017; p. 273.

De acordo com a figura, nota-se que esses sete princípios possuem características que contribuem com o desenvolvimento do ensino aprendizagem por meio de uma aula utilizando as metodologias ativas. Este tipo de ensino pode estimular nos estudantes habilidades de extrema importância no processo. Há o desenvolvimento do trabalho em equipe, no qual os estudantes poderão respeitar o posicionamento um dos outros e juntos construir uma teoria relacionada ao conteúdo. Despertamento do espírito inovador e reflexivo dos estudantes, em que poderão propor novas ideias e pensar de modo mais crítico, não permitindo que o senso comum interfira na construção dos conceitos científicos. Difusão na autonomia dos estudantes, de tal maneira que possam conseguir tomar decisões diante dos desafios e problemas impostos. A problematização da realidade, na qual permitirá que encontrem respostas científicas mediante as situações encontradas em seu cotidiano. E por fim o alcance do objetivo que é o ensino centrado no estudante o tornando um indivíduo ativo em seu processo de ensino aprendizagem.

Como efeito das inúmeras contribuições desta estratégia de ensino, atualmente muitos profissionais têm buscado compreender e desenvolvê-la. Em sua aplicação é possível encontrar diferentes modelos e propostas de abordagem. Sendo assim, os

próximos tópicos discutirão a respeito de algumas técnicas utilizadas em diferentes instituições de ensino.

2.3 DIFERENTES APLICAÇÕES DAS METODOLOGIAS ATIVAS

Aprendizagem Baseada em Problemas

Diversos autores discutem a respeito da abordagem por meio da Aprendizagem Baseada em Problemas, cuja sigla é PBL, proveniente do termo em inglês *Problem Based Learning*. A ideia central é compreendida como uma ferramenta que se dispõe de problemas reais relacionados ao contexto do aprendiz. Esses problemas são propostos pelo professor e não podem ser facilmente resolvidos. Segundo Moran (2018) essa metodologia teve seu surgimento em 1960 em duas escolas de medicina, a Maastricht University, na Holanda e na McMaster University, no Canadá e atualmente vem sendo aplicada no Ensino Fundamental, Médio e Superior em diferentes áreas do conhecimento.

Para Moran (2018) o foco é compreender as inúmeras causas plausíveis para um determinado problema. Já para Souza et.al (2020) o aprendizado se dá na tentativa de se solucionar problemas de modo coparticipativo. Para ambos os autores, as características deste método se tornam semelhantes e podem ser trabalhadas em grupos ou de modo individual. Porém, para que sua aplicação seja eficaz e alcance o objetivo desejado é necessário compreender as etapas de seu desenvolvimento. Para tal compreensão, será apresentado as fases utilizadas na Universidade de Harvard Medical School:

Fase I: Identificação do(s) problema(s) – formulação de hipóteses – solicitação de dados adicionais – identificação de temas de aprendizagem – elaboração do cronograma de aprendizagem – estudo independente.

Fase II: Retorno ao problema – crítica e aplicação das novas informações – solicitação de dados adicionais – redefinição do problema – reformulação de hipóteses – identificação de novos temas de aprendizagem – anotação das fontes.

Fase III: Retorno ao processo – síntese da aprendizagem – avaliação (MORAN, 2018, p.57) apud (WETZEL, 1994).

Apesar de o problema ser o centro desta metodologia, somente ele não se torna o suficiente. É necessário que todas as fases sejam executadas ao longo do processo. Como se pode observar, a Fase I, é o momento o qual o aprendiz ou o grupo de aprendizes detectam o problema proposto e começam criar hipóteses para solucionar o que foi identificado. Na Fase II, os estudantes terão acesso a informações complementares para

que então possam retornar ao problema e por meio dessas novas informações comparem os dados que eles possuem com os novos dados gerados após a análise. Já na Fase III, há a intervenção do professor como mediador do processo. Nesta fase, o professor avalia as hipóteses levantadas pelos discentes e com isso começa a organizar as informações de modo a conduzi-los ao conhecimento. Além dessas fases existe uma proposta que pode servir como arcabouço ao se utilizar tal metodologia. Para Studart (2019), os objetivos centrais que norteiam as características de um problema ideal que se baseiam na proposta de Hadgraft e Prpic (1999) são:

1. Um problema é o foco da aprendizagem;
2. O problema deve ter a capacidade de integrar muitos conceitos e habilidades necessárias na sua solução;
3. Trabalho em equipe pode facilitar (ou complicar) o processo. Contudo, PBL pode ser usado individualmente em grau de pesquisa;
4. Um processo formal de resolução de problemas é exigido;
5. Estudo independente é exigido. (STUDART, 2019, p.18).

Logo, nota-se que o problema e as fases apresentadas pelos autores são de extrema importância para que a Aprendizagem por meio de Problemas seja planejada da melhor maneira possível e de modo que se tenha uma execução bem-sucedida. Além disso, elas se tornam pertinente ao relacioná-los com as atividades experimentais. Há a possibilidade da reprodução dessas etapas em um laboratório de Física, no qual os estudantes poderão observar um experimento e elaborar hipóteses de forma a compreendê-lo e explicar seu funcionamento. Ademais, também é possível tal abordagem em uma aula teórica. Entretanto, nas duas situações é necessário que os problemas concordem com os objetivos da metodologia utilizada durante a aula.

Três Momentos Pedagógicos (3MP)

Os Três Momentos Pedagógicos foram descritos pelos autores Demétrio Delizoicov e José Angotti no ano de 1991 na disciplina do Curso de Formação Continuada para Professores de Física do Projeto Pró-Ciências da Universidade Federal de Santa Catarina e atualmente tem sido implementada por vários autores (DELIZOICOV, 2001). Essa metodologia se estrutura em três momentos, sendo eles: a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento. Cada uma dessas etapas possui características específicas e funcionam perfeitamente quando executadas de

acordo com os objetivos a que se destinam. O primeiro momento é denominado como “Problematização Inicial”. Nessa etapa, busca-se levar aos estudantes situações que concordem com o seu contexto. Com isso, eles utilizarão argumentos baseados em seu conhecimento prévio para solucionar o problema proposto. Além do professor conseguir observar as ideias que o aprendiz possui sobre aquele assunto ele poderá instigá-los e questioná-los acerca das respostas dadas. De acordo Demétrio (2001):

O ponto culminante desta problematização é fazer com que o aluno sinta a necessidade da aquisição de outros conhecimentos que ainda não detém, ou seja, procura-se configurar a situação em discussão como um *problema* que precisa ser enfrentado. (DELIZOICOV, 2001, p. 13).

A vista disto o aprendiz utilizará seus conhecimentos anteriores como âncora para resolver a problematização. Assim, com a necessidade de adquirir novos conhecimentos para solucionar o problema apresentado, o docente poderá então prosseguir para o próximo momento nomeado como “Organização do Conhecimento”. Nessa etapa, o professor atuará como intermediador e auxiliará os estudantes no processo de aprendizagem. Será a etapa em que se introduzirá os conceitos científicos e servirá de suporte para a compreensão e elaboração de hipóteses que tenham argumentos científicos necessários para a resolução da problematização inicial. Já o terceiro momento pedagógico, denominado “Aplicação do Conhecimento”, o aprendiz poderá compreender tanto as situações iniciais como outras que poderão ser apresentadas pelo professor. Segundo Delizoicov (2001):

A meta pretendida com este momento é muito mais a de capacitar os alunos a ir empregando os conhecimentos na perspectiva de formá-los a articular constante e rotineiramente a conceituação física com situações reais, do que simplesmente encontrar uma solução a empregar algoritmos matemáticos que relacionam grandezas físicas. (DELIZOICOV, 2001, p.13).

Portanto, esse momento visa não apenas trabalhar a interpretação matemática dos estudantes, mas sim, ajudá-los a compreender e explicar a ocorrência dos fenômenos físicos presentes em seu cotidiano de modo conceitual e contextualizado. Assim, ao se trabalhar por meio dos três momentos pedagógicos existe um desenvolvimento científico dos estudantes e lhes é permitido pelos docentes trabalhar de modo significativo e ativo.

2.4 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO (EnCI)

Ao se abordar o ensino de Ciências por Investigação (EnCI) é considerável o número de pesquisadores e estudiosos que atualmente buscam analisar e desenvolver essa metodologia. Entretanto, não foram encontrados autores que mencionam o ensino por investigação como um modelo de Metodologia Ativa. De modo a se compreender como se dá o desenvolvimento dessa ferramenta, inúmeros autores descrevem a ideia central de um problema investigativo (GASPOROTO, 1998); (CARVALHO, 2018), (MACHADO, SASSERON, 2012), (CARVALHO, 2013); (CAPECCHI, 2013). Para Machado e Sasseron (2012), a pergunta na visão do professor apresenta os denominados “Aspectos Discursivos do ensino investigativo”. Aspectos esses que se dividem em quatro etapas, sendo elas: 1) Criação do problema; 2) o trabalho com os dados. 3) o processo de investigação; 4) a explicação ou internalização dos conceitos. Para eles, esses tópicos devem fazer parte das ações do docente, de modo que seja ele o responsável por desenvolver as atividades segundo os aspectos.

Outro panorama a respeito do problema é apresentado por Carvalho (2013), no qual sua concepção demonstra os diferentes tipos de problemas que podem ser encontrados. O primeiro é o problema experimental, nele o material didático utilizado como aparato experimental deve ser organizado da melhor forma possível para que os estudantes possam manusear e ter interesse em solucionar as questões propostas. Logo, o problema não pode ser uma pergunta simples a qual os estudantes obterão a resposta de imediato. O problema experimental deve ser bem-planejado para que os estudantes busquem por novos conhecimentos a fim de solucioná-lo. Além disso, esse tipo de problema se desenvolve por etapas, sendo elas: a etapa inicial, na qual o professor distribui o material e propõe o problema, a etapa a qual os estudantes solucionarão o problema, a etapa em que ocorrerá a sistematização do conhecimento por meio de grupos e, por fim, a etapa final em que os estudantes deverão escrever e/ou representar o que compreenderam ao longo da aula.

Outro tipo de problema apresentado por Carvalho (2013) são as demonstrações investigativas. Diferentemente do problema experimental, as demonstrações são utilizadas quando os materiais apresentam riscos em seu manuseio, sendo então necessário sua execução pelo professor. Porém, mesmo que manipulado pelo professor, deve dar aos estudantes a liberdade de sugerirem os passos de desenvolvimento do

experimento. Vale ressaltar que mesmo sendo algo demonstrativo, o problema também não deve apresentar soluções óbvias. Por fim, o terceiro e último tipo de problema apresentado são os chamados problemas não experimentais. Esses são os problemas mais utilizados nas instituições de ensino. Por mais que se trate de problemas teóricos, devem apresentar um grau de dificuldade maior e permite a sua elaboração por meio de trabalhos em grupos.

Para sintetizar os tipos de abordagens possíveis no desenvolvimento do ensino investigativo foi elaborado por Mourão (2018) um mapa conceitual baseado na distinção feita por Carvalho (2014) a fim de se apresentar os quatro tipos possíveis de abordagens investigativas: Laboratório Aberto, Questões Abertas, Demonstrações Investigativas e Problemas Abertos. Sendo assim, esse mapa será utilizado para uma melhor compreensão e discussão acerca do assunto.

Figura 2: Mapa Conceitual Abordagens Investigativas.



Fonte: Matheus Fernandes Mourão (matheusmourao@hotmail.com) – O uso do ensino por Investigação como Ferramenta Didático-Pedagógica no ensino de Física. Vol 13, nº5, p.432.

Por meio do mapa conceitual é possível distinguir as características específicas presentes em cada abordagem e que ainda não foram mencionadas. Se tratando das demonstrações investigativas é necessário a apresentação de um problema ou de um fenômeno científico que desperte no aprendiz a formulação de hipóteses de modo a promover um debate, uma discussão além de conduzi-lo a interação entre os pares. O laboratório aberto depende de um experimento para o seu desenvolvimento. Será por meio

deste aparato que os estudantes irão solucionar a questão proposta pelo professor. Os alunos devem buscar a solução de uma questão baseada em um problema experimental, semelhante a uma proposição PBL de metodologia ativa. O mesmo ocorre nas questões abertas e nos problemas abertos, nos quais por meio da interação entre os pares, debates, testes, hipóteses a serem testadas, deve-se buscar uma solução e/ou sistematização dos conhecimentos. As questões abertas também contam com a presença de um problema proposto, entretanto, esse problema se solucionará por meio de um debate entre os estudantes de modo a conduzi-los a sistematização do conhecimento. Os problemas abertos, partem do mesmo pressuposto da abordagem anterior, porém, nesse modelo os alunos trabalharam com testes experimentais e ferramentas matemáticas.

Em todos os casos, o professor atua como mediador da atividade, propõe um encaminhamento ou questão/problema, porém a solução está sempre baseada na ação do estudante e nas interações entre estes, ou seja, o estudante é o elemento central deste processo. Além disso, a problematização se torna o centro do processo, se distinguindo apenas quanto sua abordagem. Vale ressaltar que esse problema poderá ser algo descrito em um roteiro ou até mesmo um experimento como a própria problematização.

Outro aspecto importante sobre o ensino por investigação é apresentado por Carvalho (2018) apud (Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola, 2010, p. 55) e se relaciona ao grau de liberdade intelectual oferecido pelos professores a seus alunos em atividades experimentais. Na tabela a seguir é apresentada esta classificação:

Quadro 3: Graus de liberdade de professor (P) e alunos (A) em atividades experimentais.

	Grau 1	Grau 2	Grau 3	Grau 4	Grau 5
Problema	P	P	P	P	A
Hipóteses	P	P/A	P/A	A	A
Plano de trabalho	P	P/A	A/P	A	A
Obtenção de dados	A	A	A	A	A
Conclusões	P	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe	A/P/Classe

Fonte:(Carvalho 2018, p.768) apud (Carvalho, Ricardo, Sasseron, Abib, & Pietrocola, 2010, p. 55)

O Grau 1 é representado por Carvalho (2018) como ensino diretivo, ou seja, nessa etapa é dado um experimento aos estudantes e espera-se que seja seguido um roteiro. Além disso, as conclusões se baseiam em dados já estabelecidos. O Grau 2 ainda se

encontra em um ensino diretivo, porém ocorre uma discussão entre o docente e o discente. No Grau 3 e Grau 4 já se considera como ensino por investigação. Nesse grau os estudantes atuam de modo ativo no raciocínio intelectual. Entretanto, ressalta-se que no Grau 4 existe um grupo mais desenvolvido e que já trabalhou com o ensino por investigação. Por fim, o Grau 5 é o mais difícil de se atingir, pois, passa a exigir maior maturidade da turma e se aplica em turmas que já estejam familiarizadas com a abordagem investigativa. Nessa etapa o problema é proposto pelos próprios estudantes. Uma aplicação deste grau de liberdade é em feiras de ciências nas quais os estudantes levam o tema e discutem durante a apresentação.

A proposta desta dissertação foi desenvolver uma abordagem investigativa em aulas de Física experimental no Ensino Superior com o tema de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica. Desta forma, as intervenções propostas se enquadraram no Grau de Liberdade Intelectual 3 e 4 e contaram com o uso do laboratório aberto¹.

2.5 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)

Para compreender uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI), se faz necessário a compreensão sobre uma sequência didática (SD). Existem algumas relações quanto ao desenvolvimento de uma SD e uma SEI. A sequência didática “é um conjunto de atividades escolares organizadas, de maneira sistemática, em torno de um gênero textual oral ou escrito” (DOLZ et al. 2014; p.96). Em sua elaboração há alguns questionamentos que podem ser feitos para o seu bom planejamento. Segundo Zabala (1998):

Na sequência didática existem atividades:

- a) que nos permitam determinar os conhecimentos prévios que cada aluno tem em relação aos novos conteúdos de aprendizagem?
- b) cujos conteúdos são propostos de forma que sejam significativos e funcionais para os meninos e as meninas?
- c) que possamos inferir que são adequadas ao nível de desenvolvimento de cada aluno?

¹ Entende-se o Laboratório Aberto como atividades de investigação experimental que se inicia com questionamentos sobre um problema a ser estudado, os estudantes devem levantar hipóteses e podem propor metodologias para a investigação experimental. Para maior aprofundamento sobre o tema, sugere-se: 1) CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática. 2004 e 2) SILVA, Madison Luis Canêjo da. Laboratório aberto investigativo de Física: proposta de ensino da energia mecânica a partir do brinquedo de hot wheels. 2020. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

- d) que representem um desafio alcançável para o aluno, quer dizer, que levam em conta suas competências atuais e as façam avançar com a ajuda necessária; portanto, que permitam criar zonas de desenvolvimento proximal e intervir?
- e) que provoquem um conflito cognitivo e promovam a atividade mental do aluno, necessária para que estabeleça relações entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios?
- f) que promovam uma atitude favorável, quer dizer, que sejam motivadoras em relação à aprendizagem dos novos conteúdos?
- g) que estimulem a auto-estima e o autoconceito em relação às aprendizagens que se propõem quer dizer, que o aluno possa sentir que em certo grau aprendeu, que seu esforço valeu a pena?
- h) que ajudem o aluno a adquirir habilidades relacionadas com o aprender a aprender, que lhe permitam ser cada vez mais autônomo em suas aprendizagens? (ZABALA, 1998, p. 63).

De acordo com as questões apontadas, ao se produzir uma SD poderá trabalhar elementos essenciais na aprendizagem dos estudantes, tais como: valorização dos conhecimentos prévios, a importância em se promover desafios e intervenções que sejam motivadoras, a satisfação por compreender os conteúdos, o aumento da autonomia dos discentes e o desenvolvimento de novas habilidades.

A valorização dos conhecimentos prévios se faz necessária visto que “para ser entendido na cidade científica, é preciso falar cientificamente a linguagem científica, traduzindo os termos da linguagem comum em linguagem científica.” (BACHELARD, 1972, p.9). Conforme mencionado por Bachelard (1972) existe a possibilidade de a linguagem do senso comum ser transformada em uma linguagem científica, e esse fator se dá por meio de um processo. Entretanto, “abandonar os conhecimentos do senso comum é um sacrifício difícil. Não é de espantar a ingenuidade que se acumula nas primeiras descrições de um mundo desconhecido.” (BACHELARD, 1996, p.277). Desta forma, compreende-se que “os conhecimentos prévios advêm das relações que o sujeito estabelece ao longo da vida, de acordo com o seu meio social e cultural” (FEIJÓ, DELIZOICOV, 2016, p.600).

Neste sentido, é importante prover atividades que auxiliem na construção do saber científico e permitam ao estudante concretizar seu entendimento de forma autônoma. Fato este que está de acordo com o conceito de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP)². A ZDP se relaciona ao processo de amadurecimento do desenvolvimento do indivíduo.

² Segundo Bregunci no Glossário Ceale*: Zona de desenvolvimento proximal (ZDP) é um conceito central na Psicologia sociocultural ou sócio-histórica, formulado originalmente por Vygotsky, na década de 1920. Na explicitação mais difundida, a ZDP é descrita como a distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver tarefas de forma independente, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado por desempenhos possíveis, com ajuda de adultos ou de colegas mais avançados ou mais experientes. (<https://www.ceale.fae.ufmg.br/glossarioceale/verbetes/zona-de-desenvolvimento-proximal>)

Ela permite o acesso não apenas daquilo que foi alcançado, mas também daquilo que está em processo de construção. (VIGOTSKY, 1998).

De modo geral, na sequência didática existem preocupações com elementos sociais, culturais, pedagógicos e sociológicos dos estudantes. Essas preocupações se tornam presentes em uma SEI também. Entretanto, são complementados com o uso de atividades investigativas nas quais se torna essencial a presença de questões problematizadoras. Além disso, a SEI permite que os estudantes adquiram habilidades de investigação. A definição de SEI segundo Carvalho (2018):

“Uma SEI é uma proposta didática que tem por finalidade desenvolver conteúdos ou temas científicos. Este tema é investigado com o uso de diferentes atividades investigativas (por exemplo: laboratório aberto, demonstração investigativa, textos históricos, problemas e questões abertas, recursos tecnológicos). Em qualquer dos casos, a diretriz principal de uma atividade investigativa é o cuidado do(a) professor(a) com o grau de liberdade intelectual dado ao aluno e com a elaboração do problema. Estes dois itens são bastante importantes, pois é o problema proposto que irá desencadear o raciocínio dos alunos e sem liberdade intelectual eles não terão coragem de expor seus pensamentos, seus raciocínios e suas argumentações.” (CARVALHO, 2018, p. 767).

Essa definição se deu ao se estudar sobre teorias a partir de pontos de vistas distintos de autores como Piaget, Vigotsky e seus seguidores que buscaram compreender o modo com o qual crianças e adolescentes constroem seu conhecimento (CARVALHO, 2013). Além disso, Carvalho (2013) evidenciou aspectos que conduziram a proposta de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI). O primeiro aspecto é que ambos os autores não possuem ideais distintas e sim que se complementam quando desenvolvidas em diferentes momentos da aprendizagem. Outro, é a necessidade de as aulas serem desenvolvidas tendo compatibilidade com os estudos desses referenciais. E por fim, a importância da implementação de um ambiente investigativo ao longo do desenvolvimento das atividades. Assim, como o próprio nome já diz uma SEI precisa proporcionar atividades investigativas.

A proposta das atividades investigativas faz parte do ensino por investigação e tem sofrido modificações ao longo de algumas décadas. Para Zômpero e Laburú:

O ensino por investigação, que leva os alunos a desenvolverem atividades investigativas, não tem mais, como na década de 1960, o objetivo de formar cientistas. Atualmente, a investigação é utilizada no ensino com outras finalidades, como o desenvolvimento de habilidades cognitivas nos alunos, a realização de procedimentos como elaboração de hipóteses, anotação e análise de dados e o desenvolvimento da capacidade de argumentação. (ZÔMPERO, LABURÚ, 2011, p.73).

De acordo com os autores nota-se que atualmente existe a necessidade de desenvolver as habilidades cognitivas dos estudantes e permitir que eles sejam capazes de argumentar sobre os fenômenos observados. Portanto, em razão da complementariedade de elementos como a investigação em temas que trabalham com uma abordagem científica que o presente trabalho buscou a produção de uma Sequência de Ensino Investigativa ao invés de uma Sequência Didática.

2.6 CORRELAÇÃO ENTRE AS METODOLOGIAS ATIVAS E O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

Ao longo do capítulo estudou-se sobre as metodologias ativas e o ensino por investigação, a fim de se conhecer melhor sobre essas abordagens. Ambas apresentam semelhanças entre si. Na busca pela correlação entre elas, foram encontrados o livro “Metodologias ativas: Ensino por investigação” de Sonia M. Vanzella Castelar, Aline Mendes Geraldi e Daniela Lopes Scarpa e o artigo “Ensino por investigação e aproximações com aprendizagem baseada em problemas” de Andreia de Freitas Zompero, Mariana Aparecida Bologna Soares de Andrade, Tânia Belizario Mastelari, Edilaine Vagula que tratam sobre o assunto. De Freitas Zompero, et al. (2019) criaram um quadro que apresenta as relações do EnCI com a aprendizagem baseada em problemas como metodologia ativa.

Quadro 4: Elementos de aproximação teórica/metodológica entre o ensino por investigação-EnCI e PBL.

ELEMENTOS	ENCI-ENSINO POR INVESTIGAÇÃO	PBL –APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS	COMENTÁRIOS
PROBLEMA	Apresentado pelo professor por meio de uma contextualização inicial ou proposto por um grupo de alunos.	Apresentado pelo professor como uma situação-problema.	Em ambas o problema deve ser discutido pelo grupo que irá propor meios para solução.
Emissão de hipóteses	Estudantes apresentam hipóteses para resolução do problema e estabelecem um planejamento para testá-las.	Estudantes propõem hipóteses. Com base nessas hipóteses os alunos irão estudar o caso buscando informações na literatura.	No EnCI o teste de hipóteses produz dados que são registrados e interpretados com base em evidências e na literatura. No PBL as hipóteses têm por objetivo direcionar o estudo bibliográfico.
Priorização de evidências	As evidências, “provas” são fornecidas pelo teste das hipóteses e devem ser confrontadas com o conhecimento científico buscando a interpretação dos dados.	As informações apresentadas na situação-problema serão confrontadas com as hipóteses emitidas e com evidências apresentadas na literatura buscando elementos para resolução do problema.	No EnCI e na ABP as evidências favorecem a resolução do problema direcionando à conclusão da atividade.
Conclusão	Elaboram um texto conclusivo retomando o problema, ressaltando as hipóteses iniciais, os dados obtidos no decorrer da atividade e as informações obtidas na literatura. É o momento de sistematização dos conhecimentos.	Discutem as informações obtidas retomando o problema inicial. O objetivo é também refletir sobre os novos conhecimentos apropriados pelos estudantes	No momento em que concluem as atividades são oportunizados instantes para discussões entre o grupo.
Papel do professor	Orienta o processo investigativo, mas tem papel mais atuante dependendo do nível da investigação proposta para o estudante	Facilitador, orientador e coordenador. Instiga os alunos a construírem seus conhecimentos.	Em ambas as propostas o papel do professor é de orientador, facilitador, apoiando os alunos, encorajando-os a serem mais autônomos e avaliando seu desempenho, sendo o papel do professor vital para a eficácia da experiência de aprendizagem.

Fonte: DE FREITAS ZOMPERO, Andreia et al. Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. **Debates em Educação**, v. 11, n. 25, p. 222-239, 2019. p. 234 e 235.

Com base nesse quadro nota-se a presença de elementos semelhantes nas duas abordagens. Um tópico a ser enfatizado é o papel do professor como mediador e facilitador. O docente tem o seu papel de facilitador cujas ações e direcionamentos permitam que os estudantes sejam autônomos no processo do ensino aprendizagem. Além do papel do docente os autores reforçam a importância da presença da problematização nas duas metodologias. Outro ponto em questão é o “Problema”. Por meio dele ocorrerá

a emissão de hipóteses. Tanto nessa etapa quanto na priorização de evidências, momento de testar as hipóteses levantadas, exigirá dos estudantes a disposição de sua autonomia. Desta forma, em virtude das diversas abordagens que podem ser utilizadas pelos professores por meio das metodologias ativas, acredita-se que o ensino de ciências por investigação contribua para o desenvolvimento de conceitos científicos, compreensão sobre fenômenos da natureza e auxilie no desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas (CASTELLAR, 2016).

De modo geral, o Quadro 4 apresenta a possibilidade de um ensino de Ciências investigativo de modo a aprimorar a ideia de um roteiro experimental baseado em um ensino de Ciências com respostas programadas. Baseando-se em tópicos chaves que foram listados ao longo das observações e dos estudos produzidos no decorrer do capítulo, pontuou-se no Quadro 5 aspectos presentes nas metodologias ativas e no ensino por investigação.

Quadro 5: Relações entre as Metodologias ativas e o Ensino por investigação.

	Ensino por Investigação	Metodologias Ativas
Questões problematizadoras	X	X
Protagonismo / Autonomia	X	X
Interação entre pares	X	X
Desenvolvimento de habilidades	X	X
Levantamento de hipóteses	X	X
Despertar do interesse	X	X
Planejamento	X	X
Contextualização	X	X
Engajamento dos estudantes	X	X

Fonte: A autora.

Vale ressaltar que nessas duas abordagens é necessário um bom planejamento para que os objetivos sejam alcançados. Em virtude disso, essas abordagens exigem um maior tempo em sua elaboração. É necessário a organização do tempo nas escolhas das atividades, na elaboração da sequência de ensino, teste e execução. Outro ponto levantado no Quadro 5 é que por meio de questões problematizadoras e da contextualização poderá haver, por parte dos estudantes, a busca pelos conhecimentos prévios e a percepção da necessidade de novos conhecimentos para responder aos problemas apresentados. O EnCI

e as metodologias ativas também permitem que o estudante seja o autor de sua própria aprendizagem atuando de modo autônomo, além de apresentar situações nas quais o docente atua como mediador em todo o processo. Sendo assim, as metodologias ativas e o ensino investigativo promovem o protagonismo dos discentes e o professor não se isenta de sua responsabilidade. Seu papel é extremamente importante em todo o processo, desde a preparação das atividades antecipadamente até as intervenções em sala e posteriormente. Além disso, elas permitem a interação entre os estudantes com seu grupo ou até mesmo com a turma. E por fim, mas não menos importante essas metodologias ajudam a despertar o interesse dos discentes de modo a aumentar o engajamento deles durante as aulas.

