



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CAMPUS AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

THIAGO ACIOLI MACIEL

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NO ENSINO DE FÍSICA

CARUARU
2024

THIAGO ACIOLI MACIEL

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Física.

Área de concentração: Física

Orientador (a): Prof.^a Dr^a. Kátia Calligaris Rodrigues

CARUARU

2024

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Acioli Maciel, Thiago .

Aprendizagem baseada em problemas (PBL) no ensino de física / Thiago
Acioli Maciel. - Caruaru, 2024.

94 p. : il., tab.

Orientador(a): Kátia Calligaris Rodrigues

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de
Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Física - Licenciatura, 2024.

Inclui referências, apêndices, anexos.

1. Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL). 2. Ensino de Física. 3.
Metodologias Ativas. 4. Storytelling. 5. Resolução de Problemas. I. Calligaris
Rodrigues, Kátia . (Orientação). II. Título.

530 CDD (22.ed.)

THIAGO ACIOLI MACIEL

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (PBL) NO ENSINO DE FÍSICA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de licenciado em Física.

Aprovada em: 22/10/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Kátia Calligaris Rodrigues (Orientadora)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. MSc. José Renato dos Santos Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Dedico esse trabalho à minha família que sempre me apoiou ao longo de toda a minha jornada como estudante. Sem esse apoio incondicional de cada um deles, nada disso seria possível. Minha família foi, continua e continuará sendo a base que me manteve, me mantém e me manterá forte ao longo de toda a minha trajetória.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a todos os meus familiares. Em especial, à minha mãe, Eng. Taciana, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando em todas as etapas da vida; ao meu pai, Brayner, por seus valiosos conselhos e orientação, oferecendo junto com a minha mãe, todo e qualquer suporte necessário para realizar meus sonhos; e às minhas irmãs, Luana e Mariana, que sempre me acolheram, apoiaram e estiveram presentes, tanto nos momentos difíceis quanto nos momentos de felicidade. Meu sobrinho e afilhado, Matheus, também merece um agradecimento especial por me inspirar a ser uma pessoa melhor a cada dia, buscando ser o melhor exemplo para ele e lembrando-me que a felicidade reside nas coisas mais simples da vida.

À minha avó Juciane (in memoriam) e à minha bisavó Isaura (in memoriam), meu profundo reconhecimento. Elas foram as principais responsáveis pela formação e educação de toda a nossa família, deixando legados de força, luta e sabedoria. Junto com meus pais, são meus principais exemplos de perseverança e determinação, batalhando diariamente para garantir o melhor futuro para seus filhos. Espero que a minha trajetória traga orgulho a elas, que são fonte constante de inspiração.

Agradeço também a todos os professores que fizeram parte da minha formação ao longo da graduação. Cada um contribuiu de maneira única para o meu aprendizado, seja nos bons ou maus momentos, tudo que foi vivido e assimilado teve grande valor. Agradeço também aos colegas de curso, muitos dos quais seguiram outros caminhos, mas que, sem dúvida, foram essenciais ao longo dessa jornada.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Dra. Katia Calligaris, por ter me acolhido como pupilo e me inserido no GPEHCC – Grupo de Pesquisa em Educação, História e Cultura Científica. Esse grupo ampliou minha visão sobre a educação científica e solidificou meu interesse por essa área, integrada à física, como o foco principal da minha formação. Agradeço, ainda, aos alunos do primeiro período do curso de Física Licenciatura de 2022.1, que participaram da aplicação deste trabalho, dedicando-se de forma admirável. Estou certo de que, se assim desejarem, serão profissionais de excelência.

Por fim, agradeço às minhas referências acadêmicas dentro da família: PhD. Abdênago Barros, Dra. Tatiana Acioli e Dr. Fabio Luís. Vocês sempre me apoiaram quando precisei, sendo exemplos inspiradores do que almejo alcançar em minha trajetória acadêmica.

"A principal meta da educação é criar homens que sejam capazes de fazer coisas novas, não simplesmente repetir o que outras gerações fizeram." (PIAGET, 1976, p. 24).

"A mente que se abre a uma nova ideia jamais volta ao seu tamanho original." (EINSTEIN, 1949, p. 47).

RESUMO

O objetivo deste trabalho é concitar a implementação da PBL (Problem-Based Learning - Aprendizagem baseada em Problemas) no ensino de física, seja no ensino médio ou no ensino superior. Atualmente, é perceptível o aumento na necessidade de reformulação das práticas educacionais, não que as atuais não funcionem, mas a demanda aumenta com o passar do tempo por conta da revolução digital e a globalização das informações científicas. Lidar com as informações, organizá-las e direcioná-las de uma forma eficiente está diretamente relacionado a estrutura metodológica da PBL. O que falta, afinal é a união entre essa metodologia e o ensino da física, que ainda está estruturado e estagnado sobre o modelo tradicional. O modelo de aplicação desta metodologia acontece na forma de três encontros, que podem ser estendidos para até quatro encontros dependendo da necessidade e desenvolvimento da turma. Os alunos formam grupos e debatem entre eles sobre as resoluções formuladas, antes, durante e após as pesquisas, aproveitando, desenvolvendo e explorando as diversas habilidades relacionadas. Após a elaboração das soluções é realizada a apresentação delas, avaliada por uma banca convocada pelo professor. No fim, é divulgado a eles o “feedback” dos seus respectivos trabalhos. Portanto, motivando e dando eficiência ao aprendizado.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Problemas; Ensino de Física; Metodologias Ativas; *Storytelling*; Resolução de Problemas.

ABSTRACT

This work aims to promote the implementation of PBL (Problem Learn-Based Learning) in the teaching process of physics in high school or higher education. Currently, there is a noticeable increase in the need to reformulate educational practices