3. MECÂNICA DOS FLUIDOS

A mecânica dos fluidos é conhecida como a ciência que estuda o comportamento dos fluidos, seja ele em repouso (estática dos fluidos) ou em movimento (dinâmica dos fluidos), além da interação dos fluidos com outros corpos e meios. Além disso, essa área se divide em dois grupos, sendo eles a hidrodinâmica e a aerodinâmica. A hidrodinâmica por sua vez, trabalha com substâncias em estados líquidos e gasosos em baixa velocidade. Já a aerodinâmica com substâncias gasosas em baixa ou alta velocidade. (ÇENGEL, CIMBALA, 2015).

O estudo sobre os fluidos se torna extremamente importante, pois, este se faz presente desde situações em nosso cotidiano até projetos modernos. No sangue presente no corpo, no ar que se respira, nos líquidos ingeridos e em diversas outras situações. Diferentes áreas da Engenharia se dedicam a estudar os fluidos para o projeto de represas, a fim de compreender o escoamento do ar, em aeronaves e carros, dentre outras aplicações. Estes estudos beneficiam a vida humana, por exemplo, medidores de pressão sanguínea são equipamentos importantes e que são utilizados na medicina (TIPLER, MOSCA, 2006). A Figura 3 ilustra algumas situações em que a presença de fluidos é relevante assim como possíveis aplicações.

Figura 3: Algumas áreas de aplicação da mecânica dos fluidos.



Escoamentos naturais e clima
© Vol. 16/Photo Disc.



Embarcações
© Vol. 5/Photo Disc.



Aeronaves e espaçonaves
© Vol. 1/Photo Disc.



Usinas termelétricas
© Vol. 57/Photo Disc.



Corpo humano
© Vol. 110/Photo Disc.



Automóveis
© Fotografia de John M. Cimbala.



Turbinas eólicas
© Vol. 17/Photo Disc.



Sistemas de tubulação e encanamentos
Fotografia de John M. Cimbala.



Aplicações industriais
Cortesia de UMDE Engineering, Contracting and Trading. Usada com permissão.

Fonte: ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M; **mecânica dos fluidos:** fundamentos e aplicações. 3. ed. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. Página 5.

Dada a relevância atribuída aos fluidos, se torna importante entender seu comportamento em diferentes situações além de discutir, mesmo que brevemente, a conceituação científica sobre tal tema. Um fluido nada mais é que uma substância que pode escoar, ou seja, escorrer. Com isso, passa a assumir a forma do recipiente em que se encontra (HALLIDAY, RESNICK, 2016). Se a substância se encontra em estado gasoso ou líquido tem-se então um fluido (ÇENGEL, CIMBALA, 2015).

Para explicar e demonstrar tal fenômeno Tipler e Mosca (2006) e Halliday e Resnick (2016) apresentam como exemplo o fluxo gerado pela fumaça de um cigarro aceso (Figura 4). Com esse exemplo é possível notar que no início, após a queima do cigarro o fluxo apresenta uma corrente regular denominada fluxo laminar (região regular) e, à medida que a fumaça se afasta do cigarro, o fluxo se torna turbulento (região irregular).

Figura 4: Fluxo gerado pela fumaça de um cigarro aceso.

A Figura mostra a transição do escoamento laminar para turbulento em uma coluna de fumaça. A velocidade das partículas de fumaça aumenta à medida que essas partículas sobem; para certo valor crítico da velocidade, o escoamento muda de laminar para turbulento.



Fonte: Foto retirada do livro David, HALLIDAY, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. Fundamentos de Física - Vol. 2- Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. LTC, 06/2016. Física 2 – 10ª edição. Will McIntyre/Photo Researchers, Inc.

Este exemplo permite a observação detalhada da mudança de comportamento do escoamento do fluido que, em geral, está relacionada a parâmetros da movimentação do fluido, como sua velocidade, por exemplo. A região em que apresenta um fluxo mais suave é denominada como laminar. Seu nome se origina devido ao fato que, neste regime,

um fluido sofre a ação de uma tensão de cisalhamento escoando como se lâminas paralelas escorregassem umas sobre as outras. Esse escoamento ocorre com maior frequência em velocidades menores. A região em que ocorre uma desordem é denominada como turbulenta e geralmente ocorre em altas velocidades de escoamento (ÇENGEL, CIMBALA, 2015).

Entretanto, o fluido real se torna algo complexo de se entender, consequentemente Halliday, Resnick (2016) abordam com maior precisão sobre o fluido ideal. Para que um fluido seja considerado ideal deve atender a quatro requisitos presentes no escoamento, sendo eles:

1- O escoamento é laminar. No *escoamento laminar*, a velocidade do fluido em um ponto fixo qualquer não varia com o tempo, nem em módulo nem em orientação. O escoamento suave da água na parte central de um rio de águas calmas é laminar; o escoamento da água em uma corredeira ou perto das margens de um rio, não.

2- O escoamento é incompressível. Supomos, como no caso de fluidos em repouso, que o fluido é incompressível, ou seja, que a massa específica tem o mesmo valor em todos os pontos do fluido e em qualquer instante de tempo.

3- O escoamento é não viscoso. Em termos coloquiais, a viscosidade de um fluido é uma medida da resistência que o fluido oferece ao escoamento. O mel, por exemplo, resiste mais ao escoamento que a água e, portanto, é mais viscoso do que a água. A viscosidade dos fluidos é análoga ao atrito dos sólidos; ambos são mecanismos por meio dos quais a energia cinética de objetos em movimento é convertida em energia térmica. Na ausência de atrito, um bloco desliza com velocidade constante em uma superfície horizontal. Analogamente, um objeto imerso em um fluido não viscoso não experimenta a *força de arrasto viscoso* e se move com velocidade constante no fluido. Como o cientista inglês Lorde Rayleigh disse uma vez, se a água do mar fosse um fluido não viscoso, as hélices dos navios não funcionariam, mas, por outro lado, os navios (uma vez colocados em movimento) não precisariam de hélices!

4- O escoamento é irrotacional. Embora, a rigor, isso não seja necessário, vamos também supor que o escoamento é *irrotacional*. Para entender o que significa essa propriedade, suponha que um pequeno grão de poeira se move com o fluido. Se o escoamento é irrotacional, o grão de areia não gira em torno de um eixo que passa pelo seu centro de massa, embora possa girar em torno de um outro eixo qualquer. O movimento de uma roda-gigante, por exemplo, é rotacional, enquanto o movimento dos passageiros é irrotacional. (HALLIDAY, RESNICK, 2016, p.69 e 70).

Desta forma, quando o escoamento obedece aos critérios mencionados acima, este passa a ser considerado como fluido ideal. De modo mais resumido, “se o fluido em estudo for incompressível e não apresentar resistência ao movimento, ele se diz *fluido ideal*.” (OKUNO, CALDAS, CHOW, 1986, p.317).

Como mencionado anteriormente, ao abordar sobre fluidos trata-se de substâncias em estado líquido e gasoso. No estado gasoso as moléculas possuem uma força de ligação

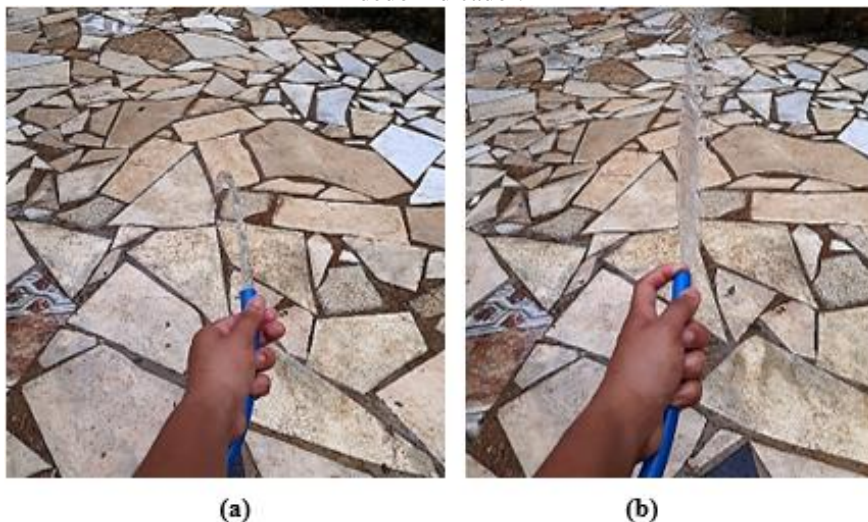
menor, sendo assim ocupam todo o volume do recipiente, tornando-se algo compressível. Já no estado líquido, por terem um volume mais definido será basicamente incompressível. Entretanto, apesar dos gases serem considerados compressíveis, mudanças em sua densidade se tornam desprezíveis em alguns movimentos, e ele poderá ser considerado incompressível (OKUNO, CALDAS, CHOW, 1986).

O comportamento dos fluidos está diretamente ligado a diversos fatores, sendo eles: velocidade, pressão, densidade, área, viscosidade, escoamento, entre outros. No entanto, a relação entre esses elementos e o comportamento do fluido quando ocorre variações entre esses fatores conduz a estudos importantes na mecânica dos fluidos. Estes estudos serão abordados pontualmente com mais detalhes ao longo deste capítulo.

3.1 EQUAÇÃO DA CONTINUIDADE

Certamente, em algum momento de sua vida você deve ter observado que ao tampar parte do bico de uma mangueira com o dedo indicador aumenta-se a velocidade da água que sai da mesma, conforme a figura abaixo. Entretanto, independente desta alteração na velocidade, o volume de água da entrada deve ser o mesmo da saída (HALLIDAY, RESNICK, 2016).

Figura 5: Imagem representativa da Equação da continuidade.
(a) Água saindo de uma mangueira. (b) Água saindo de uma mangueira parcialmente tampada com o dedo indicador.



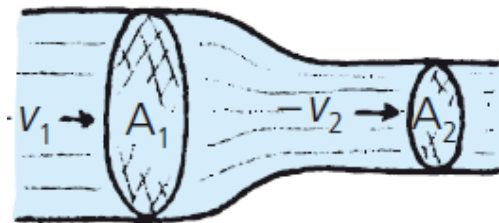
Fonte: A autora.

Conforme a situação apresentada na Figura 5, após a diminuição da área de contato o fluxo de água começa a sair em uma intensidade maior. Desta forma, existem

dois elementos presentes que permitem compreender e explicar o ocorrido. A área da mangueira e a velocidade do fluido nos diferentes pontos, como demonstrado por meio da Figura 6.

Figura 6: Água escoando por um duto cilíndrico.

Inicialmente, o duto possui área de seção reta A_1 , a partir de um ponto sofre um estrangulamento e passa a ter uma área de seção reta diferente $A_2 < A_1$. Contudo, a vazão de fluido deverá ser a mesma pois, em um certo intervalo de tempo, a mesma quantidade de fluido que passa pela seção de área A_1 deverá também passar pela seção de área A_2 .



Fonte: Livro: HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Página 273

Nesta imagem, tem-se um fluido (água, por exemplo) sendo escoado ao longo de um duto da esquerda para a direita. Nota-se que, em diferentes pontos, as áreas são distintas. Contudo, a vazão deve ser contínua, ou seja, o volume escoado por unidade de tempo deve ser o mesmo em ambas as seções do duto. Neste sentido, para um certo intervalo de tempo, o volume de fluido que passa pela área de seção A_1 deverá ser exatamente o mesmo a passar pela seção do duto de área A_2 . Logo, se as seções possuem áreas diferentes, para que escoe a mesma quantidade de fluido, o escoamento deverá ocorrer com velocidades diferentes. Em suma, conserva-se a vazão volumar, ou seja, o produto da área da seção reta vezes a velocidade de escoamento é uma constante (note que área vezes velocidade tem dimensão de volume por unidade de tempo. Com esta observação é possível expressar a equação da continuidade (HEWITT, 2015):

Equação 1: Equação de continuidade

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \text{ (equação de continuidade)} \quad (1)$$

O nome dessa equação se dá pela relação da área da seção e a velocidade. Com ela, conclui-se que quando é reduzida a área na qual o fluido escoar, há um aumento da velocidade do escoamento. Isso ocorre ao fechar parte do bico da mangueira de jardim. Essa equação se aplica a qualquer tubo de fluxo, seja ele real ou imaginário. (HALLIDAY, RESNICK, 2016).

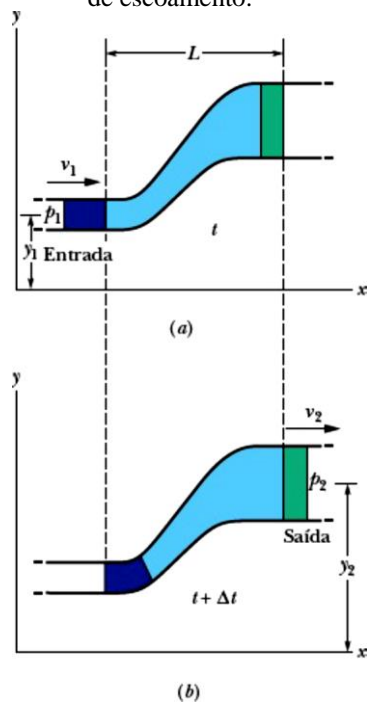
3.2 EQUAÇÃO DE BERNOULLI

O nome desta equação homenageia o cientista suíço Daniel Bernoulli em função dos estudos e descobertas realizados por ele no século XVIII. Bernoulli a enunciou da seguinte forma: “Onde a rapidez do fluido cresce, a pressão interna do mesmo decresce.” (HEWITT, 2015, p. 273). Com esta equação tem-se a relação entre elementos como: a rapidez (velocidade de escoamento) de um fluido incompressível não viscoso, a pressão e a altura.

Para se atingir a expressão matemática desta equação, inicialmente será considerado um tubo contendo um fluido ideal de volume constante (HALLIDAY, RESNICK, 2016). Nesse tubo tem-se um fluido de cor azul entrando pelo lado esquerdo (Figura 7a) e um fluido de cor verde saindo pelo lado direito do tubo (Figura 7b). As porções de fluido na entrada (azul) e saída (verde) encontram-se em alturas diferentes, respectivamente y_1 e y_2 . Contabiliza-se o escoamento em um intervalo de tempo que varia de t até $t + \Delta t$. Este mesmo tubo apresenta um comprimento L e possui uma pressão p na entrada e na saída. Conforme demonstrado na figura abaixo.

Figura 7: Imagem representativa da Equação de Bernoulli.

(a) Escoamento do fluido na entrada; (b) Escoamento do fluido na saída. Neste esquema, são consideradas possíveis variações na altura y , na área da seção do tubo e, conseqüentemente, na velocidade de escoamento.



Fonte: Foto retirada do livro David, HALLIDAY, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. Fundamentos de Física - Vol. 2- Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. LTC, 06/2016. Física 2 – 10ª edição. Will McIntyre/Photo Researchers, Inc. Página 75.

De acordo com a equação da Continuidade, os volumes escoados são constantes, o volume de fluido na saída será o mesmo do volume de fluido que entra. Entretanto, como na região de entrada do fluido a área é menor, a velocidade de escoamento será maior (seção 3.1). Logo, nesse mesmo ponto em que a velocidade é maior a pressão será reduzida e o oposto ocorre na região de saída do fluido (TIPLER, MOSCA, 2006). Sendo y , v e p respectivamente a altura, velocidade e pressão dos fluidos na entrada e na saída, é possível descrever a equação aplicando a lei de conservação da energia mecânica, como:

Equação 2: Equação de Bernoulli aplicada em dois pontos

Equação aplicada em dois pontos situados na mesma linha de corrente:

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho v_1^2 + \rho g y_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho v_2^2 + \rho g y_2 \quad (\text{equação de Bernoulli}) \quad (2)$$

Ou

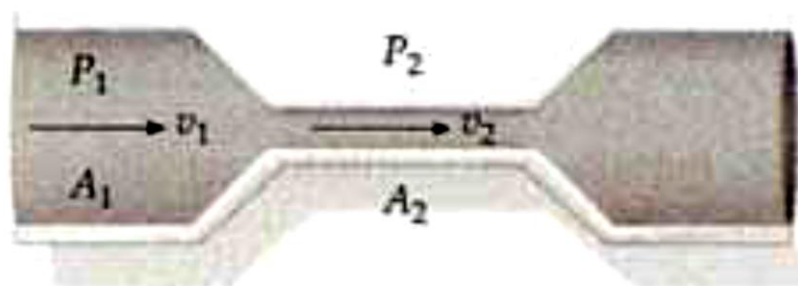
Equação 3: Equação de Bernoulli aplicada em uma linha constante

Equação aplicada ao longo de uma linha de corrente constante:

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho g y = \text{constante} \quad (\text{equação de Bernoulli}) \quad (3)$$

Uma aplicação da equação (3) em que se pode ignorar a altura é denominada como Efeito Venturi. Nele o ar ou até mesmo outro fluido passa por um processo de estrangulamento, conseqüentemente a velocidade aumenta e a pressão diminui (TIPLER, MOSCA, 2006). Esse estrangulamento pode ser observado, por exemplo, em um equipamento conhecido como Tubo Venturi. Em termos práticos, o tubo Venturi é utilizado para medir a velocidade de escoamento de um fluido. Dada sua relação com a equação de Bernoulli e aplicações, o tubo Venturi foi utilizado como parte das atividades propostas neste trabalho, conforme descrito na seção 4.2 do próximo capítulo.

Figura 8: Tubo Venturi.

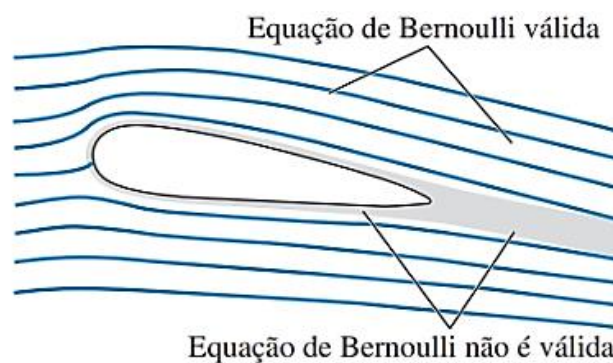


Fonte: TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1, 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006, p.449.

Para compreender o movimento de um fluido escoando de forma laminar, pode-se considerar a representação de linhas de corrente ou linhas de fluxo, que são caminhos retos ou suavemente curvos que não se cruzam.” (TIPLER, MOSCA, 2006, p. 447). Na Figura 9 há a representação de linhas de corrente percorrendo um perfil parecido com a asa de um avião. Essa asa atua como um aerofólio, ou seja, atua de modo a variar a velocidade do fluido, fazendo com que haja a curvatura das linhas de corrente. (TIPLER, MOSCA, 2006). Nessas condições o ar presente acima da superfície da asa é forçado a fluir mais rapidamente que o ar presente na superfície abaixo. Isso ocorre devido a inclinação da asa. O ângulo formado é denominado como ângulo de ataque (HEWITT, 2015).

Ainda na Figura 9, encontram-se apontadas regiões onde a equação de Bernoulli se torna válida ou não. A equação de Bernoulli aplica-se a fluidos não viscosos, ou seja, onde as forças viscosas são desprezíveis quando comparadas a pressão, inércia e gravidade (ÇENGEL, CIMBALA, 2015) e a movimentações de fluxo laminares. As linhas de fluxo indicam que o deslocamento laminar do fluido ocorre no contorno da asa. Contudo, na região posterior da asa pode ocorrer a formação de regiões de fluxo turbulento, neste caso, a equação de Bernoulli não se aplica a tal regime de movimentação.

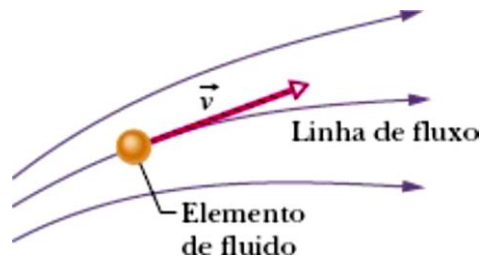
Figura 9: Fluxo de ar em uma asa de avião



Fonte: ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M; **mecânica dos fluidos:** fundamentos e aplicações. 3. ed. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. Página 199.

A definição para as linhas de fluxo pode ser dada como a trajetória percorrida pelo elemento de um fluido (HALLIDAY, RESNICK, 2016). A Figura 10 ilustra bem esse conceito.

Figura 10: Linha de fluxo de um elemento de fluido.



Fonte: Ilustração retirada do livro David, HALLIDAY, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. Fundamentos de Física - Vol. 2- Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. LTC, p. 70.

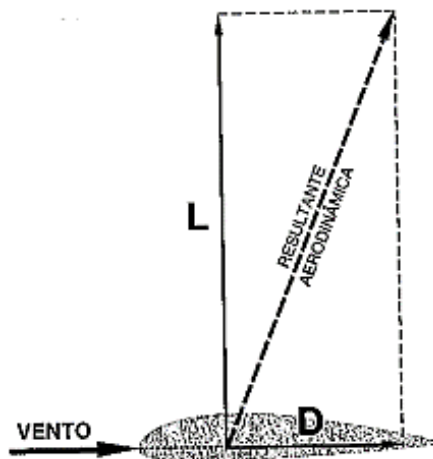
Compreende-se que quando o elemento de um fluido se movimenta em uma determinada velocidade ele traça uma linha de fluxo. Essa velocidade será tangente a todos os pontos da linha de fluxo (HALLIDAY, RESNICK, 2016). O espaçamento entre as linhas de fluxo indica claramente variações na velocidade de escoamento. A aproximação entre linhas vizinhas indica um aumento na velocidade de escoamento, enquanto, o afastamento indica redução da velocidade de escoamento. Este efeito pode ser observado na Figura 9, as linhas de fluxo são alteradas ao contornarem a asa. Quando se comparam as linhas de fluxo antes da asa com as mesmas contornando a asa pode-se observar, por exemplo a compressão das linhas de fluxo na parte frontal e superior da asa (Figura 9). Esta compressão deve-se ao aumento da velocidade do fluxo na parte superior da asa. Efeito contrário aparece na parte inferior da asa onde nota-se (Figura 9) o afastamento das linhas de fluxo.

Estas variações da velocidade de escoamento justificam a presença de uma diferença de pressão atuando sobre a asa. Segundo a equação de Bernoulli (Equação 3), um aumento local da velocidade do fluido está relacionado com uma redução na pressão local. Efeito inverso também ocorre, redução da velocidade leva a um aumento de pressão. Assim, sobre a asa, onde a velocidade é maior na parte superior do que na parte inferior, aparece uma diferença de pressão, pressão maior na parte inferior da asa do que na parte superior. Esta diferença de pressão dá origem a força de sustentação que mantém o avião no ar opondo-se à força peso. Será retornado ao tema força de sustentação na seção seguinte.

3.3 ARRASTO E SUSTENTAÇÃO

Provavelmente alguma vez em sua vida você já notou a dificuldade encontrada ao caminhar na água. Isto ocorre devido ao fato de a água proporcionar maior resistência ao movimento em relação ao ar. Sendo assim, existem forças que podem ser exercidas por um fluido sobre um corpo. Essas forças podem atuar em várias direções. No geral, quando a força é aplicada na direção do escoamento é definida como força de arrasto. Quando aplicada perpendicularmente é denominada como sustentação (ÇENGEL, CIMBALA, 2015). A fim de se compreender melhor sobre as forças mencionadas considere a figura a seguir:

Figura 11: Componentes da força resultante atuante em um aerofólio.



Fonte: HOMA, Jorge M. *Aerodinâmica e Teoria de Voo: noções básicas*. ASA-Edições e Artes Gráficas, 2002. p. 22.

Na Figura 11, Homa (2002) apresenta a decomposição da força resultante atuante em um ponto do aerofólio da asa de um avião. A componente L abreviatura da palavra em inglês “*Lift*” é traduzida como sustentação. Já a componente D “*Drag*” é traduzida como arrasto. Como abordado anteriormente, a sustentação é “a componente da resultante aerodinâmica perpendicular à direção do vento relativo. Esta é a força útil do aerofólio”. (HOMA,2002, p.22). Já o arrasto é “a componente da resultante aerodinâmica paralela a direção do vento relativo. É geralmente nociva e deve ser reduzida ao mínimo possível”. (HOMA,2002, p.22). Ou seja, deve se fazer o possível para que o arrasto seja reduzido, pois, ele é indesejado e tem características de força dissipativa. Assim, por exemplo, a força de arrasto pode ser responsável por aumentar o consumo de combustível de aviões, automóveis, submarinos, entre outros. Entretanto, seu efeito se torna benéfico quando

consideradas situações como saltos de paraquedas, o espalhamento do pólen das flores entre outros. (ÇENGEL, CIMBALA, 2015).

Considere, portanto, um avião em voo horizontal. Além das forças de arrasto e de sustentação existem outras componentes presentes em um voo horizontal, conforme ilustra a Figura 12.

Figura 12: Componentes das forças atuantes em um avião em um voo horizontal.



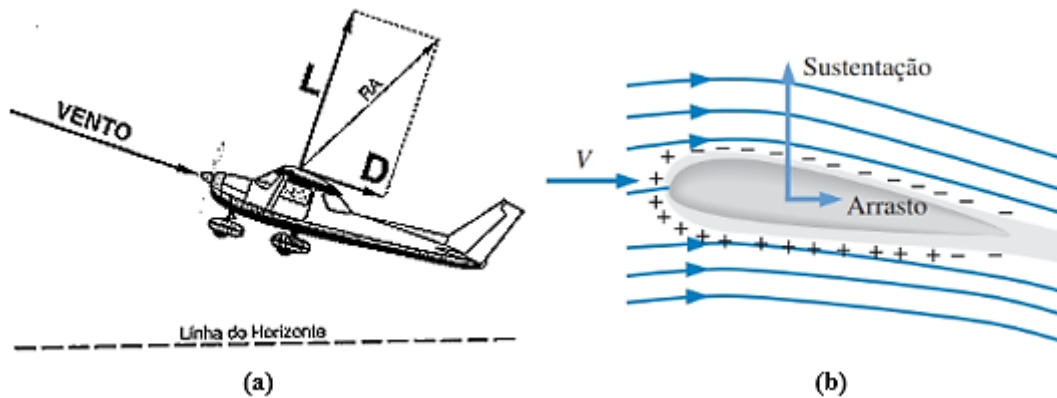
Fonte: HOMA, Jorge M. *Aerodinâmica e Teoria de Voo: noções básicas*. ASA-Edições e Artes Gráficas, 2002. p. 45.

A situação presente na Figura 12, apresenta um avião em voo horizontal com velocidade constante. Nessa condição pode-se considerar que, em módulo e direção, a força de sustentação seja constante e semelhante a força peso e que a força de arrasto seja semelhante a força de tração. Desta forma, ao se aumentar a velocidade, o ângulo de ataque deverá ser reduzido, para que o avião não comece a subir. Da mesma maneira, ao se reduzir a velocidade o ângulo de ataque deverá ser aumentado para que permaneça a altura do avião (HOMA, 2002). Em virtude disso, a projeção das asas de um avião é estruturada para que haja a presença da sustentação e uma redução no arrasto. Ambas as componentes são dependentes do ângulo de ataque (ÇENGEL, CIMBALA, 2015).

A Figura 13(a) ilustra o ângulo de ataque e um avião em relação a linha do horizonte. Assim sendo, nem sempre a força de sustentação será perpendicular em relação a linha do horizonte, e nem sempre a força de arrasto será paralela em relação a linha do horizonte (HOMA,2002). Essa mudança poderá ocorrer de acordo com a direção em que o fluxo de ar se encontra.

Figura 13: Representação do ângulo de ataque e pressão no avião.

(a) Presença do ângulo de ataque em relação a linha do horizonte. (b) Regiões de pressões acima e abaixo da pressão atmosférica.



(a) Fonte: HOMA, Jorge M. **Aerodinâmica e Teoria de Voo: noções básicas**. ASA-Edições e Artes Gráficas, 2002. p. 22. (b) Fonte: ÇENGEL, Yunus A; CIMBALA, John M; **mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. 3. ed. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. Página 613.

Além da interação do vento com essas forças pode-se observar as diferenças das pressões em diferentes regiões da asa do avião. Na Figura 13b as regiões contendo o sinal de mais (+), são locais em que há pressões maiores que pressão atmosférica e o sinal de menos (-) regiões contendo pressões menores que a pressão atmosférica, sendo assim, no ponto da frente e debaixo da asa as pressões são maiores e no ponto de cima e próximo as regiões de turbulência as pressões são menores (ÇENGEL, CIMBALA, 2015). Em função da diferença de pressão aplicada a diferentes pontos da asa, têm-se a ação de uma força resultante, denominada força de sustentação. Desta forma, a força de sustentação possui linha de ação perpendicular a direção do fluxo, sua intensidade dependerá da velocidade do fluido e, para uma asa, do ângulo de ataque.

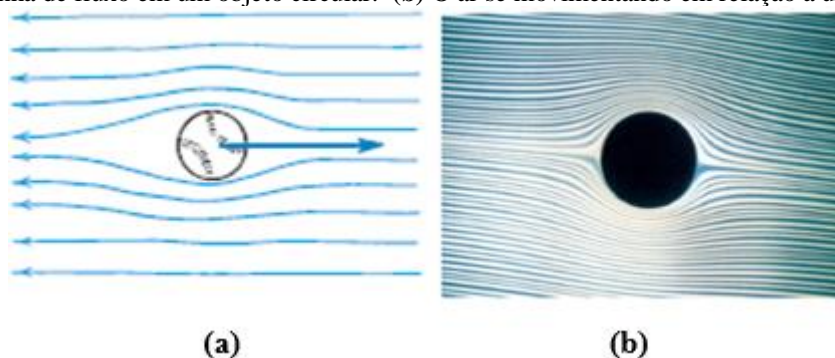
Vale comentar que a movimentação do fluido, forças de arrasto e sustentação são importantes temas para a indústria automobilística. Neste caso, a aerodinâmica de um veículo é fator impactante no seu desempenho e consumo de combustível, por exemplo. Para um veículo, a força de arrasto, altamente dependente do formato do veículo, deve ser reduzida. Neste sentido, além de um formato apropriado, recursos como difusores de ar, canaletas que direcionam o fluxo de ar, etc, podem ser aplicados visando reduzir o efeito da força de arrasto. Por outro lado, a força de sustentação em um veículo pode ser utilizada para aumentar a adesão do mesmo ao solo. Ao contrário do que ocorre em um avião, onde a sustentação atua no sentido oposto a ação da força peso, em um veículo a sustentação atua verticalmente, mas direcionada ao solo, aumentando a interação do

veículo com o solo (força Normal). No mesmo sentido, o ar na região frontal de um carro em movimento é naturalmente comprimido e flui pela parte inferior do veículo, este fato também provoca o aumento da velocidade do fluxo sob o veículo e consequente redução da pressão, situação conhecida como efeito solo. Ambos os efeitos compõem a força de sustentação que, em aerodinâmica automobilística, é conhecida como “Down Force” (ÇENGEL, CIMBALA, 2015).

Além de atuar nas asas do avião que possuem seção reta com formato de gota, a sustentação se faz presente também quando há fluxo ao redor de objetos circulares. Na Figura 14a e 14b tem-se linhas de corrente semelhantes ao redor do objeto circular. Na Figura 14a, ilustra as linhas de fluxo contornando uma bola de golfe ao ser arremessada enquanto na Figura 14b trata-se a imagem de um experimento de linhas de fluxo em túnel de vento no qual o fluido contorna um objeto circular. Nestas imagens, sobretudo na Figura 14b, nota-se que as linhas de fluxo se alteram de forma simétrica, a velocidade do fluido é aumentada tanto na parte superior quanto na parte inferior da esfera. Contudo, um efeito interessante ocorre. Ao redor da esfera o fluxo se dá com velocidade maior do que nas regiões distantes da esfera. Assim, a esfera encontra-se confinada em uma região de baixa pressão. Mover a esfera nestas linhas de fluxo altera a simetria do fluxo contornando a esfera, com isso, um diferencial de pressão surge na direção perpendicular as linhas de fluxo, ou seja, uma força de sustentação que, neste caso, atuará tentando restaurar a posição da esfera e mantê-la no centro das linhas de fluxo. Este efeito é particularmente interessante e será explorado em duas ocasiões futuras, ambas na Sequência de Ensino Investigativa: Intervenção 2 – Problematização, e, Intervenção 5 – Experimentos, ambas descritas no Capítulo 4.

Figura 14: Linhas de fluxo em objeto circular.

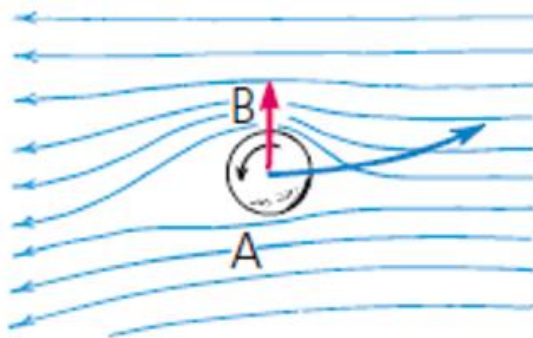
(a) Linha de fluxo em um objeto circular. (b) O ar se movimentando em relação a uma bola.



(a) **Fonte:** Livro: HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Página 274.
(b) **Fonte:** Foto retirada do livro David, HALLIDAY, RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. Fundamentos de Física - Vol. 2- Gravitação, Ondas e Termodinâmica, 10ª edição. LTC, p. 70.

Cabe mencionar ainda que, quando um objeto circular rotaciona enquanto é percorrido por um fluido, uma sustentação é gerada (Figura 15), a esse fenômeno dá-se o nome de efeito Magnus.

Figura 15: Linha de fluxo em um objeto circular em movimento.
O ar se movimentando em relação a uma bola girando.



Fonte: Livro: HEWITT, P. G. Física conceitual. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. Página 274.

O nome dado é uma homenagem a Heinrich Magnus, cientista alemão pioneiro em estudar a movimentação de corpos que rotacionam ao mesmo tempo que transladam através de um fluido. Assim, não havendo a rotação o valor da sustentação será zero, devido a simetria vertical. Caso haja a rotação da bola ou até mesmo de um cilindro em torno de seu próprio eixo o objeto arrasta um pouco do fluido e fará com que sua trajetória seja modificada (ÇENGEL, CIMBALA, 2015). Apesar de várias situações práticas envolvendo o efeito Magnus, este não será detalhado neste texto, também não será explicitamente abordado nas atividades a serem aplicadas devido à dificuldade de se reproduzir tal efeito com as condições laborais disponíveis.

A utilização de formas circulares movendo-se em fluidos, a sustentação e arrasto se fazem presentes ao longo da aplicação da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), serão descritas e apontadas no capítulo seguinte.

3.4 TRABALHANDO COM A MECÂNICA DOS FLUIDOS E AERODINÂMICA EM SALA DE AULA

Como mencionado anteriormente, o tema em questão se faz presente em inúmeras situações do cotidiano e é de grande importância. Em virtude disso, neste tópico do capítulo serão sugeridas referências bibliográficas que tratam sobre o assunto com o intuito de auxiliar os interessados em trabalhar com o tema.

Sugestões de referências para leitura e conhecimento sobre os conceitos de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica

Ao longo do capítulo foram citados alguns livros sobre o assunto. Os livros 16 (a), (b), (c) e (d) são livros contendo uma abordagem física mais fundamentada e explicativa sobre o tema de Mecânica dos fluidos, com a utilização de cálculos matemáticos. Entretanto, o livro 16(d) traz uma abordagem conceitual e simples, sempre retornando a situações do cotidiano. O livro 16(e) menciona a Mecânica dos fluidos e sua aplicação no corpo humano, apresentando a importância do tema em questão para áreas como a Medicina e Biologia. O livro 16(f) é um livro mais específico e centrado nos conceitos da Aerodinâmica como força de arrasto, sustentação, ângulo de ataque entre outros. Por fim, as Figuras 16(g) e 16(h) contém artigos científicos com estudos da aerodinâmica em corpos circulares e aerodinâmica automobilística.

A Figura 16(g) é um artigo contendo experimentos desenvolvidos em uma oficina e que foi apresentado ao público em um evento realizado pelo Museu de Ciências Espaço Ciência Viva da cidade do Rio de Janeiro. Já a Figura 16(h) traz um estudo experimental de um projeto aerodinâmico veicular utilizado em um modelo automobilístico.

Ressalta-se que além das sugestões apresentadas, existem inúmeras referências sobre o tema em questão. Contudo, as sugestões aqui colocadas, são para auxiliar e nortear os interessados em aprimorar seus conhecimentos sobre os conceitos de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica.

Figura 16: Sugestões de Livros para leitura e aprofundamento sobre o tema



Aerodinâmica de bolas
(*Aerodynamics of balls*)

Bruno Seixas Gomes de Almeida¹, Robson Coutinho Silva^{2,3}

(h)

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DO ESCOAMENTO
AO REDOR DO CORPO DE AHMED**

Experimental analysis of the flow around the ahmed body

Dolir Jose Climaco Varela¹; Alexandre Vagtinski de Paula²

FONTE: (ÇENGEL, CIMBALA, 2015); (HALLIDAY, RESNICK, 2016);
(TIPLER, MOSCA, 2006); (HEWITT, 2015); (OKUNO, CALDAS, CHOW, 1986);
(HOMA, 2002).

Sugestões de referências que apresentam propostas de atividades experimentais com materiais de baixo custo e alternativos

Alguns dos equipamentos utilizados nesta dissertação foram experimentos laboratoriais da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP), além de materiais alternativos e de baixo custo, conforme apresentados no capítulo a seguir. Entretanto, por se tratarem de equipamentos institucionais, de difícil acesso e custo elevado, serão sugeridos dois livros e um canal da plataforma Youtube contendo propostas experimentais com o tema de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica, cujos materiais são de baixo custo e alternativos. Vale reforçar que apesar de serem mencionados pelas propostas do tema de interesse, também apresentam propostas com diversos outros assuntos e conceitos.

Figura 17: Sugestões de livros e canais com propostas de experimentos.

Propostas com materiais de baixo custo e alternativos



FONTE: (a) DE CAMPOS VALADARES, Eduardo. Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. Editora UFMG, 2007, 2ª ed.

(b) GASPARG, Alberto. Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental. Editora Atica, 2003, 1ª ed.

(c) Manual do Mundo. Disponível

em <<https://www.youtube.com/channel/UCKHhA5hN2UohhFDfNXB_cvQ>> Acesso 02 de dezembro de 2022.

O livro Física Mais Que Divertida (Figura 17a) se divide em 5 capítulos. Cada um desses capítulos tem como proposta experimentos acessíveis e de diferentes áreas da Física, como: a Mecânica, Óptica, Termodinâmica, Ondulatória e Eletricidade e Magnetismo. Cada experimento contém uma imagem ilustrativa, um título com pequeno resumo e tópicos como: materiais, passo a passo e um passo além. As sugestões voltadas para a Mecânica dos fluidos e aerodinâmica estão na seção de Mecânica Divertida e encontram-se das páginas 44 a 48.

Já o livro Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental (Figura 17b) é um livro contendo 7 capítulos. O primeiro capítulo traz um estudo histórico e referenciais teóricos sobre a experimentação em Ciências. Os três capítulos seguintes trazem consecutivamente propostas de experimentos sobre o ar, a água e os sólidos. O capítulo 5, apresenta abordagens experimentais sobre o som e a luz e capítulo 6 sobre a energia mecânica e eletromagnética. Por fim, o último capítulo do livro é intitulado como “material para atividades experimentais”. Ao longo das propostas dos experimentos o livro traz como procedimentos: o que se usa, como se faz, como funciona, o que observar, como se explica, o que pode dar errado e a etapa de uma observação a mais. Os experimentos de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica se encontram no capítulo 2, na seção em que é apresentado experimentos sobre o ar.

Por fim, a última referência sugerida, é um canal do Youtube chamado Manual do Mundo pertencente ao Iberê Thenório e sua esposa Mariana Fulfaro, criado no ano de 2008. Além do canal, existem também jogos educativos e livros com abordagem experimental dos mesmos autores. Em seu canal Iberê ensina como montar os experimentos, realiza testes e aponta explicações científicas. Como sugestões de vídeos sobre conceitos de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica, propõe-se os vídeos “Planador de duas argolas”³, “como fazer um planador água passo a passo”⁴ e “como fazer bolinhas flutuantes”⁵.

Os livros e abordagens experimentais apresentadas nestes tópicos são sugestões de referências com o intuito de auxiliar os interessados no assunto. Todavia, as propostas

³ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=wpCmqZiFMT4>>

⁴ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=6fyErZJyAbU>>

⁵ Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=TOt5QL4yhmM>>

e sugestões completas de intervenções que poderão ser utilizadas na abordagem investigativa se encontram mais detalhadas na SEI produzida como produto educacional desta dissertação.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O percurso metodológico desta pesquisa decorre das seguintes etapas: revisão bibliográfica e fundamentação teórica, fundamentação e produção da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), aplicação da SEI e coleta de dados, análise de dados, obtenção dos resultados e conclusões, conforme demonstrado no Fluxograma 1:

Fluxograma 1: Metodologia da pesquisa



Fonte: A autora.

Para a primeira etapa metodológica deste trabalho foi feita uma revisão bibliográfica, a fim de se compreender melhor acerca das atividades experimentais no ensino de Física. No contexto deste trabalho, optou-se pela articulação de abordagens como o ensino por investigação e metodologias ativas visando a aplicação de atividades experimentais no Ensino Superior. Assim, buscou-se levantar a produção acadêmica de trabalhos envolvendo ambas as abordagens. Os resultados desta revisão fundamentaram o desenvolvimento dos capítulos 1, 2 e 3 deste trabalho.

Outro ponto relevante para a fundamentação deste trabalho refere-se a análise da matriz curricular de alguns cursos de Licenciatura em Física. Esta análise tem por objetivos: contabilizar a carga horária dedicada a atividades experimentais e identificar os conteúdos tratados em tais disciplinas. Os resultados desta análise encontram-se na seção 5 e fundamentaram a escolha da tratativa de conceitos relacionados a Mecânica dos Fluidos e Aerodinâmica.

Realizadas as etapas que permitiram a fundamentação teórica e escolha do tema abordado, passou-se a produção da Sequência de Ensino Investigativa.

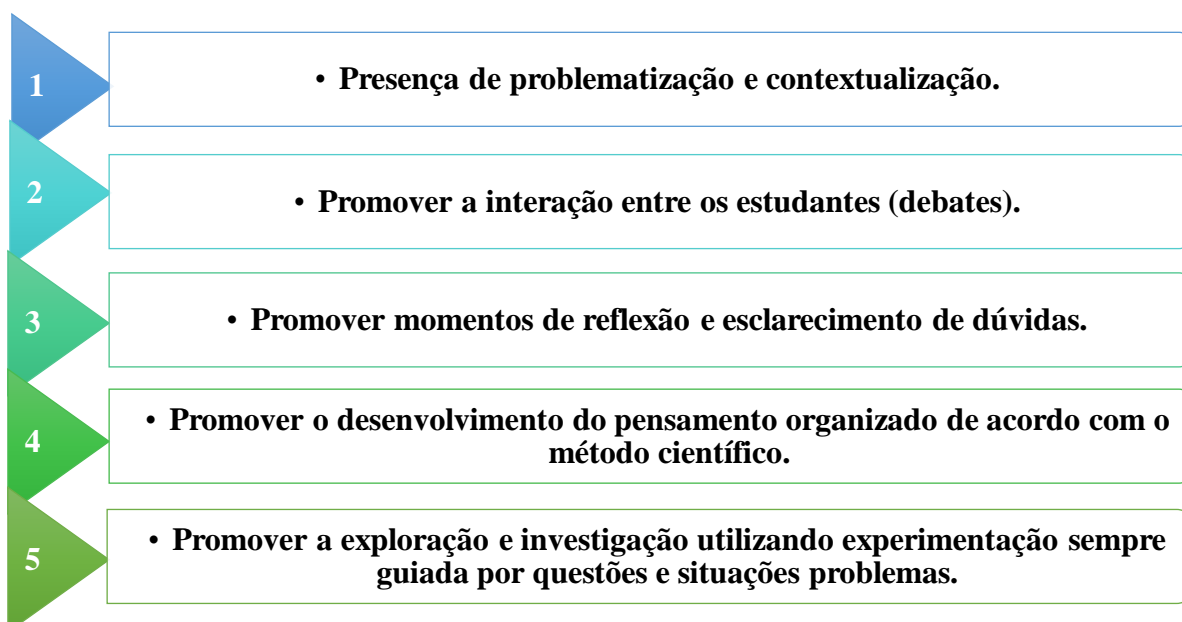
4.1 PRODUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Em sua elaboração buscou-se relacionar as abordagens com a proposta das atividades chaves apontadas por Carvalho:

“Assim, uma sequência de ensino investigativa deve ter algumas atividades chaves: na maioria das vezes a SEI inicia-se por um problema, experimental ou teórico, contextualizado, que introduz os alunos no tópico desejado e dê condições para que pensem e trabalhem com as variáveis relevantes do fenômeno científico central do conteúdo programático. É preciso, após a resolução do problema, uma atividade de sistematização do conhecimento construído pelos alunos. Essa sistematização é feita preferivelmente através da leitura de um texto escrito quando os alunos podem novamente discutir, comparando o que fizeram e o que pensaram ao resolver o problema, com o relatado no texto. Uma terceira atividade importante é a que promove a contextualização do conhecimento no dia a dia dos alunos, pois nesse momento eles podem sentir a importância da aplicação do conhecimento construído do ponto de vista social. Esta atividade também pode ser organizada para o aprofundamento do conhecimento levando, os alunos a saberem mais sobre o assunto (CARVALHO, 2013, p.9)”.

Sendo assim, dada a fundamentação teórica e os propósitos desta SEI, sua construção foi norteadada pela presença de elementos contidos no Fluxograma 2.

Fluxograma 2: Elementos presentes na elaboração da SEI.

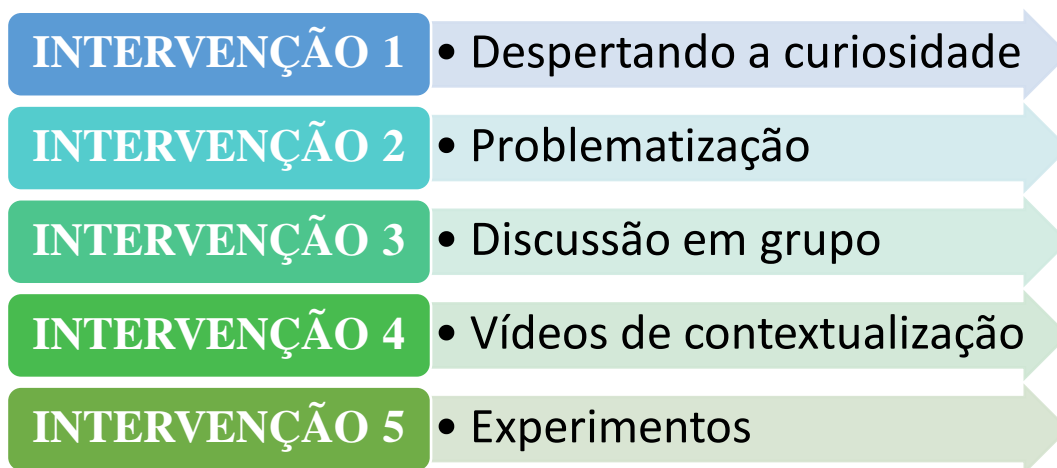


Fonte: A autora.

Como a proposta foi trabalhar de modo investigativo, a utilização de situações problemas apresenta-se como elemento inicial e importante na SEI. No estímulo a

formulação de hipóteses que respondessem aos questionamentos apresentados, promoveu-se a interação entre os alunos, momentos que permitiram a reflexão e o esclarecimento de dúvidas, desenvolvimento do pensamento científico e organizado, além da exploração e investigação utilizando a experimentação. Esses elementos se relacionam e se aplicam nas intervenções que compõe a SEI e que são apresentadas no Fluxograma 3.

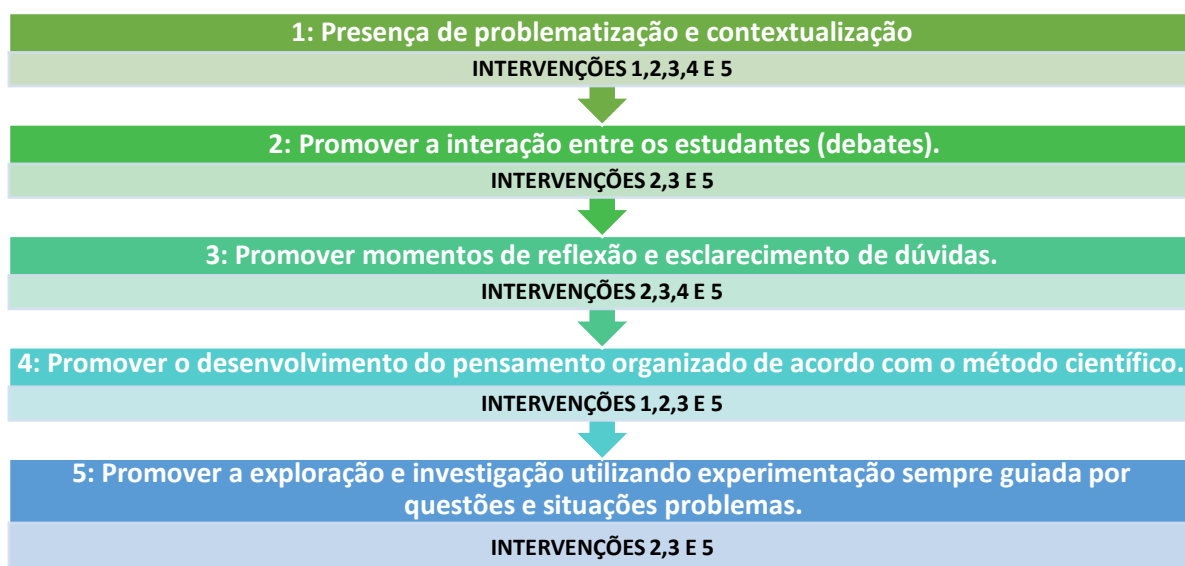
Fluxograma 3:Intervenções utilizadas na SEI.



Fonte: A autora.

Cada um dos elementos adotados na SEI se faz presente em pelo menos 3 intervenções. No Fluxograma 4, serão apresentadas as relações entre as intervenções e os elementos.

Fluxograma 4: Relação entre os elementos adotados e as intervenções aplicadas.



Fonte: A autora.

4.2 DESCRIÇÃO DA SEI

Como descrito no tópico anterior o desenvolvimento da SEI se deu por intermédio de cinco intervenções com características e objetivos específicos.

Intervenção 1 - Despertando a curiosidade:

Esta atividade tem por objetivo despertar o interesse dos alunos sobre o tema a ser abordado. Para isto, propõe-se a utilização de um texto de divulgação científica que contenha a problematização e os conteúdos físicos de interesse de uma forma contextualizada. O texto deverá ser lido pelos discentes e em seguida deverão produzir um resumo. Indica-se que os discentes tentem identificar conceitos físicos presentes no texto além de apontar e anotar eventuais dúvidas. Para a continuidade desta SEI é imprescindível que esta leitura e avaliação do texto ocorra previamente a aplicação das etapas seguintes pois o texto já propicia elementos para as discussões que se seguirão nas próximas etapas.

No contexto desta SEI, utilizou-se o texto “Voar: o sonho, o projeto e a realização de Santos Dumont”⁶. A escolha deste texto dá-se devido a inúmeros elementos, como: a abordagem histórica e a relação de Santos Dumont com a cidade de Ouro Preto, o desenvolvimento tecnológico/científico, o uso de linguagem técnica com termos científicos, a introdução de conceitos da aerodinâmica, a divisão em tópicos tornando a leitura mais compreensível e a utilização das imagens como recurso visual.

O tempo previsto em sala de aula é de 20 minutos para a explicação da atividade aos discentes. Como a proposta do resumo é extra classe estipula-se para o tempo de leitura, produção e apontamento dos elementos seja de 1 hora e 30 minutos.

Intervenção 2 – Problematização:

O objetivo é instigar os estudantes sobre o assunto a ser abordado e dar a eles condições para pensar e produzir hipóteses. Espera-se que o manuseio e a observação da instrumentação utilizada propiciem que os estudantes relacionem os fenômenos físicos

⁶ Disponível em <<<https://novaescola.org.br/conteudo/1149/voar-o-sonho-o-projeto-e-a-realizacao-de-santos-dumont>>> Acesso: 20 de maio de 2022

presentes na problematização com o texto lido. É possível que esta atividade promova também a interação da turma. Para isso, propõe-se a utilização de um aparato problematizador e de um experimento demonstrativo.

Nesta SEI, propõem-se a utilização de um brinquedo, um soprador de plástico no qual o fluxo de ar sustenta uma bolinha (Figura 18a), associado a presença de um aparato experimental que permita reproduzir o funcionamento do brinquedo de forma controlada (Figura 18b).

Cada estudante receberá um soprador de plástico com uma bolinha (Figura 18a), poderá observar e explorar tal brinquedo. Neste momento, o professor pode estimular os estudantes a investigarem quais parâmetros são relevantes para a sustentação da bolinha. Pode-se promover questionamentos, por exemplo, pode-se controlar o fluxo de ar (sopro) visando manter a bolinha suspensa por maior tempo.

O aparato experimental mostrado na Figura 18b permite demonstrar o funcionamento do brinquedo de maneira controlada. Tal aparato é constituído por um soprador de ar⁷ (fabricado pela *Phywe*⁸) e uma bolinha de isopor. Neste caso, o ato de soprar efetuado pelo usuário do brinquedo é substituído pelo fluxo de ar constante provido pelo soprador. A bolinha de isopor, posicionada sobre o fluxo de ar, sofre a ação dos efeitos relativos ao movimento do fluido pelo seu redor (seção 3). Na direção vertical, a força de arrasto mostra-se suficientemente intensa para manter a bolinha suspensa, opondo-se à força peso em uma condição de equilíbrio estático aproximado. Já na horizontal, o movimento do fluido ao redor da bolinha faz com que existam regiões de baixa pressão ao redor da mesma. Esta encontra-se então confinada em uma região devido ao movimento do fluido, de forma similar ao que ocorre em situações em que se tem a força de sustentação (seção 3).

Após esta etapa busca-se a sistematização do conhecimento. Assim, sugere-se a aplicação de um questionário com questões como: “Qual a relação do texto lido com a problematização?”. “Quais das situações a seguir favorecem que o avião fique suspenso no ar: voando a favor ou contrário ao sentido do vento? Justifique sua resposta.”. “Você consegue identificar algum fenômeno físico presente nessa abordagem? Qual(is)?”.

⁷ Sugere-se como recurso acessível para o desenvolvimento dessa atividade, o uso de um secador de cabelo para prover o fluxo de ar, vide Figura 20.

⁸ Produto da Phywe: https://www.phywe.com/air-blower-230v-50hz_2268_3199/

“Existe alguma relação entre o movimento do ar nas asas de um avião e em um carro? Qual?”. “Quais são as forças atuantes na problematização? Represente por meio de um desenho.”.

O tempo previsto em sala de aula para o desenvolvimento desta intervenção é de 1 hora.

Figura 18: Aparatos experimentais sugerido na intervenção 2 da SEI.
a) Soprador de plástico, b) Soprador de ar Phywe modelo 13770-94.



Fonte: Autora.

Intervenção 3 - Discussão em grupo:

Esta intervenção tem por objetivo promover a interação entre os discentes e proporcionar o pensamento coletivo por meio da troca de informações. Para isto, propõem-se a realização de grupos de discussão. Nestes grupos, os discentes que já realizaram a intervenção 2 e responderam as questões propostas, poderão confrontar suas ideias entre os pares e formular um entendimento comum sobre os fenômenos abordados com o texto (intervenção 1) e problematização (intervenção 2). Em seguida, promove-se o debate entre os grupos. Para o debate, os grupos deverão formular um entendimento estruturado dos fenômenos observados, levantar hipóteses e explicações, evidenciar observações, entre outros. Em seguida, visando a estruturação e organização das interpretações e entendimentos, sugere-se que os discentes respondam novamente ao questionário apresentando o entendimento do grupo em cada questão.

O tempo previsto para o desenvolvimento desta etapa em sala de aula é de 30 minutos, podendo também ser feita como atividade extraclasse caso não seja possível sua

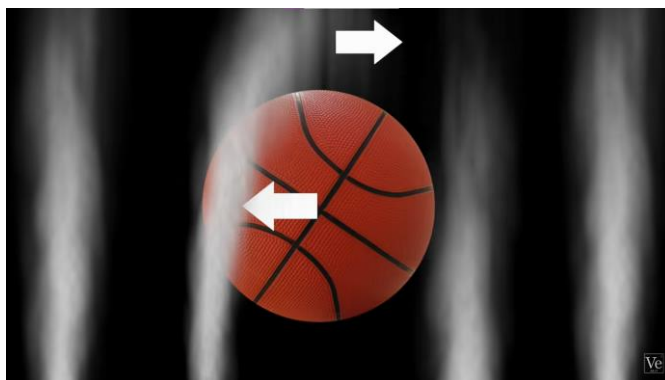
conclusão. Sugere-se ainda que os grupos constituídos nesta intervenção mantenham sua composição na realização das intervenções seguintes.

Intervenção 4 - Vídeos de contextualização:

O objetivo desta intervenção é promover a contextualização baseando-se no cotidiano dos estudantes e permitir que reconheçam a importância da aplicação do conhecimento. Com isso, propõe-se a aplicação de vídeos relacionados ao tema de aerodinâmica. A escolha dos vídeos se deu pelos seguintes parâmetros: a presença de contextualização, identificação e aplicação de fenômenos físicos, correlação com situações relacionadas as intervenções anteriores, observação e compreensão dos diferentes tipos de fluxos (laminar e turbulento). Espera-se que no decorrer desta intervenção os discentes sejam capazes de criar conexões dos conteúdos com o seu cotidiano além propiciar a apropriação da linguagem científica.

O tempo estimado para o desenvolvimento desta intervenção em sala de aula é de 20 minutos. A seguir são apresentados os vídeos utilizados nesta intervenção. Contudo, ressalta-se que existem vários vídeos e fontes de materiais na rede que também cumprem os objetivos desta intervenção.

Figura 19: Vídeo 1 da etapa vídeos de contextualização.

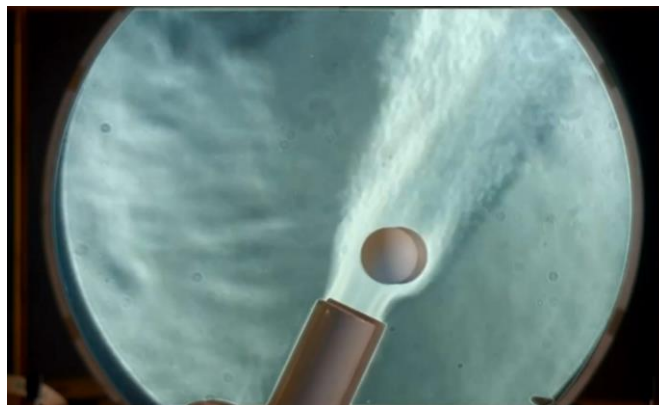


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=2OSrvzNW9FE&t=10s>

O vídeo 1 possui 3 minutos de reprodução. Em seu conteúdo é apresentado um grupo de amigos em uma barragem em Gordon, na Tasmânia, que fica a 126,5 metros de altura. Um desses amigos é responsável por soltar uma bola de basquete girando-a, a bola cairá verticalmente e, ao longo deste movimento, a bola girará ao redor do seu próprio eixo. Esse vídeo demonstra a importância e os fatores que influenciam na trajetória do

objeto⁹. Ele traz também exemplos da atuação da força de sustentação em veleiros e aviões com cilindros giratórios. O vídeo contém explicações preliminares e ilustrativas que já encaminham para as etapas seguintes desta SEI.

Figura 20: Vídeo 2 da etapa vídeos de contextualização.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=NvzXKZJ7ZU>

O vídeo 2 possui duração de 3 minutos e 48 segundos e traz exemplos do movimento de fluidos ao redor de superfícies, inclusive exemplificando a situação mostrada no vídeo 1. Contudo, para esta atividade utilizou-se um corte do instante 2:33 ao 3:10. Esse fragmento do vídeo se assemelha ao aparato experimental e ao experimento demonstrativo ao retratar o fluxo de ar (proveniente de um soprador) ao redor de uma bolinha. Espera-se que nessa etapa os estudantes consigam compreender e visualizar o movimento de um fluido ao redor de um objeto e como este altera as linhas de fluxo.

Figura 21: Vídeo 3 da etapa vídeos de contextualização.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=y0WRJtXvpSo>

O vídeo 3 é um vídeo curto, contando com apenas 31 segundos de duração. Nele é apresentado um experimento que demonstra a mudança de um fluxo laminar para fluxo turbulento. No interior de um tubo no qual escoava água, uma agulha injeta uma pequena

⁹ Particularmente, este vídeo exemplifica o efeito da rotação de um corpo ao longo da sua translação por um meio. Este efeito é denominado Efeito Magnus, uma descrição detalhada pode ser encontrada em ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M. **Mecânica dos fluidos: fundamentos e aplicações**. 3. ed. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. xxiii, 990. p.

linha de tinta. O contraste entre a tinta preta e a água permite visualizar o escoamento. À medida que a velocidade no escoamento da água é aumentada, o fluxo passa de um regime laminar para turbulento. Espera-se que após sua apresentação os estudantes consigam distinguir os diferentes regimes de fluxo em função da velocidade de escoamento além da apropriação de termos científicos.

Figura 22: Vídeo 4 da etapa vídeos de contextualização.



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=sV_6EILh7yo

O vídeo 4 possui duração de 1 minuto e 52 segundos e mostra a realização de um teste em túnel de vento, no carro Mercedes – Benz SLS AMG. Este tipo de experimento visa a visualização das linhas de fluxo e como estas se alteram ao passar ao redor de objetos. Espera-se que este vídeo reconduza os estudantes ao questionamento sobre a aerodinâmica nos carros. O vídeo permite também a observação do fluxo e sua alteração em contato com a superfície do aerofólio do carro.

Figura 23: Vídeo 5 da etapa vídeos de contextualização.



Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=6UlsArvbTeo>

O quinto e último vídeo contém 1 minuto e 53 segundos de duração. Além disso, ele faz parte do acervo do departamento de engenharia da *University of Cambridge* em que

se é observado o funcionamento das asas de um avião. Por meio desse vídeo é possível observar elementos como a alteração das linhas de fluxo em função do ângulo de ataque da asa. Com ele também os estudantes poderão retornar ao questionamento sobre a aerodinâmica dos aviões.

O tempo previsto em sala de aula para esta intervenção é de 30 minutos, visto que é importante uma breve contextualização sobre os vídeos que serão reproduzidos. Da mesma forma, após a exibição, também deve-se permitir comentários por parte dos estudantes que podem, inclusive, apresentar dúvidas e questionamentos. Importante ressaltar que, em todos os casos, objetiva-se contextualizar os fenômenos físicos envolvidos, suas aplicações e implicações. Neste sentido, o professor pode estimular, propor e conduzir discussões que evidenciem tal contexto.

Intervenção 5 - Experimentos:

A intervenção 5 será a última etapa a ser desenvolvida. Seu objetivo é a sistematização e o aprofundamento do conhecimento. Para isso, serão propostos três experimentos, nos quais cada grupo poderá ficar responsável por apenas um ou poderá haver a troca entre os grupos, de modo que todos manuseiem os experimentos. Cada aparato experimental contém uma montagem e desenvolvimento específica, mas, todos eles apresentam conceitos da aerodinâmica como demonstrado nas figuras abaixo. A proposta é que após cada grupo manusear, anotar as hipóteses e as análises produzidas ao longo dos experimentos, os integrantes relatem para os demais os fenômenos observados e as possíveis explicações para tais ocorrências. Espera-se que com essa explicação sendo feita por meio de uma linguagem mais acessível, os alunos tenham uma compreensão maior sobre o assunto.

Para analisar o aprendizado dos discentes após essa intervenção propõe-se uma atividade extraclasse no qual deverão produzir um relatório experimental descritivo. Além disso, será entregue um questionário contendo a escala de Likert de modo a avaliar a opinião dos estudantes a respeito da abordagem utilizada ao longo das intervenções. Propõe-se que o relatório seja uma atividade extra classe e o questionário seja aplicado ou não durante o desenvolvimento da aula. O tempo proposto para essa intervenção é de 1 hora em sala de aula e 1 hora e 30 minutos extra classe.

As imagens dos experimentos estão apresentadas a seguir.

Figura 24: Aparato experimental utilizado pelo grupo 1.



Fonte: A autora.

O experimento 1 traz elementos que já foram utilizados na intervenção 2. No entanto, poderá ser complementado com bolas de isopor de tamanhos diferenciados e dinamômetros para medir a força necessária para retirar a bola do fluxo. Por meio desse experimento os integrantes do grupo poderão observar as diferenças na força de sustentação e de arrasto. Além disso, poderão monitorar a intensidade do fluxo emitido pelo soprador e a altura alcançada pelas diferentes bolinhas. Para a medição da força propõe-se dinamômetros graduados em escalas que variam de 0,1 N até 1 N e que seja colocado uma haste na bola de isopor para o encaixe do dinamômetro. A proposta desse experimento se assemelha ao apresentado no vídeo 2 da intervenção 4. Sendo assim, ao acionar o soprador, os estudantes poderão controlar a intensidade do fluxo e em seguida medir a força necessária para retirar a bola de isopor do fluxo. A finalidade desta abordagem é que em seu desenvolvimento os estudantes consigam observar as forças envolvidas no processo e identificar os elementos essenciais para a execução do experimento.

Figura 25: Aparato experimental utilizado pelo grupo 2.



Fonte: A autora.

O experimento 2 conta com a utilização de diferentes formas geométricas. Esse elemento proporcionará ao grupo responsável por seu manuseio a identificação das formas mais e menos aerodinâmicas. Poderão analisar também a velocidade, a pressão e a força de arrasto das diferentes formas. Como a atividade demanda tempo, propõe-se que as análises feitas sejam de uma única forma geométrica, sendo ela a de formato de gota. A escolha desta forma geométrica se dá pelo fato de ela apresentar uma melhor aerodinâmica e se assemelhar a asa de um avião. A proposta desse experimento se assemelha ao vídeo 5 da intervenção 4. Com esse aparato é possível também trabalhar com dados quantitativos conduzindo a uma representação gráfica dos valores anotados. Nele, os estudantes deverão acionar o soprador. Este estará em contato com a forma geométrica e fará com que o carrinho preso ao dinamômetro se mova. Ao se movimentar serão calculados a força de arrasto, a velocidade e a pressão. A finalidade deste experimento é que por meio dele os discentes consigam observar a aerodinâmica do avião, permitindo então que sejam capazes de dissertar a respeito e identificar os elementos físicos envolvidos no processo.

Figura 26: Aparato experimental utilizado pelo grupo 3.



Fonte: A autora.

O experimento 3 foi montado contendo elementos como soprador, tubo Venturi e mangueiras conectadas ao tubo com água. Com esse aparato é possível a observação das pressões e velocidades em seções de diferentes áreas. Esse experimento poderá conduzir o grupo a interpretação da equação de Bernoulli. Espera-se que ao colocar as mangueiras em diferentes pontos do tubo os alunos consigam identificar a relação existente entre as pressões internas e a pressão atmosférica. Diferente dos experimentos anteriores esse não se assemelha a nenhum dos vídeos apresentados, porém, interage com conceitos já vistos anteriormente pelos estudantes. A finalidade deste experimento é que por meio dele os estudantes sejam capazes de identificar as diferenças das pressões em áreas distintas.

4.3 APLICAÇÃO DA SEI

A SEI proposta foi aplicada durante as aulas de Física Experimental II, disciplina esta que compõe os currículos dos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física da Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP). Esta disciplina, ofertada no terceiro período dos referidos cursos de graduação, contém em sua ementa os temas: Oscilações e Ondas, Física Térmica, Mecânica dos Fluidos e Fluidodinâmica e possui carga horária de 30 horas com aulas de 1h40min ministradas semanalmente. Em particular, a SEI foi aplicada em duas turmas, aqui denominadas como turma A (TA) e turma B (TB) no segundo semestre de 2021 e primeiro semestre de 2022. Os participantes da TA totalizaram 12 discentes e da TB 17 discentes, todos regularmente matriculados nos cursos de Bacharelado e Licenciatura em Física da UFOP.

A aplicação da SEI ocorreu em três momentos representado no Fluxograma 5.

Fluxograma 5: Linha do tempo com a aplicação das atividades da SEI.



Fonte: A autora.

Inicialmente, apresentou-se a temática aos estudantes, da mesma forma, os discentes foram esclarecidos sobre a forma de trabalho a ser adotada nas próximas aulas, exploração investigativa dos materiais, instrumentos e experimentos disponibilizados para abordar o tema Aerodinâmica, Força de Arrasto e Força de Sustentação. Ao final deste momento inicial, os discentes receberam um texto para leitura, conforme descrição da Intervenção 1 contida na SEI. Nessa etapa estiveram presentes 10 discentes na Turma A (TA) e 15 na Turma B (TB) aos quais foi pedido que fizessem um resumo.

O segundo momento contou com a participação de 9 discentes da TA e 15 da TB. Iniciou-se uma discussão sobre o texto lido. Nela foram apontados os fenômenos físicos presentes no texto, dificuldades enfrentadas pelo inventor e dificuldades encontradas na leitura e entendimento. Em seguida, desenvolveu-se a intervenção 2. Com isso, entregou-se o aparato problematizador a cada estudante e propôs a eles uma competição na qual o vencedor seria aquele que conseguisse manter a bolinha suspensa no ar por mais tempo. Após os estudantes compreenderem a proposta foi apresentado o experimento demonstrativo. Nesse momento foi entregue aos discentes o questionário individual contendo as problematizações mencionadas na descrição da SEI. A etapa seguinte foi a aplicação da intervenção 3. Então, foi pedido os estudantes que se dividissem em três

grupos, discutissem e anotassem sobre as mesmas problematizações apontadas anteriormente. Esse segundo momento teve a duração de 1 hora e 30 minutos.

O terceiro momento desta aplicação teve a participação de 8 discentes da TA. Vale ressaltar que dois dos discentes presentes nas intervenções anteriores faltaram e um aluno não presente anteriormente participou desta etapa. Já em TB, tiveram dois discentes que não participaram das intervenções anteriores, totalizando 17 discentes em TB. Com isso, foi pedido aos alunos que permanecessem na configuração das intervenções anteriores sendo assim, se dividiram em três grupos. Em TA a divisão se deu por dois grupos com 3 integrantes e um grupo com 2 integrantes. Em TB, dois grupos tinham 6 integrantes e um grupo com 5 integrantes. Após essa divisão iniciou-se a intervenção 4. Foi feita uma breve apresentação aos estudantes sobre a proposta de cada vídeo e seguidamente foram reproduzidos. Depois dessa etapa, seguiu-se para a intervenção 5. Vale dizer que nesta etapa foram colocados gravadores nos grupos para analisar a discussão dos participantes. Todos os grupos tiveram acesso a execução e levantamento de hipóteses dos experimentos. Posteriormente discutiram e explicaram para os demais grupos a execução e os fenômenos físicos envolvidos.

Ao final desta intervenção pediu-se aos estudantes que produzissem um relatório contendo as seguintes descrições: “Métodos utilizados para manipular os experimentos”, “O que foi feito durante o desenvolvimento dos experimentos”, “dificuldades encontradas”, “descobertas obtidas”, “relação dos três experimentos” e as “conclusões”. Além disso, responderam também ao questionário de análise da metodologia desenvolvida, conforme apresentado no Apêndice II desta pesquisa. O terceiro e último momento teve como duração 3 horas e 30 minutos.

Portanto, a aplicação da SEI proposta teve a duração total de 6 horas e 50 minutos.

4.4 INSTRUMENTO DE COLETA

Os instrumentos de coleta de dados utilizados ao longo da aplicação da SEI, tem por objetivo coletar informações sobre a realização das atividades e participação geral dos discentes. Nesta pesquisa, foram adotados os seguintes instrumentos de coleta:

- **Produção de resumos:** Este instrumento se desenvolveu ao longo da intervenção 1. Logo, foi solicitado aos participantes a produção de um resumo a fim de se despertar a curiosidade destes e introduzir a problematização. Neste resumo, os participantes deveriam apontar as dificuldades enfrentadas pelo inventor ao longo da criação de sua invenção e as dificuldades encontradas na compreensão do texto.
- **Questionários das atividades:** Este instrumento se deu ao longo das intervenções 2 e 3. Primeiramente foram entregues aos estudantes questionários individuais contendo as problematizações apresentadas no apêndice I. Seguidamente, os estudantes responderam as mesmas problematizações, porém, de modo coletivo.
- **Caderno de campo:** O caderno de campo foi um instrumento utilizado ao longo de toda pesquisa. Nele produziu-se anotações das observações feitas pelo pesquisador em relação aos participantes da pesquisa e ao longo das intervenções. Os dados destas anotações foram utilizados para a análise dos resultados e se encontram na seção de análise dos resultados.
- **Áudio gravado na intervenção 5:** Os áudios são instrumentos que permitem a transcrição completa ou pontual das falas dos estudantes. Em vista disso, ao longo das discussões levantadas ao longo da intervenção 5, foram colocados gravadores em cada um dos três grupos. Para essa pesquisa foram utilizadas transcrições pontuais das falas dos estudantes. Essas transcrições se encontram na seção de análise dos resultados.
- **Relatórios:** A fim de se avaliar e analisar a compreensão dos alunos a respeito dos conceitos científicos e da aprendizagem desenvolvida ao longo das intervenções. Pediu-se como atividade extra classe da intervenção 5 a produção de relatórios como mencionado no item 4.2 desta pesquisa.
- **Questionário de avaliação da metodologia:** Para compreender o sentimento dos estudantes em relação a metodologia utilizada foram aplicados questionários de avaliação da metodologia ao final da intervenção 5. As questões deste questionário se encontram ao final desta pesquisa no Apêndice II.

4.5 INSTRUMENTO DE ANÁLISE

Como instrumento de análise desta pesquisa utilizou-se os questionários respondidos pelos estudantes e os áudios gravados ao longo da intervenção 5. Para uma verificação mais precisa foi produzido uma análise de conteúdo dos materiais coletados. Esta teve como referencial as pesquisas desenvolvidas por Laurence Bardin. Este trabalho também contém um levantamento quantitativo que se desenvolveu pela estruturação de gráficos segundo a Escala Likert.

Ao se desenvolver uma análise de conteúdo é importante se compreender as fases pelas quais ela se organiza. De acordo com Bardin (1977):

As diferentes fases da análise de conteúdo, tal como o inquérito sociológico ou a experimentação, organizam-se em torno de três pólos cronológicos:

- 1) a pré-análise;
- 2) a exploração do material;
- 3) o tratamento dos resultados, a inferência e a interpretação. (BARDIN, 1977, p.95).

Dentre esses três pólos cronológico existem elementos complementares que os fundamentam. Para demonstrar esses elementos elaborou-se um esquema resumido do diagrama de desenvolvimento de uma análise segundo Bardin (1977) que consta na Figura 27.

Figura 27: Esquema resumido do Desenvolvimento de uma análise segundo



Fonte: Adaptado de Bardin (1977); p. 102.

Desse modo, ao se analisar é importante adotar a ordem proposta. A pré-análise é a etapa da organização das informações. Sendo assim, é necessário escolher bem os documentos de análise, levantar hipóteses, compreender os objetivos e criar elementos que sustentem a interpretação desses documentos. Após o desenvolvimento dos elementos da primeira fase, avança-se para a exploração do material. Nesta etapa ocorre a organização e adequação das escolhas adotadas. Por fim, atinge-se a última etapa: tratamento dos resultados obtidos e interpretação. Aqui, permite-se a utilização de dados estatísticos. Após obter resultados válidos o analista poderá fazer inferências e interpretações de acordo com seus objetivos (BARDIN, 1977).

Portanto, na pré-análise desta pesquisa foi feito uma leitura fluante dos roteiros produzidos pelos alunos e dos áudios gravados. Em seguida definiu-se os objetivos e a dimensão da análise. Após esta etapa foi explorado o material de análise e se definiu as técnicas escolhidas. Por fim os resultados foram tratados e em seguida gerou-se as proposições.

Outro mecanismo de análise utilizado foi o questionário contendo a escala de verificação de Likert. Para compreender o modo como se desenvolveu esta etapa é importante o conhecimento acerca da escala. De acordo com Júnior e Costa (2014):

“O modelo mais utilizado e debatido entre os pesquisadores foi desenvolvido por Rensis Likert (1932) para mensurar atitudes no contexto das ciências comportamentais. A escala de verificação de Likert consiste em tomar um construto e desenvolver um conjunto de afirmações relacionadas à sua definição, para as quais os respondentes emitirão seu grau de concordância. (JÚNIOR, COSTA, 2014, p.4)”.

Neste mecanismo é necessário a elaboração de constructos que nortearão as afirmativas. Logo, para esta pesquisa foram criados 4 constructos contendo cerca de três a quatro afirmativas em cada grupo. Essas afirmativas seguiram com os seguintes graus de concordância apresentados no Quadro 6.

Quadro 6: Significado de cada grau de concordância da escala de verificação de Likert.

1	2	3	4	5
Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Meus argumentos para discordar e concordar são equivalentes	Concordo parcialmente	Concordo totalmente

Fonte: Adaptado de Júnior, Costa (2014) p. 4.

As afirmativas do questionário se relacionavam a cada um dos constructos. A fim de se obter a percepção dos estudantes quanto a metodologia utilizada, foram utilizados os seguintes constructos:

- 1- A metodologia utilizada e o conteúdo abordado
- 2- O despertar do interesse pela aula
- 3- A metodologia aplicada e o desempenho dos alunos
- 4- *Feedback* dos alunos quanto à metodologia

Como mencionado anteriormente o objetivo desse questionário foi a avaliação da metodologia obtida por meio da percepção dos próprios estudantes. Para isso, as categorias escolhidas como constructos surgiram de modo a coletar informações sobre o interesse dos estudantes, o desempenho e a metodologia desenvolvida. Os dados dessa avaliação se encontram na seção de análise dos resultados.

5. ANÁLISE DOS RESULTADOS

5.1 LEVANTAMENTO DAS GRADES CURRICULARES DO CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA DE DIFERENTES INSTITUIÇÕES DE ENSINO

Por mais que seja reconhecida a importância do ensino de Física, existem alguns problemas em seu meio. Quando a área em questão é a experimentação alguns problemas são: a falta de um laboratório adequado, despreparo do docente, salas cheias e a carga horária reduzida dedicada as disciplinas experimentais (ALISON, LEITE, 2016). No intuito de analisar a carga horária presente em cursos de graduação e dedicada a disciplinas de Física Experimental, foi feito um levantamento das grades curriculares do curso de Licenciatura em Física de diferentes instituições, sendo elas: UFOP (Universidade Federal de Ouro Preto), IFMG – OP (Instituto Federal Minas Gerais – Campus Ouro Preto), UFV (Universidade Federal de Viçosa), UFMG (Universidade Federal de Minas Gerais), e a USP (Universidade de São Paulo).

Quadro 7: Levantamento de informações da carga horária das disciplinas de Física Experimental em diferentes instituições.

Ano	UFOP 2021	IFMG – OP 2019	UFV 2022	UFMG 2019	USP 2023
1° Período	-	-	-	30h	-
2° Período	60h	30h	60h	30h	60h
3° Período	30h	30h	60h	30h	30h
4° Período	30h	30h	60h	30h	-
5° Período	30h	30h	60h	60h	60h
6° Período	-	30h	60h	60h	60h
7° Período	60h	-	-	60h	-
8° Período	60h	-	-	-	-
Total	270h	150h	300h	300h	210h
CH Total do curso	3230h	3210h	3210h	3255h	3270h
CH obrigatórias	2730h	2890h	3030h	2505h	2430h
Percentual Total	8,36 %	4,67 %	9,34 %	9,22 %	6,42 %
Percentual Obrigatórias	9,90%	5,19%	9,90%	11,98%	8,64%

Fonte: Autora.

Vale lembrar que a proposta deste quadro é trazer uma amostragem sobre a carga horária de diferentes instituições e não tecer qualquer tipo de avaliação sobre as instituições. Neste levantamento, foram escolhidas cinco instituições de ensino que

possuem cursos de licenciatura em Física. Durante a escolha, optou-se por quatro instituições federais do estado de Minas Gerais que se encontram localizadas próximas à UFOP, além da USP por ser a maior e mais antiga universidade contendo um curso na área de Física. Outro aspecto a ser esclarecido é que foram analisadas as cargas horárias de atividades experimentais desenvolvidas para o Ensino Superior, ou seja, disciplinas nas quais os graduandos adentram aos laboratórios didáticos com o intuito de realizar atividades experimentais. Existem ainda, nos cursos de licenciatura, disciplinas voltadas à instrumentação para o ensino de Física, nas quais discute-se, por exemplo, possibilidades e alternativas para a realização de experimentação utilizando materiais de baixo custo e voltadas ao Ensino Médio. A carga horária destas últimas disciplinas não foram contabilizadas.

Diante das informações coletadas observa-se na tabela um dado preocupante em relação a carga horária das disciplinas de Física Experimental. De maneira geral, as instituições avaliadas dedicam cerca de 10% da carga horária em disciplinas de Física experimental em relação ao percentual total das disciplinas do curso. Certamente as variações existentes neste percentual devem estar relacionadas com características locais, tais como: a composição do corpo docente, a infraestrutura disponível, dentre outras. Dentre estas particularidades, uma análise um pouco mais aprofundada permite notar que na USP as disciplinas experimentais são ofertadas como disciplinas eletivas para os cursos de licenciatura¹⁰ e são ofertadas como obrigatórias para os cursos de bacharelado¹¹. Novamente, o intuito deste levantamento é traçar um panorama da composição das grades curriculares, evidenciando o percentual dedicado a disciplinas experimentais, e não se propõe investigar as motivações e particularidades em cada caso.

Portanto, apesar das instituições de ensino apontadas apresentarem disciplinas voltadas a abordagem de conceitos físicos através da experimentação, a notória baixa carga horária, somente cerca de 10% dos créditos obrigatórios presentes na grade curricular dedicam-se a disciplinas de Física Experimental, evidencia um cenário preocupante. Certamente, este déficit em relação a carga horária das disciplinas

¹⁰ Grade curricular do curso de Licenciatura em Física da USP

<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=43&codcur=43031&codhab=1&tipo=N>

¹¹ Grade curricular do curso de Bacharelado em Física da USP

<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=43&codcur=43021&codhab=101&tipo=N>

experimentais em cursos de Licenciatura impactará na formação destes professores e, conseqüentemente, será espelhado na própria prática docente destes, conforme mencionado por Alison e Leite, (2016).

5.2 ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS SEGUNDO A ESCALA DE LIKERT

O desenvolvimento desta pesquisa se deu em duas turmas, sendo nomeadas turma A e turma B. Os participantes da turma A totalizaram 12 estudantes e da turma B totalizaram 17 participantes.

O primeiro constructo buscou compreender a percepção dos estudantes quanto a metodologia adotada e os conteúdos abordados. Para isso, foram utilizados três assertivas, conforme apresentadas nos Gráficos 1 e 2.

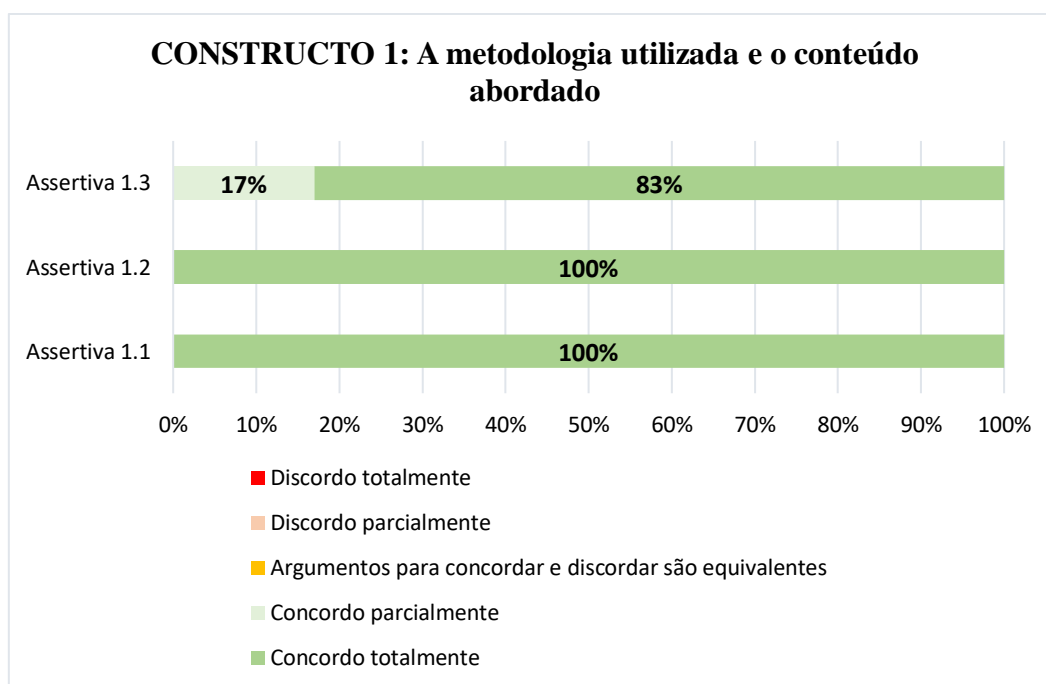
TURMA A

Gráfico 1: Assertivas do constructo 1. Dados referentes a turma A.

Assertiva 1.1: As atividades propostas ajudaram a compreender o conteúdo.

Assertiva 1.2: As atividades incentivaram na construção de seu conhecimento sobre o conteúdo.

Assertiva 1.3: A metodologia utilizada ajudou no desenvolvimento de habilidades de pesquisa.



Fonte: A autora.

Com relação as assertivas 1.1 e 1.2, observa-se que os estudantes participantes da pesquisa e que responderam ao questionário contendo a escala Likert, responderam concordar totalmente que as atividades propostas ajudaram a compreender o conteúdo e

incentivar na construção do conhecimento sobre o conteúdo. Na assertiva 1.3, em que questiona se a metodologia utilizada ajudou no desenvolvimento de habilidades de pesquisa houve uma alteração, 17% dos estudantes concordam parcialmente e 83% concordam totalmente. Desta forma, como os valores encontram-se em graus de concordância positivos, implica-se que o resultado potencializa a importância da relação entre a metodologia utilizada e o conteúdo abordado o que pode favorecer a compreensão dos estudantes.

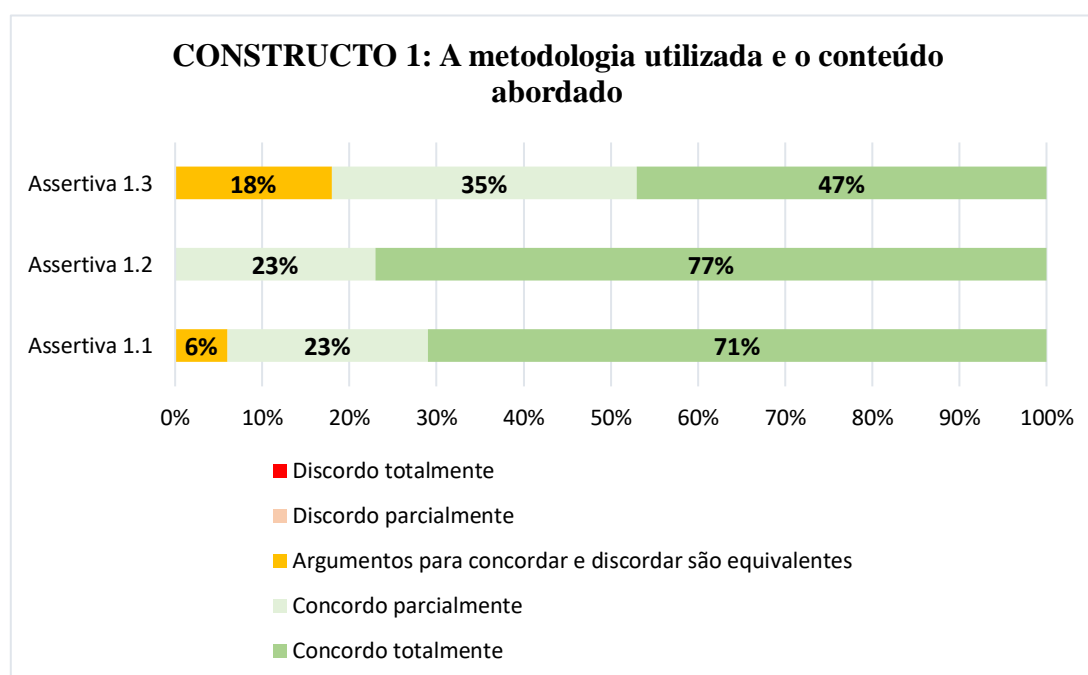
TURMA B

Gráfico 2: Assertivas do constructo 1. Dados referentes a turma B.

Assertiva 1.1: As atividades propostas ajudaram a compreender o conteúdo.

Assertiva 1.2: As atividades incentivaram na construção de seu conhecimento sobre o conteúdo.

Assertiva 1.3: A metodologia utilizada ajudou no desenvolvimento de habilidades de pesquisa.



Fonte: A autora.

De acordo com os dados constatados no gráfico, observa-se que nesta turma houve um pouco mais de resistência em relação a abordagem utilizada. Nas assertivas 1.1 e 1.3 tiveram participantes que se mostraram indiferentes. Entretanto, quando somado os graus de concordância é atingido um percentual com valores maiores de 70%, demonstrando a eficácia da abordagem investigativa para compreensão do conteúdo abordado.

Assim, os resultados presentes nos Gráficos 1 e 2 apontam que a abordagem utilizada contribui positivamente na compreensão dos alunos acerca do conteúdo de

mecânica dos fluidos e aerodinâmica, além de incentivar na construção do conhecimento e ajudar no desenvolvimento de habilidades e técnicas.

O segundo constructo tratou sobre o interesse dos discentes pela aula, em particular gerado pelo impacto da metodologia utilizada. Neste caso também foram utilizados três assertivas, conforme apresentado nos Gráficos 3 e 4.

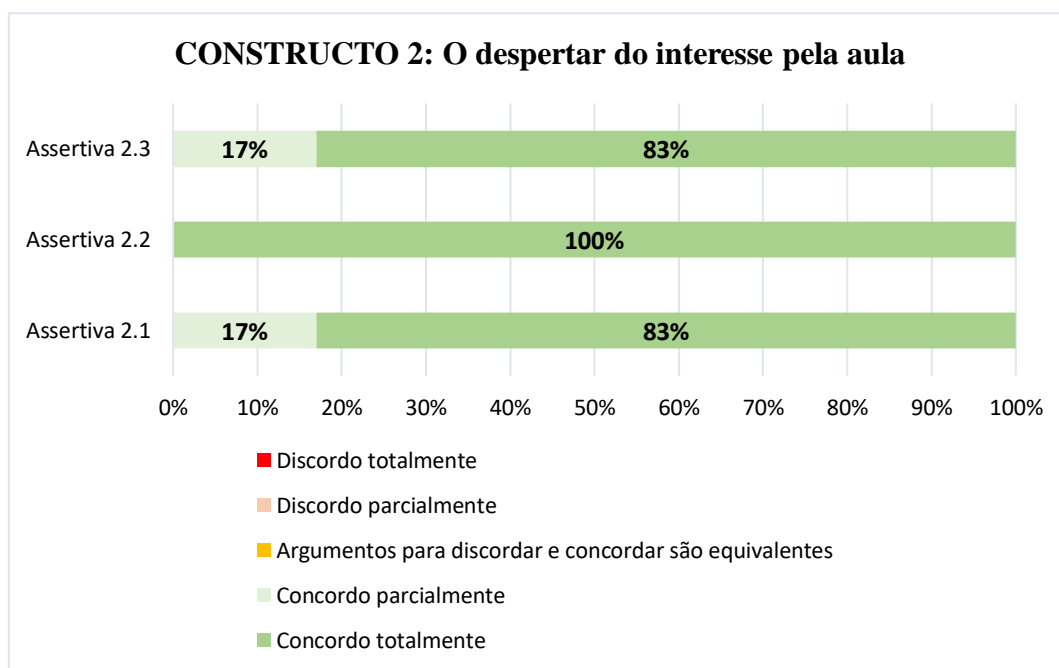
TURMA A

Gráfico 3: Assertivas do constructo 2. Dados referentes a turma A.

Assertiva 2.1: O modo como a aula foi desenvolvida despertou o seu interesse sobre o assunto.

Assertiva 2.2: O tipo de abordagem feito torna a aula menos cansativa.

Assertiva 2.3: Aulas ministradas desta maneira ajudam a identificar os fenômenos físicos presentes em seu cotidiano.



Fonte: A autora.

Na assertivas 2.1 e 2.2 deste constructo, buscou compreender se o modo como a aula foi desenvolvida despertou o interesse e motivação sobre o assunto. Na assertiva 2.1, 17% das respostas apontam concordância parcial, enquanto 83% concordam totalmente, evidenciando a perspectiva positiva dos estudantes sobre o interesse aguçado pela abordagem investigativa. Na assertiva 2.2, todos concordam que a metodologia empregada traz um dinamismo para a aula que agrada aos estudantes. Já na assertiva 2.3, que trata sobre a identificação de fenômenos e conceitos físicos, a maioria dos estudantes concorda totalmente (83%) enquanto alguns (17%) concordam parcialmente que ao combinar abordagem investigativa com as interações entre os colegas, instrumentação e recursos de ensino, potencializa a identificação dos fenômenos tratados.

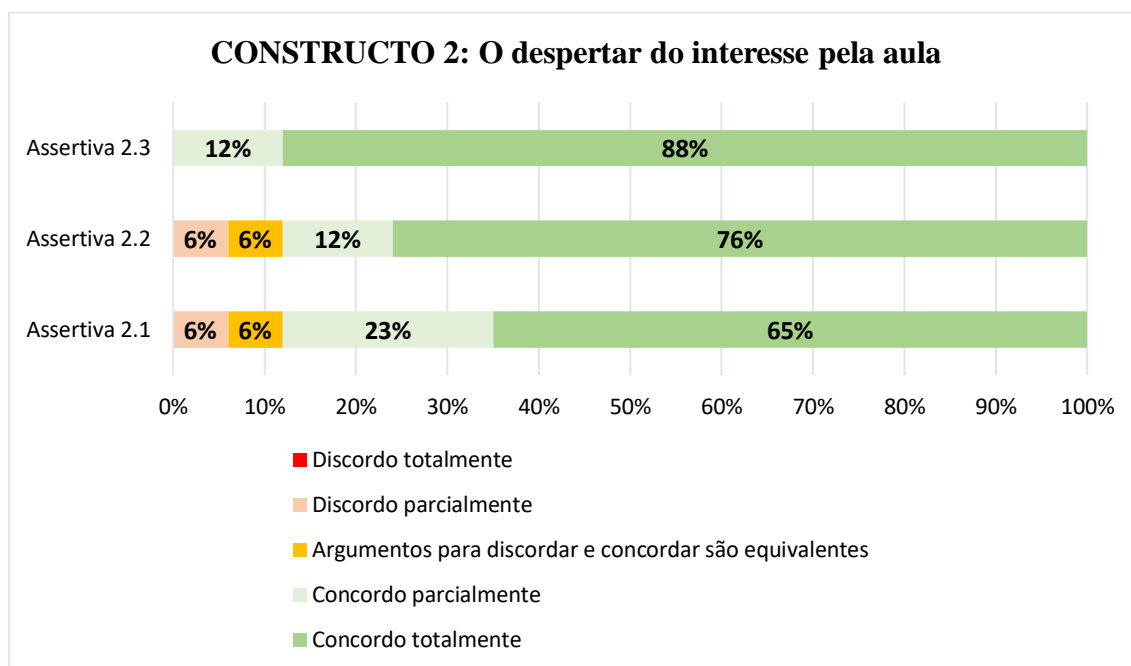
TURMA B

Gráfico 4: Assertivas do constructo 2. Dados referentes a turma B.

Assertiva 2.1: O modo como a aula foi desenvolvida despertou o seu interesse sobre o assunto.

Assertiva 2.2: O tipo de abordagem feito torna a aula menos cansativa.

Assertiva 2.3: Aulas ministradas desta maneira ajudam a identificar os fenômenos físicos presentes em seu cotidiano.



Fonte: A autora.

Na turma B no que lhe concerne, tiveram porcentagens de assertivas negativas. 6% dos estudantes apontaram discordar parcialmente que o modo como a aula foi desenvolvida ajudou a despertar seu interesse e que esse método torna a aula menos cansativa. Embora seja um percentual reduzido, espera-se que as possíveis justificativas para tais respostas revelem-se na etapa referente a análise de conteúdo. Por outro lado, mais de 80% dos estudantes concordam que a abordagem utilizada ajuda a despertar o interesse e torna a aula menos cansativa. E 100% dos estudantes concordam que a abordagem ajuda a identificar os fenômenos físicos presentes em seu cotidiano. De maneira geral, há concordância nos resultados obtidos em ambas turmas.

Desta forma, como os valores das duas turmas encontram-se em graus de concordância positivos, implica-se que o resultado potencializa que atividades elaboradas desta forma favorecem o despertar pelo interesse dos estudantes. Além disso, torna as aulas menos cansativas e ajuda na compreensão sobre os fenômenos físicos presentes no cotidiano dos estudantes.

O terceiro constructo buscou compreender a relação da metodologia adotada com o desempenho dos alunos. Entretanto, nele colocaram-se algumas assertivas negativas a fim de se identificar se os estudantes realmente compreenderam a proposta do questionário. A análise se encontra nos Gráficos 4 e 5.

TURMA A

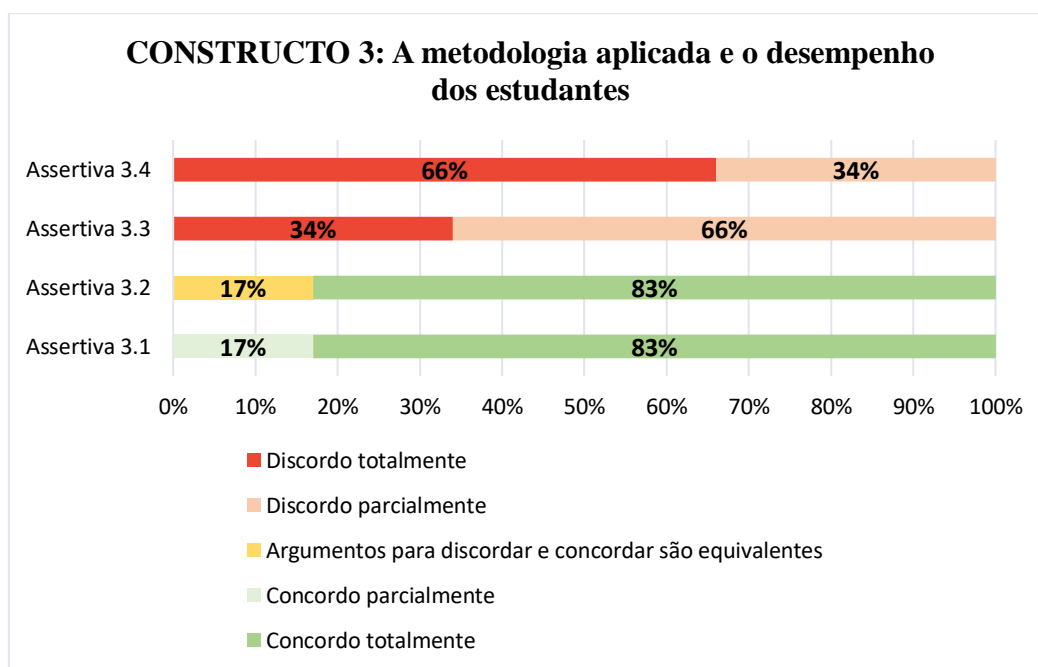
Gráfico 5: Assertivas do constructo 3. Dados referentes a turma A.

Assertiva 3.1: Atividades desenvolvidas desta forma ajudam a assimilar os conceitos.

Assertiva 3.2: A metodologia ajuda a explicar melhor os conceitos físicos envolvidos.

Assertiva 3.3: A metodologia utilizada é cansativa.

Assertiva 3.4: Aulas ministradas desta forma dificultam a sua compreensão dos conteúdos estudados.



Fonte: A autora.

Diferentemente dos constructos anteriores, este contou com a presença de uma assertiva negativa a fim de se validar o questionário e verificar se os estudantes compreenderam a ferramenta. Na assertiva 3.1 e 3.2, buscou compreender se o modo como se desenvolveram as atividades ajudou os estudantes a assimilar os conceitos e se a metodologia ajuda a explicar melhor os conceitos envolvidos. Na primeira, 83% disseram concordar totalmente e 17% concordaram parcialmente. Na segunda assertiva deste constructo, 83% concordaram totalmente com a afirmativa e 17% responderam que seus argumentos para discordar e concordar são equivalentes, ou seja, indiferente. Já as assertivas 3.3 e 3.4 contradiziam as assertivas 2.2 e 2.3 para verificar se os estudantes

compreenderam a proposta do questionário. Desta forma, como a maior porcentagem das assertivas 3.1 e 3.2 encontram-se em graus de concordância positivos, implica-se que a utilização do ensino de Ciências por Investigação como metodologia de ensino ajuda os estudantes a assimilarem os conceitos e fenômenos envolvidos. Já com os dados das assertivas 3.3 em que questiona se a metodologia é cansativa, 34% discordam totalmente e 66% discordam parcialmente. Na assertiva 3.4, 66% discordam totalmente e 34% discordam parcialmente que esta metodologia dificulta a compreensão dos conceitos. Desta forma, por se tratar de graus de concordância negativos e por uma porcentagem considerável da turma marcarem a mesma opção, os resultados indicam que os estudantes compreenderam a proposta do questionário.

TURMA B

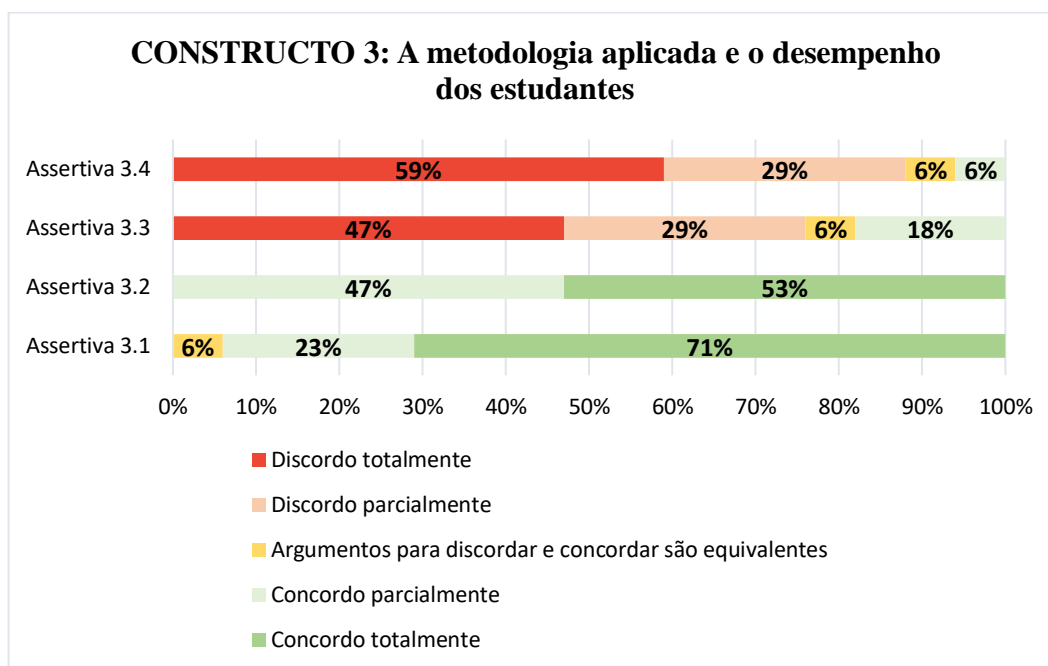
Gráfico 6: Assertivas do constructo 3. Dados referentes a turma B.

Assertiva 3.1: Atividades desenvolvidas desta forma ajudam a assimilar os conceitos.

Assertiva 3.2: A metodologia ajuda a explicar melhor os conceitos físicos envolvidos.

Assertiva 3.3: A metodologia utilizada é cansativa.

Assertiva 3.4: Aulas ministradas desta forma dificultam a sua compreensão dos conteúdos estudados.



Fonte: A autora.

Na turma B, ao responderem as assertivas 3.1 e 3.2 atingiu-se porcentagens superiores a 84%. Com isso, implica-se que grande parte dos participantes concordam que a abordagem investigativa ajuda a assimilar os conceitos e a explicar os conceitos físicos. Já nas assertivas 3.3 e 3.4 cujo intuito foi validar o questionário, observa-se que

76% dos estudantes responderam com concordâncias negativas, ou seja, compreenderam a proposta do questionário. Entretanto, assim como apontam os constructos anteriores, mensurados na Turma B, tiveram estudantes que demonstraram apresentar dificuldades para se adequarem a abordagem investigativa. Espera-se que as etapas seguintes desta análise contribuam para evidenciar possíveis justificativas à presença destes resultados.

De modo geral, conforme os dados apresentados nos gráficos dos constructos, percebe-se que abordagens como o ensino por investigação como ferramenta de metodologia ativa permitem aos estudantes atuarem de modo autônomo em seu processo de aprendizagem. Permitem também o desenvolvimento de habilidades de investigação, interação, compreensão, levantamento de hipóteses e questionamento.

No quarto constructo do questionário foram colocadas questões abertas a fim de se captar o *feedback* dos estudantes quanto ao desenvolvimento das atividades. Os resultados desta etapa se encontram na seção 5.3 Análise de conteúdo segundo Bardin.

5.3 ANÁLISE DE CONTEÚDO SEGUNDO BARDIN

Nesta etapa foram analisadas as questões dissertativas do questionário, as transcrições de áudio, transcrições de produções escritas e anotações do caderno de campo. Estes dados foram analisados mediante a metodologia de Análise de conteúdo que culmina com a definição de categorias e a identificação de elementos pertencentes a estas categorias. Deste modo, foram inicialmente definidas categorias contendo questões pertinentes para a compreensão (Quadro 8).

Quadro 8: Categorias utilizadas na Análise de conteúdo.

Categorias	Questões pertinentes
1- Identificação dos conceitos	Houve a apropriação de conceitos científicos? E a identificação da problematização ou contextualização?
2- Engajamento e motivação	Ao longo das intervenções o estudante se mostrou engajado? E motivado?
3- Investigação	Houve momento de investigação por meio da exploração, levantamento de hipóteses e testes?
4- Interação	O estudante interagiu com o grupo? Com a instrumentação? Com a metodologia? E com o professor?
5- Satisfação	O discente demonstrou estar satisfeito com a abordagem utilizada?
6- Memória afetiva	Em algum momento houve a presença da memória afetiva?
7- Proatividade	O discente propôs algo diferente da proposta adotada?

Fonte: A autora.

A escolha dessas categorias está em concordância com os elementos presentes na SEI (Fluxograma 2) e questões pertinentes na busca pela compreensão sobre os sentimentos e a percepção dos estudantes em relação à abordagem utilizada.

A categoria 1: Identificação dos conceitos, busca apontar se o estudante compreendeu os conceitos científicos e apropriou-se deles. Além disso, nessa categoria também será apontado a identificação de questões da problematização e contextualização. Essa categoria se relaciona com o elemento 1: Presença de problematização e contextualização e elemento 4: Promover o desenvolvimento do pensamento organizado de acordo com o método científico da elaboração da SEI.

A categoria 2: Engajamento e motivação, têm como propósito denotar se ao longo das atividades propostas nas intervenções os discentes estiveram engajados e motivados. Vislumbra-se avaliar se a imersão possível em uma atividade investigativa se relaciona com a motivação ou se há situações nas quais os estudantes desenvolvem as atividades meramente de forma burocrática. Essa categoria se relaciona com o elemento 3: Promover momentos de reflexão e esclarecimento de dúvidas da elaboração da SEI.

A categoria 3: Investigação, busca compreender se houve momentos de investigação por meio da exploração individual ou em grupo, levantamento de hipóteses e testes feitos pelos estudantes. Essa categoria se relaciona com o elemento 5: Promover a exploração e investigação utilizando a experimentação sempre guiada por questões e situações problemas da SEI.

A categoria 4: Interação, analisa as relações dos estudantes com os pares, com o grupo, com a instrumentação, com a metodologia adotada e com o professor. Essa categoria se relaciona com o elemento 2: Promover a interação entre os estudantes (debates) da elaboração da SEI.

A categoria 5: Satisfação, busca extrair sentimentos, emoções e informações relevantes apontadas pelos estudantes acerca da abordagem utilizada. Nessa categoria foram extraídos alguns pontos positivos e negativos da abordagem investigativa na perspectiva dos estudantes.

A categoria 6: Memória afetiva, aponta se em algum momento das intervenções desenvolvidas houve no estudante o despertar de sua memória afetiva, quando lembrado de algum episódio de sua vida relacionado ao tema abordado.

A categoria 7: Proatividade, expressa se o estudante foi propositivo, ou seja, se em algum momento da abordagem investigativa ele propôs algo diferente do proposto/planejado.

De modo geral, o objetivo dessas categorias é compreender e analisar a percepção dos estudantes em relação à abordagem investigativa e de que modo essa abordagem contribuiu em seu aprendizado. O material coletado foi analisado e distribuído conforme a identificação da presença dos elementos das questões pertinentes nas categorias. Para identificação dos participantes da pesquisa, os estudantes da turma A foram nomeados com a sigla “E_A” e os estudantes da turma B com a sigla “E_B” acompanhados de um número de identificação. Quando divididos em grupos, os referentes a turma A serão nomeados como Grupo A1, A2 e A3 e referentes a turma B: Grupo B1, B2 e B3. Já a professora será identificada como “P”.

Como auxílio para a identificação das categorias pertencentes, foram grifadas palavras-chave que demonstram o pertencimento das transcrições nas categorias colocadas. Os resultados dessa análise se encontram na sequência.

Análise da categoria 1: Identificação dos conceitos

Conforme as anotações feitas no caderno de campo durante as discussões sobre as dificuldades enfrentadas por Santos Dumont para decolar (leitura do texto utilizado na Intervenção 1: Despertando a curiosidade), os discentes da Turma A identificaram como dificuldades: o local de posicionamento da asa do avião, o formato da asa e problemas relacionados a decolagem. Já na Turma B os estudantes também responderam à posição da asa, porém identificaram outros fatores como a posição do piloto na cabine do avião, o trem de pouso, o equilíbrio do voo e a estabilidade do avião. Com essas informações observa-se que após a leitura do texto houve uma maior compreensão sobre a importância do formato da asa e seu posicionamento, além da identificação de fenômenos físicos responsáveis por influenciar na estabilidade do voo. Essas informações foram importantes para o desenvolvimento das intervenções seguintes.

As anotações do caderno de campo também geraram dados observados durante a Intervenção 2: Problematização, nos quais os discentes buscaram argumentos para justificar o fenômeno observado.

Na turma A tiveram como posicionamento o fato de o equilíbrio vertical ocorrer devido à ação do fluido sobre o objeto que se opunha à força peso. Posteriormente, nomearam esta ação como arrasto. Neste ponto, o estudante E_{A5} concluiu que o arrasto e a força peso estavam em equilíbrio estático. A fim de completar essa conclusão, o estudante E_{A4} mencionou que o movimento do fluido ao redor da esfera cria um “vácuo” atrás da esfera e que ali é uma região de baixa pressão. Além disso, foi comentado por esse estudante a existência de uma diferença de pressão conforme o formato do objeto, sendo que o formato da gota apresenta maior facilidade para mover-se no ar. O estudante E_{A7} também participou na discussão com os demais colegas e mencionou a equação de Bernoulli tentando apontar a relação entre a pressão e a velocidade, entretanto, nesse momento não foi possível concluir suas observações.

As discussões da turma A apontam a existência de uma percepção consensual sobre o que ocorre com as forças na vertical. Além disso, existe também a percepção da relação entre a velocidade e a pressão no fenômeno observado, mesmo que de modo inconclusivo. Outras observações feitas nessa turma foram a identificação da forma geométrica mais aerodinâmica e a nomeação correta da força de arrasto da bolinha.

Na turma B, em um primeiro momento houve a identificação das forças na vertical. O estudante E_{B4} apontou a existência do empuxo na direção vertical apontando para cima e a força peso na direção vertical apontando para baixo. Já o estudante E_{B6} tentou relacionar o fluxo de ar com a altura, afirmando que estas são proporcionais. Posteriormente, o estudante E_{B12} notou a presença de uma instabilidade na bolinha e sugeriu que a instabilidade se devia ao fluxo estável e o fluxo instável. Com as discussões geradas ao longo dessa intervenção, a estudante E_{B3} mencionou o termo força de sustentação como a responsável pela bolinha estar em equilíbrio com o peso (equilíbrio vertical).

As discussões da turma B apontam que apesar dos estudantes conseguirem identificar as forças na vertical, ainda confundiam um pouco a situação da bolinha com a do avião. Em um avião, a força de sustentação se encontra em equilíbrio com o peso perpendicular ao fluxo, entretanto, na bolinha a força de arrasto que se encontra em equilíbrio com o peso na direção do fluxo. A sustentação, nesse caso, será a força responsável por aprisionar a bolinha no fluxo de ar. Outro apontamento dos estudantes

foi o fato do fluxo ser estável (laminar) e instável (turbulento). Houve a percepção da diferença do fluxo em diferentes pontos da bolinha.

De modo geral, as anotações do caderno de campo permitiram observar a importância da contextualização e da problematização para auxiliar na busca pela identificação dos conceitos científicos. Em ambas as turmas foram levantados pelos estudantes pontos importantes que nortearam as demais discussões.

O quadro a seguir contém recortes das respostas (material escrito) dadas pelos estudantes na questão 1 da etapa Problematização: Questões norteadoras, etapa individual. Os estudantes responderam a essas questões ao final da intervenção 2 (Problematização).

Quadro 9: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 1 da etapa Problematização: Questões Norteadoras - **atividade individual**.

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>1- Qual a relação do texto lido com a problematização?</p> <p>EA7: A asa do avião está submetida a forças parecidas com a da bolinha.</p> <p>EA8: O texto exprime como a mudança no sentido (contrário ou a favor do vento) de decolagem afeta o comportamento e duração do voo. A problematização, e justamente em porque a mudança desta direção, entre outros parâmetros, altera a durabilidade e comportamento do voo.</p> <p>EA10: O texto lido trata do caminho percorrido por Santos Dumont para conseguir fazer um avião voar. Para que isso ocorresse foi preciso que ele utilizasse de propriedades e conceitos físicos, como o da aerodinâmica.</p> <p>EB8: No texto trata dos problemas, das dificuldades acerca dos primeiros aviões para voar e vimos na problematização, como o fluxo de ar afeta uma estabilidade no “vôo” da bola.</p> <p>EB10: Assim como o avião permanece no ar através do auxílio de um fluxo de ar, a bolinha também se sustenta suspensa no ar. Tanto o avião quanto a bolinha estão suspensos no ar</p> <p>EB12: O texto fala do avião 14 bis e da sua criação, aviões são construídos através de conceitos da aerodinâmica, que é o tema do experimento.</p> <p>EB14: Quando o Santos Dumont levantou voo com o 14 BIS, ficando 240 metros no ar, ele voo contra o sentido do vento. No experimento, a bolinha manteve-se no ar contra o fluxo de ar, semelhante ao 14-BIS.</p>	<p>Questão respondida pelos estudantes ao final do desenvolvimento da Intervenção 2 (Problematização)</p>

Fonte: A autora.

Quando perguntado aos estudantes se conseguiam relacionar a problematização com o texto lido, nota-se a identificação de conceitos científicos e da problematização/contextualização. O uso de palavras como “a asa do avião”, “avião”, “voo”, “bolinha”, “bola” expressam que os estudantes conseguiram relacionar a problematização com o texto. Já o uso de palavras como: “forças”, “fluxo de ar”, “sentido”, “direção”, “aerodinâmica”, “estabilidade” e “sustenta” expressam que os estudantes buscaram apropriar-se de conceitos científicos encontrados ao longo da leitura do texto e de seus conhecimentos prévios para responder à questão dada. Os estudantes EA10, EB12 e EB14 buscaram informações contidas no texto para justificar suas respostas. O estudante EB8, por sua vez aponta elementos no texto que puderam ser compreendidos ao serem vistos na problematização. Demonstrando a importância da problematização e da contextualização como auxílio para a identificação e apropriação de conceitos científicos.

O Quadro 10 contém respostas dadas pelos grupos na questão 1 da problematização.

Quadro 10: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 1 da etapa Problematização: Questões Norteadoras - **atividade em grupo**

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>1- Qual a relação do texto lido com a problematização?</p> <p style="text-align: center;">TURMA A</p> <p>Grupo A1: EA6, EA10: Em ambos os casos é possível identificar a atuação dos mesmos fenômenos. A atuação das forças peso e arrasto, o fluxo de ar e a ação da pressão que se forma abaixo do corpo.</p> <p>Grupo A2: EA2, EA4, EA9: Em ambos os casos, o fluxo de ar é responsável pela sustentação.</p> <p>Grupo A3: EA3, EA7, EA8: Percebemos que as forças atuantes tanto no avião voando quanto na bolinha flutuando são as mesmas.</p> <p style="text-align: center;">TURMA B</p> <p>Grupo B2: EB2 EB3, EB6, EB12, EB15: Os dois tratam de um objeto em um fluxo de ar e esse fluxo serve para manter o objeto sustentado</p> <p>Grupo B3: EB1, EB7, EB8, EB9, EB13: Ambos tratam a aerodinâmica e trata o vento como fluido.</p>	<p>Questão respondida pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da Intervenção 3 (Discussão em grupo)</p>

Fonte: A autora.

Conforme observado, as respostas dadas pelos grupos são mais diretas e demonstram a compreensão da relação entre a problematização e o texto lido. Além disso, existe a identificação da importância do fluido para o fenômeno observado e dos conceitos da aerodinâmica para explicar a respeito.

Em ambos os quadros, tanto para respostas individuais quanto em grupo, existem respostas elaboradas e que visam apontar hipóteses e explicações mais sólidas que contrastam com respostas diretas e pouco elaboradas. Não foi possível notar, de forma destacada, se as respostas em grupo possuem um maior grau de elaboração e precisão, visto que foram geradas após discussões entre colegas. Apesar disto, é possível apontar exemplos que sugerem tal aprimoramento no entendimento dos conceitos e temas após a interação em grupo. Por exemplo, ao se comparar as respostas do estudante E_{A10}, individual (Quadro 9) e em grupo (Quadro 10), nota-se que são respostas elaboradas. Contudo, a resposta individual é bastante generalista, aponta elementos do texto e faz menção a aerodinâmica, sendo que esta é uma grande área de estudo que engloba vários fenômenos e conceitos. Por outro lado, a resposta em grupo, formulada após discussão e que deve expressar o entendimento coletivo, contém elementos mais precisos. Forças são nominalmente citadas, menciona-se a relação entre a força de arrasto e força peso que estão (aproximadamente) em equilíbrio estático na situação explorada. Há elementos que indicam o entendimento sobre a origem da força de arrasto, visto que a resposta do grupo menciona que há relação entre o arrasto e a pressão que se forma abaixo do corpo (bolinha). Do ponto de vista físico, ainda há inconsistência na resposta que não aborda a sustentação, mas certamente a resposta elaborada após a discussão é mais profunda e precisa do que a relatada individualmente por um dos estudantes.

O Quadro 11 contém recortes das respostas dadas pelos estudantes na questão 2 da etapa Problematização: Questões norteadoras, etapa individual. Os estudantes responderam a essas questões ao final da intervenção 2 (Problematização).

Quadro 11: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 2 da etapa Problematização
Questões Norteadoras – **atividade individual**

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>2- Qual das situações a seguir favorece que o avião fique suspenso no ar: voando a favor ou contrário ao sentido do vento? Justifique sua resposta.</p> <p>EA4: Contrário ao vento, pois o leme do avião irá deslocar a corrente de ar para baixo gerando assim uma maior força de sustentação visto que a corrente de ar esta no sentido contrario.</p> <p>EA6: Contrário, porque assim ele receberá um fluxo constante de ar que será muito mais forte que no mesmo sentido, ainda que nesse caso a resistência possa causar, por exemplo, um gasto maior de combustível.</p> <p>EA7: Voando contra o ar, pois quanto maior a velocidade do fluido numa superfície, menor é a pressão nela, por isso a pressão do ar é menor em cima da asa.</p> <p>EA9: Ao contrário, pois assim o vento favorece a suspensão do avião aumentando a força de arrasto.</p> <p>EA10: Contrário, pois haverá a força de arrasto atuando sob às asas do avião que irá permitir que ele se movimente e esta força se dá em sentido oposto ao do movimento.</p> <p>EB3: Ao contrário. Cria uma força de sustentação que mantém o avião em equilíbrio no ar sem cair</p> <p>EB4: voar ao contrário do sentido do vento favorece que o avião fique suspenso no ar pois o fluxo de ar que passa pelo avião é maior quando ele voa no sentido contrário ao vento.</p> <p>EB5: Voando ao contrario ao sentido do vento, pois vetorialmente a força no sentido horizontal, devido a inclinação do avião surge uma componente vertical que junto de outra força vertical para cima, devido ao formato das asas o mantem no ar.</p> <p>EB6: Ao contrário do vento, pois o vento vai criar uma sustentação na asa do avião permitindo que ele fique mais tempo no ar.</p> <p>EB7: Contrário ao sentido do vento. Pois segundo o texto e os dados contidos nele, Santos Dumont atingiu a maior altura quando foi contrário ao vento.</p> <p style="text-align: center;">Resposta diferente das demais</p> <p>EB11: A favor do sentido do vento pois os aviões seguem o fluxo de ar.</p>	<p>Questão respondida pelos estudantes ao final do desenvolvimento da Intervenção 2 (Problematização). Atividade em grupo</p>

Fonte: A autora.

A questão 2 traz como problema o avião ser favorecido voando a favor ou contrário ao sentido do vento. Esperava-se que os estudantes que compreenderam a questão respondessem o avião voar contrário ao sentido do vento e em seguida justificassem suas respostas. Por mais que os discentes responderam adequadamente, encontraram dificuldades para justificar.

Na busca pela compreensão e elaboração de uma resposta plausível, o estudante E_{A6} mencionou que a “resistência” pode causar um gasto maior de combustível no avião. Com isso, nota-se a identificação do conceito da força de arrasto e de seus efeitos durante o voo. O estudante E_{A7} por sua vez, conseguiu identificar a relação da pressão com a velocidade (grandezas inversamente proporcionais), além de identificar que a pressão na parte de cima do avião será menor. O estudante E_{B5} mencionou a importância do formato da asa do avião e da inclinação para que seja possível um avião levantar voo. Este mesmo estudante menciona a decomposição vetorial das forças atuantes e menciona a componente vertical como responsável pela sustentação, força de sustentação. Esses estudantes levantaram pontos muito importante para a compreensão do conteúdo e que nortearam as discussões. Portanto, houve a cooperação na construção de argumentos científicos.

Com base nas respostas dadas pelos demais estudantes, é provável que a compreensão tenha surgido a partir da leitura do texto, mas, ainda apresentaram dificuldades para justificar, como demonstrado pelo estudante E_{B7} ao buscar apoio científico do texto para elaborar sua resposta. Outro ponto culminante é a busca pela apropriação de termos científicos mesmo que de maneira incompleta, como “força de sustentação”, “força de arrasto”, “equilíbrio”, “corrente de ar”. De modo geral, para que os estudantes buscassem algum conhecimento a fim de justificar as questões, o texto e a problematização se mostraram eficientes ferramentas de contextualização. Entretanto, mesmo com o auxílio do texto houve um estudante com dificuldade na compreensão do fenômeno. O estudante E_{B11} demonstra isso em sua resposta a questão 2, conforme apresentado no Quadro 11. A fim de compreender a interpretação do estudante E_{B11}, pode se levantar os seguintes pontos: 1) Sobre a percepção do estudante que afirma ser favorável ao avião voar a favor do vento. Esta afirmação existe no texto de problematização, ou seja, é possível que o avião voe a favor do vento e o estudante pode ter considerado que nesta orientação o avião receberá algum tipo de impulso devido ao fluxo favorável. Porém, o próprio texto aponta que resultados melhores foram alcançados

com a orientação do avião contrária ao vento, há a possibilidade do estudante não ter se atentado a esta informação no texto; 2) apesar da sua interpretação imprecisa, é notória a presença e manifestação do senso comum ou conhecimento ingênuo que, por se constituir como referência básica e fundamental para a construção do conhecimento científico (BACHELARD, 1996), não deve ser desprezado.

O Quadro 12 contém as respostas dadas pelos grupos na questão 2 da problematização:

Quadro 12: Recorte das respostas dadas pelos grupos de estudantes na questão 2 da etapa Problematização Questões Norteadoras – **atividade em grupo**

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>2- Qual das situações a seguir favorece que o avião fique suspenso no ar: voando a favor ou contrário ao sentido do vento? Justifique sua resposta.</p> <p style="text-align: center;">TURMA A</p> <p>Grupo A1: EA6, EA10: Voar contra o vento favorece mais para que o avião permaneça suspenso no ar, porque o fluxo de ar atuando contra as asas faz com que se forme a área de pressão abaixo delas.</p> <p>Grupo A2: EA2, EA4, EA9: Contra o vento, pois neste sentido a sustentação é maior. Dessa forma o fluxo de ar na asa do avião é maior.</p> <p>Grupo A3: EA3, EA7, EA8: Contra, pelo efeito Bernoulli.</p> <p style="text-align: center;">TURMA B</p> <p>Grupo B1: EB4, EB5, EB10, EB11, EB14: Contrário ao sentido do vento. No referencial do avião, o fluxo de ar é maior quando se move na direção contrária ao vento.</p> <p>Grupo B2: EB2, EB3, EB6, EB12, EB15: Ao contrário ao sentido do vento. Isso irá causar um fluxo laminar na asa, o que sustentará no ar.</p> <p>Grupo B3: EB1, EB7, EB8, EB9, EB13: Por experimentação Dumont comprovou que ao contrário do vento ele conseguiu maior altitude, fluxo laminar.</p>	<p>Questão respondida pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da Intervenção 3 (Discussão em grupo)</p>

Fonte: A autora.

Ao responderem à questão em grupo, nota-se que o Grupo A1 menciona a pressão abaixo da asa do avião. O Grupo A3 por sua vez menciona a relação da pressão com a velocidade que é encontrado na Equação de Bernoulli, mas não descreve nada a respeito.

Já o Grupo B3 busca elementos do texto para justificar a questão dada. Com isso, nota-se a identificação dos efeitos da pressão e da velocidade sobre as asas do avião e a relação desses elementos na aerodinâmica. Todavia ainda há dificuldades na elaboração mais aprofundada das justificativas.

No Quadro 13 estão os recortes das respostas dadas pelos estudantes na questão 3 da etapa Problematização: Questões norteadoras, etapa individual.

Quadro 13: Recorte da resposta dada por um estudante na questão 3 da etapa Problematização Questões Norteadoras – atividade individual

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>3- Você consegue identificar algum fenômeno físico presente nessa abordagem? Qual(is)?</p> <p>E_{A1}: Sim. Equilíbrio estático, força de arrasto e princípio de Bernolli</p> <p>E_{A3}: Arrasto e atrito. Com um fluxo constante de ar a bolinha fica presa, pois o fluxo de ar contorna a bolinha se torna mais intensa na lateral oferecendo uma resistência para o movimento da bolinha na horizontal.</p> <p>E_{A7}: Princípio de Bernoulli</p> <p>E_{A10}: Força de arrasto, equilíbrio estático</p> <p>E_{B3}: Fluxo turbulento, Força de sustentação, torque, Força peso, Gravidade.</p> <p>E_{B4}: sim, o fluxo turbulento do ar, a força de sustentação e a força peso, além disso o equilíbrio estável da bolinha, além disso temos a força que mantém o equilíbrio estável da bolinha</p> <p>E_{B7}: A força do fluxo de ar vencendo a força de gravidade permitindo que a bola fique suspensa</p> <p>E_{B9}: sim, o fluxo de ar que atua sob a bola de isopor “anulando” a força da gravidade fazendo a bola ficar suspensa</p> <p>E_{B10}: Fluxo de ar, força de atrito, força peso, fluxo turbulento, centro de massa.</p> <p>E_{B11}: Força do fluxo de ar, Força de sustentação, torque.</p> <p>E_{B12}: Fluxo laminar, fluxo turbulento, equilíbrio de forças e força de sustentação.</p> <p>E_{B13}: fluxo turbulento, laminar, força do fluxo de ar</p> <p>E_{B14}: Empuxo, gravidade</p>	<p>Questões respondidas pelos estudantes logo após o desenvolvimento da intervenção 2 (Problematização)</p>

	EB15: Força de sustentação, força peso, fluxo turbulento, equilíbrio	
--	---	--

Fonte: A autora.

Esta questão analisou se os estudantes conseguiram identificar os fenômenos físicos presentes na abordagem. Com base nas respostas dadas nota-se por meio do uso de palavras como “força de arrasto”, “Princípio de Bernoulli”, “força de sustentação”, “gravidade”, “fluxo turbulento”, “laminar” e “a bolinha fica presa” a busca pela apropriação dos conceitos científicos. O estudante E_{A3} mencionou o aprisionamento da bolinha na lateral, mas ainda assim não identificou que o fenômeno ocorria devido a força de sustentação. De modo geral, as observações dos participantes condiziam com o senso comum e com os conhecimentos prévios destes. Os termos “gravidade”, “peso”, “centro de massa”, “equilíbrio estável” e “torque” demonstram a busca por conceitos já estudados em etapas anteriores para justificar o fenômeno observado.

O Quadro 14 contém as respostas dadas pelos grupos na questão 3 da problematização:

Quadro 14: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 3 da etapa Problematização Questões Norteadoras – **atividade em grupo**

Categoria	Recortes	Momento
1- Identificação dos conceitos científicos	<p style="text-align: center;">3- Você consegue identificar algum fenômeno físico presente nessa abordagem? Qual(is)?</p> <p style="text-align: center;">TURMA A</p> <p>Grupo 1: E_{A6}, E_{A10}: Fluxo laminar e turbulento; efeito coanda; forças de arrasto; peso; pressão; velocidade do fluxo de ar.</p> <p>Grupo 2: E_{A2}, E_{A4}, E_{A9}: Peso, arrasto, atrito, pressão, tração.</p> <p>Grupo 3: E_{A3}, E_{A7}, E_{A8}: Bernoulli, empuxo, centro de massa, força de atrito, força peso, pressão, efeito coanda.</p> <p style="text-align: center;">TURMA B</p> <p>Grupo 1: E_{B4}, E_{B5}, E_{B10}, E_{B11}, E_{B14}: Força peso, centro de massa, força de empuxo, fluxo de turbulência.</p> <p>Grupo 2: E_{B2}, E_{B3}, E_{B6}, E_{B12}, E_{B15}: Força de sustentação, torque, peso, escoamento laminar e turbulento, movimento oscilatório, força de arrasto.</p>	<p style="text-align: center;">Questão respondida pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da Intervenção 3 (Discussão em grupo)</p>

	Grupo 3: EB1, EB7, EB8, EB9, EB13: Fluxos laminar e turbulento, força peso, força de sustentação, movimento oscilatório.	
--	---	--

Fonte: A autora.

As respostas dadas pelos grupos demonstram a identificação de fenômenos físicos presentes na aerodinâmica, como: a força de arrasto, força de sustentação, pressão, velocidade, e a relação da pressão e da velocidade por meio da equação de Bernoulli. Além disso, nesse momento os grupos observaram a diferença do fluxo laminar e do fluxo turbulento de modo que os possibilitaram distinguir tais fluxos. Há ainda a menção a conceitos não mencionados nas respostas individuais. Como exemplo, dois grupos mencionam o “efeito coanda”. De fato, a menção condiz, pois este efeito (caracterizado pelo fato de o fluido contornar um objeto) aparece nos vídeos utilizados.

No Quadro 15 estão os recortes das respostas dadas pelos estudantes na questão 4 da etapa Problematização: Questões norteadoras, etapa individual.

Quadro 15: Recorte das respostas dadas pelos estudantes na questão 4. Questão da etapa Problematização Questões Norteadoras – **atividade individual**

Categoria	Recortes	Momento
1- Identificação dos conceitos científicos	<p>4- Existe alguma relação entre o movimento do ar nas asas de um avião e em um carro? Qual?</p> <p>EA1: Sim, ambas vão sofrer ação do movimento do ar e devem possuir uma aerodinâmica, um para evitar e impedir o atrito, outro para ajudar sua sustentação.</p> <p>EA3: Sim, aerodinâmica. As asas de um avião tem um formato que tem como função dividir a corrente de ar, uma embaixo da asa e uma acima com maior velocidade e menor pressão. Em carros a preocupação seria em criar uma força para baixo para estabilizar.</p> <p>EA4: Sim, nos dois casos eles ao se movimentar deslocam o ar em vários sentidos.</p> <p>EA5: Sim, ambas as situações estão submetidas a ação da força peso e da força de arrasto e o formato da asa e do carro influenciam nesse movimento.</p> <p>EA7: Aerodinâmica para criação de uma diferença de pressão entre a frente e a parte de trás do carro e a parte de cima e de baixo da asa.</p>	<p>Questão respondida pelos estudantes ao final do desenvolvimento da Intervenção 2 (Problematização).</p>

	<p>E_{A9}: Existe uma relação, porem percebemos que na asa do avião a aerodinâmica é projetada para que o próprio ar resista enquanto no carro queremos superar essa barreira.</p> <p>E_{A10}: Para que tanto o carro quanto o avião saiam do lugar é necessário que sobre eles atuem uma força contrária ao movimento; no carro é a força de atrito e no avião de arrasto.</p> <p>E_{B5}: Sim, a aerodinâmica de ambos. Alguns carros possuem formato de gota similar a asa dos aviões, para os carros esse formato faz com que o carro se mantenha mais firmemente no chão aumentando a aderencia dos pneus. Já o avião possui o formato na asa enclinado e isso junto de outros elementos faz com que o avião se mantenha no ar.</p> <p>E_{B8}: Sim. Tanto o avião quanto o carro possuem formatos específicos que são pensados imaginando exatamente a influência da aerodinâmica em cada um deles.</p> <p>E_{B9}: Sim, a aerodinâmica ao usar o ar a seu favor, no caso do avião mantendo no ar e no carro “prendendo” no chão.</p>	
--	---	--

Fonte: A autora.

Nessa questão observa-se que ocorreu a compreensão e identificação dos fenômenos científicos. O estudante E_{A3} menciona a relação da velocidade com a pressão ao dizer “maior velocidade e menor pressão” em referência ao princípio de Bernoulli. Além disso, respostas como as dos E_{A3} e E_{B5}, trazem discussões científicas sobre a aerodinâmica em veículos, principalmente comparando-a com a aerodinâmica dos aviões. Corretamente os estudantes mencionam que, devido ao fluxo de ar, em veículos a força de sustentação aponta verticalmente de cima para baixo, sendo denominada *downforce*, ou seja, sustentação negativa, que atua estabilizando o carro. Vale ressaltar que esse mesmo estudante demonstrou identificar outros conceitos nas questões anteriores. O estudante E_{A7} mencionou as diferenças de pressões na parte de cima e debaixo do avião e na parte da frente e de trás do carro. Isto indica que este estudante compreende o conceito de pressão. Além desses, tiveram estudantes que mencionaram a importância do formato da gota na aerodinâmica da asa do avião e do carro e a importância do carro se manter mais firme ao solo.

No Quadro 16, estão os recortes das respostas dadas pelos estudantes na questão 4 da etapa Problematização: Questões norteadoras, etapa individual.

Quadro 16: Recorte das respostas dadas pelos grupos na questão 4 da etapa Problematização Questões Norteadoras – **atividade em grupo**

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>4- Existe alguma relação entre o movimento do ar nas asas de um avião e em um carro? Qual?</p> <p>TURMA A</p> <p>Grupo 1: EA6, EA10: Não respondeu.</p> <p>Grupo 2: EA2, EA4, EA9: Nos dois casos existe a força de arrasto.</p> <p>Grupo 3: EA3, EA7, EA8: Relação aerodinâmica, na qual o fluxo de ar no carro tem o objetivo oposto ao do avião.</p> <p>TURMA B</p> <p>Grupo 1: EB4, EB5, EB10, EB11, EB14: Sim, tanto o avião quanto o carro estão contra o fluxo. Tanto o avião quanto o carro tem uma força contrária ao seu movimento e os dois utilizam um motor para vencer esta força.</p> <p>Grupo 2: EB2 EB3, EB6, EB12, EB15: Sim, no carro o fluxo serve como força de arrasto no avião serve como força de sustentação.</p> <p>Grupo 3: EB1, EB7, EB8, EB9, EB13: Sim, formato com relação aerodinâmica.</p>	<p>Questão respondida pelos estudantes ao longo do desenvolvimento da Intervenção 3 (Discussão em grupo)</p>

Fonte: A autora.

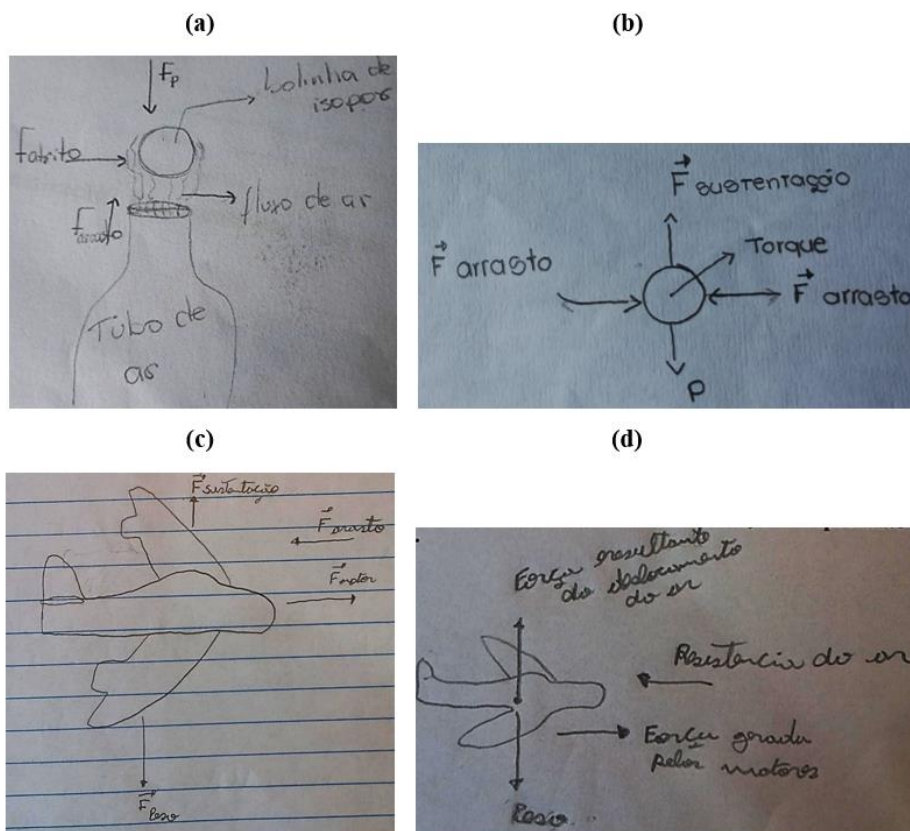
Com base nas respostas dadas pelos grupos é possível observar a identificação do fluxo, o formato de gota, as forças de sustentação e de arrasto serem presentes tanto no carro quanto no avião. Entretanto, as respostas são condensadas e curtas, o que pode indicar alguma falta de entendimento ou dificuldade de expressão.

De fato, como observação da realização das atividades relatadas no caderno de campo, as discussões nos grupos foram bastante intensas. Os estudantes, em geral, foram participativos, opinaram e confrontaram ideias. Com relação a oralidade do debate, acredita-se que este cumpriu seu papel: as atividades em grupo fomentaram a discussão e a troca de ideias e interpretações. Contudo, o registro escrito, gerado a partir destas discussões é sucinto. Foi registrado também no caderno de campo que, na totalidade, os grupos adotaram um modelo onde um estudante ficava responsável por condensar a

opinião do grupo e registrá-la. Este modelo pode ser responsável pela escrita de respostas curtas visto que, o estudante responsável pela escrita, acaba por atuar como um filtro no sentido de agrupar diferentes opiniões e redigir uma resposta comum.

A quinta e última questão da problematização foi: “Quais são as forças atuantes na problematização? Represente por meio de um desenho.” As imagens a seguir contém os desenhos de alguns estudantes que conseguiram ou se aproximaram mais da representação correta da imagem.

Figura 28: Desenhos feitos pelos estudantes na questão 5 da problematização. (a) Desenho da estudante E_{A6}. (b) Desenho do Grupo B2. (c) Desenho do Grupo A2 (d) Desenho do estudante E_{A4} – **atividade individual e em grupo**



Fonte: A autora.

A estudante E_{A6} representou o soprador da intervenção 2 (Figura 28a). Em seu desenho houve a representação correta das forças peso e arrasto. Porém, a estudante nomeou a força de sustentação como força de atrito. O Grupo B2 (Figura 28b) representou trocada as forças atuantes na bolinha, sendo o local colocado como sustentação para a de arrasto e a de arrasto o local da sustentação. Destaca-se que se o grupo fizesse o desenho de um avião, onde o fluxo de ar estaria na horizontal, as forças estariam colocadas

corretamente devido a direção deste fluxo de ar. Já o Grupo A2 (Figura 28c) representou corretamente as forças atuantes no avião, colocando desde a sustentação e o arrasto até o força de tração ou força gerada pelos motores. O estudante E_{A4} que também estava no Grupo A2 identificou corretamente as forças atuantes, mas, as nomeou de modo diferente. Desta forma, percebe-se que os participantes identificaram as forças existentes no fenômeno, porém, ainda encontraram dificuldades para distinguir a direção do fluxo na bolinha e no avião, fazendo com que tratem ambos como representações idênticas.

Por meio da gravação de áudio foi possível extrair algumas falas dos estudantes enquanto discutiam as questões problematizadoras em grupos. Vale ressaltar que, em partes, os áudios foram prejudicados pelo ruído dos aparelhos utilizados para a realização dos experimentos. Para a análise, os áudios foram avaliados e, quando possível, transcritos. No quadro a seguir um dos estudantes fala sobre o ângulo de inclinação do avião.

Quadro 17: Recorte da fala de um estudante na etapa da Problematização Questões Norteadoras. Atividade em grupo

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p>	<p>1- Você consegue identificar algum fenômeno físico presente nessa abordagem? Qual(is)?</p> <p>E_{A4}: Tem um ângulo certo de inclinação da asa do avião ali. O avião precisa ter um ângulo certo. Se o ângulo for muito assim ele não consegue. Ele sobe demais e não consegue manter no alto. E se for muito assim ele não sobe. Entendeu? Muito na horizontal, ele tem que ter um ângulo ali correto.</p>	<p>Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade em grupo (Intervenção 3)</p>

Fonte: A autora.

Em sua fala o estudante E_{A4} menciona o ângulo de ataque do avião enquanto discute com o grupo. Com isso, é possível identificar a importância do ângulo de ataque na decolagem e aterrissagem do avião. A sustentação será perpendicular ao avião em relação ao sentido do vento quando estiver estabilizado no ar. Por outro lado, a força de arrasto estará na direção e sentido do vento sendo então paralelo ao vento. Com essa fala o estudante demonstra identificar a importância da inclinação correta da asa do avião para que o voo não seja prejudicado.

Após as discussões em grupos, partiu-se para a intervenção 4 (Vídeos de contextualização). Nesta etapa foram coletadas algumas observações do caderno de

campo. Na turma A, a estudante E_{A5} identificou a variação nos tipos de fluxos, conseguindo distinguir quando eram turbulentos e laminares. Além disso o estudante E_{A4} mencionou que o espaçamento das linhas de fluxo se deve pelo tamanho da área e a aluna E_{A6} completou dizendo que se deve também pela velocidade. Observa-se que nesta turma um dos participantes tem uma clara noção sobre a relação entre sustentação e a velocidade do fluido fazendo com que argumentasse sobre a velocidade relativa. Na turma B, após os vídeos, houve um debate sobre a pressão ao redor das asas. Alguns dos participantes apontaram a necessidade de haver uma diferença de pressão nas asas do avião para surgir uma força que compensasse o peso. O estudante E_{B12} mencionou o efeito asa/aerofólio nos carros de fórmula 1. Durante o primeiro vídeo em que a bola de basquete cai no poço, esse mesmo estudante relacionou ao “chute do Roberto Carlos” (referindo-se a uma cobrança de falta feita por este jogador de futebol) ao vídeo e no vídeo seguinte pontuou os diferentes regimes de fluxo. Em seguida o estudante E_{B6} relacionou corretamente os termos da equação de Bernoulli fazendo com que toda a turma começasse a debater. No quinto e último vídeo que mostrava o fluxo de ar ao redor da asa do avião os estudantes compreenderam o fenômeno apontado por um de seus colegas e concordaram com base no que viram nos vídeos de contextualização. Observa-se que nessa turma existem estudantes que possuem uma noção sobre o assunto.

De modo geral, em ambas turmas os conceitos de aerodinâmica são parcialmente compreendidos por grande parte das turmas. Entretanto, em cada uma delas houve a presença de pelo menos um estudante que tivesse um pouco de noção ou curiosidade sobre o assunto. Nas duas turmas também foi possível a identificação dos fluxos e o consenso sobre a velocidade e pressão. Observa-se também a importância da ferramenta visual para auxiliar na compreensão dos conceitos. Os vídeos de contextualização juntamente das etapas anteriores se mostraram ferramentas importantes para a abordagem investigativa. Esse ponto é reforçado de acordo com a fala do estudante E_{B6} ao relacionar os termos corretamente.

Quadro 18: Recorte da fala de um estudante enquanto manuseava os experimentos (Intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
1- Identificação dos conceitos científicos	<p>P: E a discussão da asa do avião, da aula passada? Por que o avião fica sustentado no ar?</p> <p>EB6: Bom, eu ainda acredito que é porque a velocidade é maior em cima e faz com que a pressão seja menor na parte de cima e maior na parte de baixo e isso ai ajuda o avião ficar sustentado naquela força de pressão superficial.</p>	Fala dos estudantes enquanto manuseavam os experimentos (Intervenção 5)

Fonte: A autora.

Portanto, a categoria de Identificação dos conceitos reforça a importância da sistematização do conhecimento. Essa sistematização se desenvolve por meio de etapas como a problematização inicial, a organização do conhecimento e a aplicação do conhecimento (DELIZOICOV, 2001). As respostas dadas pelos estudantes partem desse pressuposto, visto que após o momento da problematização os discentes puderam organizar o conhecimento em discussões em grupos, com os vídeos e ao longo dos experimentos e aplicar o conhecimento ao produzirem o relatório de aula.

Análise da categoria 1: Identificação dos conceitos e categoria 6: Memória afetiva

O quadro a seguir apresenta recorte da fala de um estudante enquanto respondia a problematização: Questões norteadoras.

Quadro 19: Recorte da fala de um estudante enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade individual (Intervenção 2)

Categoria	Recortes	Momento
1- Identificação dos conceitos científicos 6- Memória Afetiva	<p>2- Qual das situações a seguir favorece que o avião fique suspenso no ar: voando a favor ou contrário ao sentido do vento? Justifique sua resposta.</p> <p>EB12: Voando contra o sentido do vento, pois assim o fluxo serve como uma força que ira sustentar o avião no ar. Da mesma maneira que a pipa funciona.</p>	Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade individual (Intervenção 2)

Fonte: A autora.

Por meio da resposta deste estudante observa-se a identificação da situação que favorece o voo do avião e a justificativa simples baseada nos conhecimentos prévios do

estudante. Entretanto, outro ponto que se destaca nesta resposta é a busca pela memória afetiva de situações em que há fenômenos físicos, somados ao lúdico/brincara ao relacionar o fenômeno observado com o modo que a pipa se mantém sustentada no ar. Na tentativa de justificar o fenômeno observado o participante recorre a busca de suas memórias afetivas e situações de seu cotidiano. Com isso, é possível reforçar a importância da contextualização lúdica e cultural do ato de soltar pipa como auxílio na identificação dos conceitos.

Análise da categoria 1: Identificação dos conceitos, categoria 4: Interação e categoria 6: Memória afetiva

Neste quadro há um diálogo entre dois participantes do Grupo A2. Nesse diálogo identifica-se a presença da identificação de conceitos, interação e memória afetiva.

Quadro 20: Recorte do diálogo dos estudantes do Grupo A2 enquanto respondiam ao questionário
 Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Categoria	Recortes	Momento
<p>1- Identificação dos conceitos científicos</p> <p>4- Interação</p> <p>6- Memória Afetiva</p>	<p>E_{A4}: Vão lá! A quatro ali. Relação entre o movimento do ar nas asas do avião e um carro?</p> <p>E_{A2}: É o arrasto!</p> <p>E_{A4}: Hã? É o arrasto?</p> <p>E_{A2}: É o arrasto.. Próxima!</p> <p>E_{A4}: O arrasto.... Mas que que é o arrasto? Vão vê!</p> <p>E_{A2}: O arrasto é a força contrário, tipo um atrito que cê tem na direção do movimento, sabe?!</p> <p>E_{A4}: Entendi!</p> <p>E_{A2}: É aquela ideia do Flash que quando ele começa a correr próxima a velocidade da luz é como se ele tivesse andando sobre uma parede.</p> <p>E_{A4}: Aham!</p> <p>E_{A2}: Que o atrito é tanto com o ar, como se tivesse contra a parede, sabe?!</p> <p>E_{A4}: Quanto maior a velocidade ali, maior a força no sentido contrário né?</p> <p>E_{A2}: É o arrasto. A força que o ar exerce sobre o corpo.</p>	<p>Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário</p> <p>Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)</p>

Fonte: A autora.

Inicialmente nota-se o estudante E_{A4} chamando o integrante de seu grupo para manter o foco na questão a qual seria respondida. Com uma resposta já elaborada o estudante E_{A2} é direto ao responder. Não conformado, o estudante E_{A4} retorna a pergunta pedindo ao seu colega que explique melhor. Com a resposta do estudante E_{A2} nota-se por parte deste, a noção vaga sobre o conceito de arrasto. De modo a dar uma resposta mais completa e mais simples ao estudante E_{A4}, há uma busca pela memória afetiva de modo

contextualizado trazendo, então, o exemplo de um desenho animado e conduzindo ao conteúdo de outra área. Percebendo que seu colega não compreendeu, o participante E_{A2} conclui sua resposta de modo mais claro. Com base nesse diálogo observa-se a busca pela memória afetiva para compreender o fenômeno. Nota-se também a importância da interação entre pares, de modo a possibilitar que um estudante facilite a linguagem auxiliando na compreensão de seu grupo. A contextualização se mostra uma ferramenta importante para incentivar a busca pela memória afetiva dos estudantes. Além disso, a interação se torna extremamente importante para a compreensão dos fenômenos.

Análise da categoria 2: Engajamento e motivação

O quadro abaixo traz um contra exemplo de uma estudante que se mostrou engajada nas atividades, mas que aparenta estar desmotivada.

Quadro 21: Recorte das questões respondidas por uma estudante no questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade individual (Intervenção 2).

Categoria	Recortes	Momento
<p>2- Engajamento e motivação</p>	<p>1- Qual a relação do texto lido com a problematização?</p> <p>E_{B15}: Os dois se relacionam com o fluxo de ar.</p> <p>2- Qual das situações a seguir favorece que o avião fique suspenso no ar: voando a favor ou contrário ao sentido do vento? Justifique sua resposta.</p> <p>E_{B15}: Voando ao contrário ao sentido do vento.</p> <p>3- Você consegue identificar algum fenômeno físico presente nessa abordagem? Qual(is)?</p> <p>E_{B15}: Força de sustentação, força peso, fluxo turbulento, equilíbrio.</p> <p>4- Existe alguma relação entre o movimento do ar nas asas de um avião e em um carro? Qual?</p> <p>E_{B15}: Não existe.</p>	<p>Questões respondidas pelos estudantes no questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade individual (Intervenção 2)</p>

Fonte: A autora.

O motivo pelo qual a estudante se mostra engajada, mas não motivada é devido ao fato de responder todas as questões, ou seja, estar participando das intervenções.

Entretanto, suas respostas são diretas e sucintas, de modo a parecer que a estudante não se sente motivada. Porém, observou-se que a estudante E_{B15} é a mesma apontada no Quadro 22. Com isso, presume-se que as respostas dadas sejam devido ao fato de a estudante estar vivenciando o seu processo de construção de argumentos científicos no momento em que foi respondido as questões problematizadoras. Esta observação é reforçada, com base no quadro abaixo.

Quadro 22: Recorte da fala de uma estudante enquanto respondia ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
2- Engajamento e motivação	<p>P: Gente, vocês podem colocar também as atividades da aula passada.</p> <p>E_{B15}: Como eu vou falar que gostei de soprar bolinha?</p>	<p>Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

Com base nessa resposta, a estudante demonstra gostar da atividade referente a problematização (Intervenção 2). Atividade desenvolvida seguidamente das questões problematizadoras respondidas pela participante de modo sucinto. Com isso, presume-se que além de engajada a estudante também esteve motivada, mas, no momento inicial da abordagem demonstrou apresentar um pouco de dificuldade.

Análise da categoria 2: Engajamento e motivação e categoria 5: Satisfação

Os próximos quadros apresentam recortes que demonstram engajamento e motivação e satisfação.

Quadro 23: Recorte das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
<p>2- Engajamento e motivação</p> <p>5- Satisfação</p>	<p>Assertiva 4.2: O que você não gostou nas aulas?</p> <p>E_{B6}: Eu gostei de tudo na aula, embora ela não possa ser aplicada em qualquer grupo de alunos.</p> <p>E_{B7}: Gostei muito da dinâmica das aulas, não tem nada que não gostei.</p>	<p>Descrição das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

Nesta tabela tem-se a resposta de dois estudantes que se mostraram participativos ao longo das intervenções e responderam gostar de tudo ao longo da abordagem investigativa. Entretanto com essas respostas observa-se a percepção dos participantes em relação as dificuldades que poderão ser enfrentadas na abordagem investigativa. Este ponto é reforçado por outros participantes no Quadro 25 e será levantado com maiores discussões juntamente deste quadro.

O Quadro 24 traz o recorte da fala do estudante E_{B12} enquanto respondia o questionário de análise da metodologia. Etapa final das intervenções.

Quadro 24: Recorte das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
<p>2- Engajamento e motivação</p> <p>5- Satisfação</p>	<p>E_{B12}: Isso aí é doido heim! Esse carro de fórmula 1 é doido demais. Tô falando que esse negócio de fluido na fórmula 1 é doido demais!</p>	<p>Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

Em sua fala o estudante aparenta se interessar pelas questões relacionadas a aerodinâmica dos carros. Além disso, ele demonstra entusiasmo em relação ao assunto. Este estudante também esteve engajado e motivado enquanto respondia ao questionário. Outro ponto observado e anotado em caderno de campo é que o estudante E_{B12} é o mesmo que se mostrou interessado nos assuntos de aerodinâmica e permaneceu participativo ao longo das intervenções.

O Quadro 25 aponta as percepções dos estudantes em relação a metodologia abordada.

Quadro 25: Descrição das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
<p>2- Engajamento e motivação</p> <p>5- Satisfação</p>	<p>Assertiva 4.2: O que você não gostou nas aulas?</p> <p>E_{A6}: Precisava de mais tempo para o desenvolvimento da prática.</p> <p>E_{B1}: Acho que foi só o fato de dispersar a minha atenção, mas acredito que o aumento de interação seja positivo por aumentar o interesse da matéria.</p> <p>E_{B5}: Um pouco do modo como a aula foi conduzida.</p> <p>E_{B8}: No início estava me sentindo como se não estivesse entendendo nada, uma sensação de que não estava a física por trás dos experimentos. Isso foi parando conforme o avanço da aula.</p> <p>E_{B14}: A falta de um passo a passo para realizar os experimentos talvez o tenha tornado confuso em certas partes.</p>	<p>Descrição das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

As respostas das falas dos estudantes evidenciam um desconforto. Este desconforto pode ser compreendido como: 1) a necessidade de continuidade do estudo do tema para o desenvolvimento da prática e construção do conhecimento científico; 2) estranhamento dos estudantes em relação a uma metodologia que buscou fomentar a interação individual com o grupo, entre os grupos e indivíduos com a professora, como forma de desenvolvimento da proposta didática, na qual o professor não detém o conhecimento e a resposta pronta, mas sim, age como mediador do processo de ensino (VIGOTSKY, 1998; FREIRE, 1987). Apesar de se demonstrarem receptíveis e motivados durante a abordagem, apontaram algumas desvantagens observadas. O estudante E_{A6}

mencionou a falta de tempo, o E_{B1} o fato dos estudantes se dispersarem um pouco, já os estudantes E_{B5}, E_{B8} e E_{B14} mencionaram seus sentimentos e percepções relacionados ao modo como se desenvolve a abordagem investigativa. Por se tratarem de turmas que não tiveram contatos anteriores com esse modelo de abordagem encontraram dificuldades de adaptação e compararam a modelos que já estivessem acostumados. Já no Quadro 23 o estudante E_{B6} mencionou perceber que essa abordagem não se aplica a qualquer grupo de estudantes. De modo geral, os sentimentos e percepções desses estudantes quanto a abordagem utilizada são importantes. As aplicações demandam mais tempo e possibilitam a dispersão dos estudantes devido a liberdade que lhes é dada. Entretanto, esses fatores podem ser contornados ao se trabalhar algumas das atividades como extraclasse e dividir os estudantes em grupos menores de modo a manter todos envolvidos ao longo das atividades.

Análise da categoria 3: Investigação, categoria 4: Interação, categoria 5: Satisfação

O quadro abaixo contém recortes das respostas dos estudantes na etapa de avaliação da metodologia. Com base nessas respostas foi possível extrair informações de investigação, interação e satisfação.

Quadro 26: Descrição das respostas dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
3- Investigação 4- Interação 5- Satisfação	<p>Assertiva 4.1: O que você mais gostou ao longo das aulas?</p> <p>E_{A1}: Interagir com outras pessoas para tentar descobrir como as coisas estão acontecendo e gerar hipóteses.</p> <p>E_{A5}: A parte de por a mão na massa e nós mesmos identificar os problemas por investigação e debate com os colegas.</p>	<p>Descrição das respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

As respostas dadas pelos estudantes E_{A1} e E_{A5} demonstram elementos da investigação ao usarem termos como: “tentar descobrir”, “gerar hipóteses” e “identificar os problemas por investigação”. Com essas respostas apontam também a satisfação e o interesse por esse tipo de abordagem. Além disso, mencionaram elementos como:

“interagir com outras pessoas”, “debater com os colegas” como algo que gostaram ao longo das aulas. As respostas desses estudantes reforçam a importância de intervenções que trabalhem a interação e a investigação. Reforçam também a importância da problematização e contextualização ao longo de seu desenvolvimento.

O Quadro 26 aponta para as observações de Carvalho (2013) sobre a importância da apropriação de um ambiente que ensine muito além dos conteúdos científicos. É necessário que se desenvolva o pensamento crítico dos estudantes. Batista, Fusinato e Blini (2009) reforçam que a experimentação trabalhada de modo investigativo pode ser uma estratégia que ajude a desenvolver as habilidades cognitivas dos discentes, além de contribuir com a motivação destes.

Análise da categoria 4: Interação

O Quadro 27 contém o diálogo de três estudantes enquanto respondiam ao questionário de problematização em grupo.

Quadro 27: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Categoria	Recortes	Momentos
4- Interação	<p>E_{A4}: Agora a gente tem que falar da última ali. Na última ali... Na cinco.</p> <p>E_{A2}: Quais são as forças atuantes na problematização? Represente por meio de um desenho.</p> <p>E_{A4}: Vamo desenhar um avião aqui e fazer umas forças!</p> <p>E_{A9}: Agora é sua vez mano.</p> <p>E_{A4}: Me empresta a lapiseira aí?!</p> <p>E_{A9}: É porque eu sou horrível de desenho.</p>	<p>Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)</p>

Fonte: A autora.

Nesse diálogo é possível observar a interação dos estudantes desse grupo. Houve uma divisão de tarefas e aplicação de habilidades. O estudante E_{A9} era o responsável por anotar as respostas do grupo, porém, relatou ao grupo não possuir habilidades para desenhar fazendo com que o participante E_{A4} assumisse tal responsabilidade. Já o outro membro do grupo (E_{A2}) demonstrou contribuir na elaboração das hipóteses. Por meio desse diálogo nota-se a importância do trabalho em grupo para promoção da interação e no compartilhamento de informações. Em vista disso, nota-se mais uma vez a contribuição de abordagens investigativas.

A categoria 4: Interação realça também a importância da interação entre os indivíduos para a construção do conhecimento (VIGOTSKY, 1998) sobre as contribuições dessa interação. Para ele, o indivíduo experiente pode dividir seu conhecimento com o indivíduo menos experiente possibilitando o aprimoramento das habilidades de memorização.

Análise da categoria 4: Interação, categoria 5: Satisfação

O Quadro 28 é possível se observar elementos da interação e satisfação.

Quadro 28: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadoras, atividade em grupo (Intervenção 3)

Categorias	Recortes	Momento
<p>4- Interação</p> <p>5- Satisfação</p>	<p>Assertiva 4.1: O que você mais gostou ao longo das aulas?</p> <p>E_{A4}: A liberdade para interagir com os experimentos e o tom de descontração que surgiu em alguns momentos e tornou a aula divertida.</p> <p>E_{B8}: A oportunidade de debater os conceitos físicos presentes nos experimentos. Tanto entre os alunos, quanto a ajuda dos professores respondendo as dúvidas</p> <p>E_{B12}: As discussões a respeito da parte teorica do conteúdo.</p> <p>E_{B13}: A possibilidade de discutir os conteúdos e experimentos com a turma</p>	<p>Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

Os recortes desse quadro expressam a percepção do estudante acerca da importância da interação. Por meio das falas observa-se a interação com a instrumentação, com os estudantes, com a professora e com a turma. A interação por meio de discussões e debates permite o compartilhamento de ideias, possibilitando uma conclusão correta sobre os conceitos científicos. Logo, nota-se a importância da metodologia adotada para auxiliar na interação entre os participantes.

Análise da Categoria 5: Satisfação

Os dados contidos no quadro abaixo são recortes das respostas dadas pelos estudantes na avaliação da metodologia.

Quadro 29: Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momentos
<p>5-Satisfação</p>	<p>Assertiva 4.1: O que você mais gostou ao longo das aulas?</p> <p>E_{A2}: O que eu mais gostei ao longo das aulas foi os diferentes experimentos propostos.</p> <p>E_{A3}: A forma como os conceitos físicos foram abordados e a forma de chamar o interesse usando vídeos e materiais para melhorar o entendimento.</p> <p>E_{A6}: A forma simples e sucinta de como foi abordado.</p> <p>E_{B1}: O método utilizado é menos cansativo, mais interessante, mas acho que acaba dispersando por ser mais expressivo.</p> <p>E_{B2}: da metodologia usada, os jeitos aplicados.</p> <p>E_{B3}: A forma discontraída com que o conteúdo foi tratado. A apresentação de temas físicos de acordo com os fenômenos diários.</p> <p>E_{B4}: Realizar os experimentos com maior autonomia e explicar os fenômenos por conta própria.</p> <p>E_{B5}: A relação estabelecida entre fenomenos e as coisas do cotidiano</p> <p>E_{B6}: Das discussões geradas durante as aulas ajudou muito a entender o conceito e fortalecer a compreensão dele.</p> <p>E_{B7}: Os experimentos, a parte teórica apresentada no fim da primeira aula, ficaram muito mais compreensíveis com a realização dos experimentos.</p> <p>E_{B10}: Ter a liberdade de manipular os experimentos</p> <p>E_{B11}: As aulas são dinâmicas e incentivam o conhecimento.</p> <p>E_{B14}: Observar o fenômeno antes da equação talvez seja uma metodologia adequada p/ compreensão de certos tópicos da física.</p> <p>E_{B15}: Da maneira como foi conduzido os experimentos, sempre voltando para a problematização inicial do avião.</p> <p>E_{B16}: Abordagem do assunto de forma clara e objetiva, além de ser divertida e dinâmica</p> <p>E_{B17}: A dinâmica dos experimentos.</p>	<p>Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

Fonte: A autora.

De modo geral, houve estudantes que mencionaram gostar mais da intervenção 5, ou seja, dos experimentos e da autonomia dada a eles ao manusearem os equipamentos. Outro ponto mencionado pelos participantes foi o modo de condução da aula, sendo algo sucinto, dinâmico e divertido. Além disso, mencionaram gostar das discussões geradas ao longo das intervenções. Com isso, conclui-se que as abordagens investigativas podem se tornar uma ferramenta eficaz em atividades experimentais, além de contribuir nas habilidades de investigação dos estudantes. De acordo com a resposta da estudante E_{B15} apesar de não haver identificação conceitual, houve a identificação da problematização e da contextualização. A estudante menciona que uma das coisas positivas observadas é o retorno a problematização inicial ao longo da abordagem investigativa. Com isso, nota-se a percepção da participante quanto a importância da problematização em seu processo de aprendizagem. Outra categoria colocada em questão é a satisfação. A estudante demonstra estar satisfeita pelo modo com o qual a aula foi conduzida, mostrando-se satisfeita com a abordagem.

Quadro 30: Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
<p>5- Satisfação</p>	<p>Assertiva 4.2: O que você não gostou nas aulas?</p> <p>E_{A1}: Poderia ter mais tempo.</p> <p>E_{A2}: Eu gostei de todas as atividades propostas.</p> <p>E_{A3}: O tempo para desenvolver as atividades. Achei que poderia ser feito com mais calma.</p> <p>E_{A5}: Fazer resumo.</p> <p>E_{B2}: de Fazer o relatório individual.</p> <p>E_{B3}: Gostei de tudo.</p> <p>E_{B4}: Falta de tempo para pensar a respeito dos fenômenos</p> <p>E_{B9}: Repetitiva</p> <p>E_{B10}: Os alunos se dispersam um pouco durante a pesquisa de investigação.</p> <p>E_{B12}: No geral, não achei pontos negativos</p> <p>E_{B13}: Alguns alunos se dispersam durante a aula.</p> <p>E_{B15}: Eu gostei de tudo na aula.</p>	<p>Respostas dadas pelos estudantes no questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).</p>

	<p>E_{B16}: Foi tudo bom ♥</p> <p>E_{B17}: Falta de tempo para mais discussões e realização dos experimentos</p>	
--	--	--

Fonte: A autora.

Os estudantes mencionaram gostar das atividades propostas, entretanto mencionam também como ponto negativo da aplicação a falta de tempo para a discussão e desenvolvimento das intervenções. Reforça-se que por se tratar de uma disciplina com aulas de 1 hora e 40 minutos a adaptação do tempo foi necessária.

Análise da Categoria 6: Memória Afetiva

O Quadro 31 contém recortes de momentos que os estudantes buscaram a memória afetiva.

Quadro 31: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Categoria	Recortes	Momento
6- Memória Afetiva	E_{A4} : Cara, já soltei muita pipa quando era criança.	Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Fonte: A autora.

Enquanto respondia a problematização durante a discussão em grupo, o participante E_{A4} buscou em sua memória afetiva lembranças de sua infância. Ao relacionar a pipa com a problematização o estudante entende que os fenômenos físicos envolvidos são semelhantes. Assimilar o conceito com a memória afetiva permite ao estudante relacionar e atingir conclusões físicas sobre o fenômeno observado. Assim, observa-se a importância da presença da contextualização ao longo das intervenções.

Abaixo tem-se outra situação na qual o participante associa a problematização com um exercício feito pelo professor do Ensino Médio.

Quadro 32: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Categoria	Recortes	Momento
6- Memória Afetiva	<p>E_{A9}: Cê já fez aqueles exercícios de Física do Ensino Médio? Que tinha lá um avião caindo desprezando a resistência do ar. Aí o cara colocava..... Ah então o avião não voa.</p> <p>E_{A4}: Tô ligado. Já fiz isso.</p>	Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Fonte: A autora.

Por meio de sua fala, existe a busca pela memória afetiva a fim de justificar o fenômeno observado. Em virtude disso o participante busca compartilhar sua experiência com os demais integrantes de seu grupo. Assim, como mencionada a respeito do quadro anterior, a contextualização é extremamente importante para auxiliar na compreensão dos estudantes. Ainda, há observações corretas do estudante E_{A9} em seu relato relacionado a memória afetiva, podendo então contribuir nas conclusões de seu grupo.

Outro momento em que há a busca pela memória afetiva se encontra abaixo.

Quadro 33: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
6- Memória Afetiva	<p>E_{B4}: Tem uma amiga minha que ia gostar desse trem.</p>	Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário de avaliação da metodologia. Etapa final das intervenções, após os experimentos (intervenção 5).

Fonte: A autora.

Ao manusear o experimento o participante E_{B4} mencionou ter uma amiga que se interessaria pelo experimento. Não foi externalizado o motivo real a qual a amiga se interessaria, mas houve a menção desta amiga em busca pela memória afetiva. Outra observação desta fala é que o estudante achou interessante o que estava fazendo no momento e mencionou a possibilidade de outra pessoa também se interessar.

O Quadro 34 contém recortes da fala do estudante E_{A2} enquanto estavam respondendo as questões problematizadoras em grupo.

Quadro 34: Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Categoria	Recortes	Momento
6- Memória Afetiva	E _{A2} : É até bonito de se vê, os carros antes eles eram quadrados e hoje eles são tudo aquelas bolotas.	Fala dos estudantes enquanto respondiam ao questionário Problematização: Questões Norteadores, atividade em grupo (Intervenção 3)

Fonte: A autora.

Nessa resposta há uma comparação com os carros desenvolvidos nas décadas passadas e os carros atualmente. O estudante relacionou as mudanças nos formatos dos carros devido a melhoria na aerodinâmica deles. Além disso, ao comparar coisas passadas com as atuais o estudante busca em sua memória afetiva situações em que algum momento de sua vida pôde observar essas diferenças.

A análise da categoria 6: Memória afetiva destaca a importância do conhecimento prévio para o desenvolvimento científico dos estudantes. O conhecimento adquirido pelo discente em suas vivências sociais e culturais poderá ser aperfeiçoado de acordo com a compreensão científica acerca dos fenômenos estudados (BACHELARD, 1996).

O último quadro desta análise tem como foco compreender se o participante foi propositivo em algum momento da intervenção. Tem-se aqui uma situação.

Análise da Categoria 7: Proatividade

Quadro 35: Fala dos estudantes enquanto manuseavam os experimentos (intervenção 5).

Categoria	Recortes	Momento
7- Proatividade	P: E quais foram as descobertas que a gente tem por meio desses experimentos? E _{B6} : Ali dá pra ver que realmente a velocidade tá relacionada com a pressão de forma que quanto maior a velocidade menor vai ser a pressão. Porque, quando você entra num ponto ali que desse pra medir onde a velocidade vai ser maior, você vê que no tubo a água sobe o máximo que ela	Fala dos estudantes enquanto manuseavam os experimentos (intervenção 5).

	<p>pode. Então, pra mim aquele ali demonstra mesmo a relação da pressão com a velocidade.</p> <p>E_{B1}: E a área interfere também, né!</p> <p>E_{B12}: E se a gente fizesse aquele mesmo experimento como problema só que na água? Ao invés de usar o ar como fluido, usar a água? A gente ia ter menos efeito de compressibilidade do fluido, né!?</p> <p>E_{B1}: Que isso, heim!!</p>	
--	---	--

Fonte: A autora.

Foi perguntado a turma sobre as descobertas por meio dos experimentos. O estudante E_{B6} aponta o experimento que mais demonstra a relação da Equação de Bernoulli e descreve o que foi observado. Ao ouvir o seu colega, o estudante E_{B12} começa a pensar em condições diferentes para a experimentação. Ele propõe que ao invés de usarmos o ar como fluido fosse usado a água. Sua observação fez com que o estudante E_{B1} ficasse admirado. Propor algo diferente do colocado em suas mãos, coloca o estudante E_{B12} nessa categoria de análise e o destaca por ir além do que foi observado ao logo das intervenções.

A categoria 7: Proatividade e também a categoria 2: Engajamento e motivação corroboram com Freire (1987) e Freire (1996), visto a importância de se educar investigadores críticos e responsáveis. O educando com essas características é capaz de concretizar seu conhecimento e agir com responsabilidade diante a sua autonomia.

Portanto, conclui-se que com base nas análises dos gráficos segundo a Escala de Likert e a Análise de conteúdo segundo Bardin, as abordagens investigativas são ferramentas eficazes na contribuição e desenvolvimento de habilidades cognitivas e de investigação dos estudantes. Além de promover a interação entre os estudantes com o professor, com os experimentos e com a turma, promove momentos de reflexão e esclarecimentos de dúvidas e promove também o desenvolvimento do pensamento organizado de acordo com o método científico. As análises reforçam ainda a importância da busca por ferramentas que possibilitem aos estudantes trabalhar de modo ativo e autônomo em seu processo de aprendizagem.

Logo, reforça-se que assim como diversas outras abordagens, a metodologia mencionada apresenta alguns desafios como: a falta de tempo, dispersão dos estudantes, demanda tempo em sua elaboração e execução e exige a presença da contextualização e

de problematizações ao longo de todo seu desenvolvimento. Contudo, alguns desses desafios podem ser contornados com possíveis adequações. Algumas dessas adequações são: aplicação de atividades extraclasse, divisão de grupos menores de modo a envolver todos os estudantes dos grupos no manuseio e elaboração de hipóteses, estudos e pesquisas sobre o tema para facilitar na elaboração de problematizações e na presença da contextualização.

Portanto, apesar das inúmeras contribuições das abordagens investigativas, entende-se a existência de possíveis dificuldades que poderão ser encontradas de acordo com a realidade a qual se aplica. No entanto, encoraja-se os docentes que busquem ferramentas com o intuito de aprimorar o ensino tradicional.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa objetiva investigar e dissertar sobre a utilização do ensino por investigação articulado a metodologia ativa em aulas de Física Experimental no Ensino Superior. Em particular, com os temas de Mecânica dos fluidos e aerodinâmica. Estes temas foram escolhidos de acordo com alguns critérios: são temas de ampla aplicação tecnológica e presença cotidiana, encontram-se presentes em programas de disciplinas dos cursos de graduação em Física, contudo, são tratados com pouca profundidade. Para a realização desta pesquisa, a metodologia envolveu uma etapa inicial de estudo e fundamentação teórica, em seguida, passou-se para a formulação de uma Sequência de Ensino Investigativa. Durante a aplicação da SEI foram coletadas informações sobre o entendimento dos participantes sobre tema, interações com os pares, professor e instrumentos laboratoriais, entre outros.

Esta SEI possui etapas que visam despertar o interesse dos estudantes, contextualizar o tema apontando relações com o cotidiano e tecnologias, motivá-los ao debate, interação e discussão dos temas tratados. Neste contexto, a SEI traz materiais motivacionais que abordam os princípios da aviação. Santos Dumont é mencionado, não somente pelas contribuições a aviação, mas também por ter sido morador de Ouro Preto o que aproxima e estreita os interesses dos estudantes. Fortalecendo a motivação, na SEI apresenta-se uma problematização que usa de ferramentas lúdicas, um brinquedo cujo funcionamento possui elementos semelhantes aqueles presentes no funcionamento de um avião. Após a problematização, os discentes debateram e criaram hipóteses sobre o funcionamento do brinquedo utilizado na problematização. Neste momento também puderam apontar relações entre a problematização e o texto de motivação. Em seguida, a SEI lança mão de vídeos ilustrativos sobre os temas abordados. A etapa seguinte consistiu na experimentação na qual diferentes montagens experimentais são investigadas pelos estudantes que, a partir de questionamentos prévios, exploram e buscam explicações para os conceitos físicos ali presentes. A SEI finaliza com um debate no qual os participantes apresentam suas interpretações sobre os conceitos envolvidos nos experimentos e as relações destes com as intervenções preliminares contidas na SEI.

Durante a aplicação e como parte da SEI, existem alguns mecanismos para coleta de informações. Após a coleta dessas informações analisou-se os dados segundo a utilização da escala Likert para uma avaliação objetiva sobre o interesse e motivação dos

estudantes com relação ao desenvolvimento das atividades dentro de um contexto investigativo e Análise de Conteúdo a fim de se levantar indícios sobre o engajamento, interação, e função da abordagem (e SEI aplicada) como elementos que poderiam potencializar o aprendizado.

A análise dos dados segundo a escala Likert indica que tais abordagens contribuem efetivamente na aprendizagem dos estudantes além de apontar para a importância do ensino desenvolvido de modo investigativo, no qual os estudantes atuam como elemento principal em seu processo de aprendizagem, além de promover o aumento do interesse e engajamento dos discentes. Já a Análise de conteúdo segundo Bardin, indica a eficácia de tal abordagem no ensino de Física e no desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes. Entretanto, destacou-se também os desafios encontrados durante a aplicação de abordagens investigativas como metodologia. Desafios como a dispersão da atenção dos estudantes e dificuldades relacionadas a compreensão da proposta adotada. Situações essas que com adequações e adaptações poderão ser contornadas.

Como característica de um mestrado profissional, além da dissertação ocorre a construção de um produto educacional. Neste caso, o produto educacional se baseia na Sequência de Ensino Investigativa apresentada por De Carvalho (2018) na qual se busca desenvolver conteúdos por meio da utilização de problematizações e da contextualização. Como também, a liberdade dos estudantes ao levantar hipóteses, questionar sobre os fenômenos observados com a finalidade de encontrar argumentos científicos como justificativa. Outro elemento que se buscou nesse produto educacional foi o aprimoramento e desenvolvimento de habilidades cognitivas e habilidades de investigação dos estudantes.

Ademais, espera-se que a presente pesquisa contribua com o desenvolvimento educacional dos estudantes participantes e, que por meio da disponibilização da SEI como produto educacional desta dissertação, outros docentes, educadores e pesquisadores possam ser beneficiados oportunizando reaplicá-las em suas turmas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

_____, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Brasília, MEC/SEMT, 2000.

_____, Ministério da Educação. PCN+ Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/SEMT, 2002a. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>.>

ALISON, Rosane Brum; LEITE, A. E. Possibilidades e dificuldades do uso da experimentação no ensino da física. **Os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor-Caderno PDE (Versão online)**, v. 1, p. 1-29, 2016.

BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2018.

BACHELARD, Gaston. Conhecimento comum e conhecimento científico. **Tempo Brasileiro**, v. 28, p. 47-56, 1972.

BACHELARD, Gaston. A formação do espírito científico. **Rio de Janeiro: Contraponto**, v. 314, 1996.

BATISTA, Michel Corci; FUSINATO, Polônia Altoé; BLINI, Ricardo Brugnolle. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum. Human and Social Sciences**, v. 31, n. 1, p. 43-49, 2009.

BATISTONI, Maíra et al. A importância da Autonomia dos Estudantes para a Ocorrência de Práticas Epistêmicas no Ensino por Investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 905-933, 2018.

BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 2011, 229p

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências sociais e humanas, Londrina**, v. 32, n. 1, p. 25-40, 2011.

BORDENAVE, J.D e PEREIRA, A.M. Estratégias de Ensino-Aprendizagem. Petrópolis: Ed. Vozes, 1986.

CAPECCHI, Maria Candida Varone de Moraes, Problematização no ensino de Ciências. Anna Maria Pessoa de et al. Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. **São Paulo: cengage learning**, v. 164, 2013.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning**, v. 1, p. 1-19, 2013.

CARVALHO, AMP de et al. Calor e temperatura: um ensino por investigação. **São Paulo: Editora Livraria da Física**, 2014.

CASTELLAR, Sonia Maria Vanzella. Metodologias ativas: ensino por investigação. 2016. São Paulo. Editora FTD

CAVALCANTE, Ricardo Bezerra; CALIXTO, Pedro; PINHEIRO, Marta Macedo Kerr. Análise de conteúdo: considerações gerais, relações com a pergunta de pesquisa, possibilidades e limitações do método. **Informação & Sociedade: Estudos**, v. 24, n. 1, p. 13-18, 2014.

ÇENGEL, Yunus A.; CIMBALA, John M.. **Mecânica dos fluídos**: fundamentos e aplicações. 3. ed. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015. xxiii, 990 . p.

DA ROSA, José Eugênio Brum; KALHIL, Josefina Barrera. Metodologias Ativas no Ensino de Física: Um Panorama da Pesquisa Stricto Senso Brasileira. **In: Colloquium Humanarum**. ISSN: 1809-8207. 2019.

DA SILVA, Petronildo B. et al. O valor pedagógico da curiosidade científica dos estudantes. 2018. São Paulo. Espaço Aberto.

DE ALMEIDA, Bruno Seixas Gomes; SILVA, Robson Coutinho. Aerodinâmica de bolas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, n. 3, 3505 (2015).

DE CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

DE CAMPOS VALADARES, Eduardo. Física mais que divertida: inventos eletrizantes baseados em materiais reciclados e de baixo custo. Editora UFMG, 2007, 2ª ed.

DE FREITAS ZOMPERO, Andreia et al. Ensino por investigação e aproximações com a aprendizagem baseada em problemas. **Debates em Educação**, v. 11, n. 25, p. 222-239, 2019.

DELIZOICOV, Demétrio. **Problemas e problematizações**. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: ED. da UFSC, 2001.

DIESEL, Aline; BALDEZ, Alda Leila Santos; MARTINS, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017.

DOLZ, Joaquim et al. Sequências didáticas para o oral e a escrita: apresentação de um procedimento. **Gêneros orais e escritos na escola**. Campinas: Mercado de Letras, p. 95-128, 2004.

DOS SANTOS, Sandra Carvalho. O processo de ensino-aprendizagem e a relação professor-aluno: aplicação dos “sete princípios para a boa prática na educação de ensino superior”. **Caderno de pesquisas em administração**, v. 8, n. 1, p. 69-82, 2001.

FALZETTA, Ricardo. **Voar o sonho o projeto e a realização de Santos Dumont**. Disponível em <<https://novaescola.org.br/conteudo/1149/voar-o-sonho-o-projeto-e-a-realizacao-de-santos-dumont>> Acesso: 20 de maio de 2022

FEIJÓ, Natanael; DELIZOICOV, Nadir Castilho. Professores da educação básica: Conhecimento prévio e problematização. *Retratos da Escola*, v. 10, n. 19, p. 597-610, 2016.

FREIRE, Paulo; *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. **São Paulo: Paz e Terra**. 25ª edição. 1996.

FREIRE, Paulo. *Pedagogia do oprimido*. **Rio de Janeiro: Paz e Terra**. 17ª edição. 1987

GASPAR, Alberto. *Experiências de Ciências para o Ensino Fundamental*. Editora Atica, 2003, 1ª ed.

GASPAROTO, Jayme Wanderley. *Ciência e investigação: considerações gerais*. **Multitemas**, 1998.

GATTI, Bernardete A. O professor e a avaliação em sala de aula. **Estudos em avaliação educacional**, n. 27, p. 97-114, 2003.

GIORDAN, Marcelo; GUIMARÃES, Yara AF; MASSI, Luciana. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 1-13, 2011.

GLOSSÁRIO CEALE: **termos de alfabetização, leitura e escrita para educadores** / Isabel Cristina Alves da Silva Frade, Maria da Graça Costa Val, Maria das Graças de Castro Bregunci (orgs). Belo Horizonte: UFMG/Faculdade de Educação, 2014.

HALLIDAY, David, , RESNICK, Robert, WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física - Vol. 2- Gravitação, Ondas e Termodinâmica*, 10ª edição. LTC, 06/2016.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

HOMA, Jorge M. **Aerodinâmica e Teoria de Voo: noções básicas**. ASA-Edições e Artes Gráficas, 2002.

JÚNIOR, Severino Domingos da Silva; COSTA, Francisco José. **Mensuração e escalas de verificação: uma análise comparativa das escalas de Likert e Phrase Completion**. *PMKT–Revista Brasileira de Pesquisas de Marketing, Opinião e Mídia*, v. 15, p. 1-16, 2014.

KRASILCHIK, M. MARANDINO, M. **Estudando a Biosfera–Introduzindo a Discussão sobre Biodiversidade**. Secretaria Estadual de Educação de SP; USP; UNESP; PUC.(Org.). *Natureza, Ciências, Meio Ambiente e Saúde*. São Paulo: Fundação Vanzolini, p. 1359-1365, 2002.

LATOUR, Bruno; WOOLGAR, Steve. **A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997.

LIKERT, R. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. New York: Columbia University Press, 1932.

LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem na escola e a questão das representações sociais. **Eccos Revista Científica**, v. 4, n. 2, p. 79-88, 2002.

MACHADO, Vitor Fabrício; SASSERON, Lucia Helena. As perguntas em aulas investigativas de ciências: a construção teórica de categorias. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 29-44, 2012.

MARANDINO, Martha. Tendências teóricas e metodológicas no Ensino de Ciências. **São Paulo, USP**, 2002.

Manual do Mundo. Disponível em

<< https://www.youtube.com/channel/UCKHhA5hN2UohhFDfNXB_cvQ>> Acesso 02 de dezembro de 2022.

Matriz curricular Licenciatura em Física UFOP. Disponível em: <<https://iceb.ufop.br/sites/default/files/iceb/files/matrizfsl32021_1.pdf?m=1637102002>> Acesso 23 de outubro de 2022.

Matriz curricular Licenciatura em Física IFMG-OP. Disponível em <<<https://www.ifmg.edu.br/ouropreto/cursos/graduacao/licenciatura-em-fisica/fisica-2019-1.pdf>>> Acesso 23 de outubro de 2022.

Matriz curricular Licenciatura em Física UFV. Disponível em: <<<http://www.catalogo.ufv.br/matriz.php?campus=vicosa&complemento=LIC&curso=FCA&ano=2022>>> Acesso 23 de outubro de 2022.

Matriz curricular Licenciatura em Física UFMG. Disponível em: <<<https://www.fisica.ufmg.br/graduacao/wp-content/uploads/sites/3/2019/05/LicD2019.pdf>>> Acesso 23 de outubro de 2022.

Matriz curricular Licenciatura em Física USP. Disponível em: <<<https://uspdigital.usp.br/jupiterweb/listarGradeCurricular?codcg=43&codcur=43031&codhab=1&tipo=N>>> Acesso 23 de outubro de 2022.

MICHAELIS; Dicionário brasileiro da língua portuguesa. **São Paulo: Melhoramentos**, 2020.

MORAES, José Uibson Pereira; JUNIOR, Romualdo S. Silva. Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa. **Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol.**, v. 9, n. 2, p. 2504-1, 2015.

MORAN, José; Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. BACICH, Lilian; MORAN, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Penso Editora, 2018.

MORÁN, José. Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção mídias contemporâneas. Convergências midiáticas, educação e cidadania: aproximações jovens**, v. 2, n. 1, p. 15-33, 2015.

MOREIRA, Marco Antonio. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

MOREIRA, M. A. Ensino de Física no Século XXI: Desafios e Equívocos. **Revista do Professor de Física**, v. 2, n. 3, p. 80-94, 4 dez. 2018.

MOURÃO, Matheus Fernandes; SALES, Gilvandenys Leite. O Uso do Ensino por Investigação como ferramenta Didático-Pedagógica no Ensino de Física. Ceará. Experiências em Ensino de Ciências V.13, n.5, p.428-440, 2018.

OKUNO, Emico; CHOW, Cecil; CALDAS, Luiz Iberê. Física para ciências biológicas e biomédicas. São Paulo: Editora Harbra Ltda, 1986. 490 p.

PARANHOS, Márcia Cristina Rocha et al. Metodologias Ativas no Ensino de Física: Uma Análise Comparativa. **UNILUS Ensino e Pesquisa**, v. 14, n. 36, p. 124-131, 2017.

PROJETO PEDAGÓGICO DO CURSO DE GRADUAÇÃO EM LICENCIATURA EM FÍSICA-UFOP. Disponível em: <https://www.soc.ufop.br/public/files/RESOLUCAO_CONGRAD_19_ANEXO_0.pdf> Acesso 01/10/2022.

Programa da Disciplina Física Experimental II – FIS316. Disponível em <<<https://fisica.ufop.br/sites/default/files/defis/files/fis316.pdf?m=1525725086>>> Acesso 01/10/2022.

SILVA, A. R. L.; MACHADO, A. Práticas de Coaching como Ação Inovadora para Potencializar o Aprendizado. SILVA, A. R. L.; BIEGING, P.; BUSARELLO, R. I. (orgs.). **Metodologia ativa na educação**. São Paulo: Pimenta Cultural, 2017.

SOUZA, Aliny; VILAÇA, Argicely; TEIXEIRA, Hebert. Os benefícios da metodologia ativa de aprendizagem na educação .MARTINS, Gercimar. .Metodologias ativas: métodos e práticas para o século XXI. **Quirinópolis: Editora IGM**, 2020.

STUDART, Nelson. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

TAPIA, Jesus Alonso. **Motivação em sala de aula (A)**. Edições Loyola, 1999.

TIPLER, Paul A.; MOSCA, Gene, Física para Cientistas e Engenheiros - Vol. 1, 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

VARELA, Dolir Jose Climaco; DE PAULA, Alexandre Vagtinski. Análise Experimental do Escoamento ao Redor do Corpo de Ahmed. **Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS**, 2016.

VIGOTSKY, L.S; COLE, MICHAEL. **A Formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

ZABALA, Antoni. A prática educativa: como ensinar. trad. **Ernani F. da F. Rosa**. Porto Alegre: **ArtMed**, 1998.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, p. 67-80, 2011.

APÊNDICES

APÊNDICE I

Inserção de Metodologias ativas por meio do Ensino Investigativo em aulas de Física Experimental no Ensino Superior: Proposições e Análises

Nome: _____

Problematização: Questões Norteadoras

1- Qual a relação do texto lido com a problematização?

2- Qual das situações a seguir favorece que o avião fique suspenso no ar: voando a favor ou contrário ao sentido do vento? Justifique sua resposta.

3- Você consegue identificar algum fenômeno físico presente nessa abordagem? Qual(is)?

4- Existe alguma relação entre o movimento do ar nas asas de um avião e em um carro? Qual?

5- Quais são as forças atuantes na problematização? Represente por meio de um desenho.

APÊNDICE II

Inserção de Metodologias ativas por meio do Ensino Investigativo em aulas de Física Experimental no Ensino Superior: Proposições e Análises

Nome: _____

Por favor, leia atentamente as afirmações abaixo e indique seu grau de concordância, sabendo que:

- 1- Discordo totalmente
- 2- Discordo parcialmente
- 3- Meus argumentos para discordar e concordar são equivalentes
- 4- Concordo parcialmente
- 5- Concordo totalmente

Indique apenas uma resposta para cada afirmação.

1 – A Metodologia utilizada e o conteúdo abordado						
1.1	As atividades propostas ajudaram a compreender o conteúdo.	1	2	3	4	5
1.2	As atividades incentivaram na construção de seu conhecimento sobre o conteúdo.	1	2	3	4	5
1.3	A metodologia utilizada ajudou no desenvolvimento de habilidades de pesquisa.	1	2	3	4	5
2 – O despertar do interesse pela aula						
2.1	O modo como a aula foi desenvolvida despertou o seu interesse sobre o assunto.	1	2	3	4	5
2.2	O tipo de abordagem feito torna a aula menos cansativa.	1	2	3	4	5
2.3	Aulas ministradas desta maneira ajudam a identificar os fenômenos físicos presentes em seu cotidiano.	1	2	3	4	5
3 – A metodologia aplicada e o desempenho dos estudantes						
3.1	Atividades desenvolvidas desta forma ajudam a assimilar os conceitos.	1	2	3	4	5
3.2	A metodologia ajuda a explicar melhor os conceitos físicos envolvidos.	1	2	3	4	5
3.3	A Metodologia utilizada é cansativa.	1	2	3	4	5
3.4	Aulas ministradas desta forma dificultam a sua compreensão dos conteúdos estudados.	1	2	3	4	5
4 – Feedback dos estudantes quanto à metodologia						
4.1	O que você mais gostou ao longo das aulas?					

4.2	O que você não gostou nas aulas?
4.3	De todas as atividades desenvolvidas qual você gostou mais? Por quê?

APÊNDICE III

Inserção de Metodologias ativas por meio do Ensino Investigativo em aulas de Física Experimental no Ensino Superior: Proposições e Análises

Nome: _____

DESCRIÇÃO DOS EXPERIMENTOS: RELATÓRIO

Faça uma descrição sobre os experimentos manuseados. É importante que nela haja:

- Métodos utilizados para manipular os experimentos
- O que foi feito durante o desenvolvimento dos experimentos
- Dificuldades encontradas
- Descobertas obtidas
- Relação dos três experimentos
- Conclusões

* Obs: A descrição de cada experimento deverá ser feita separada.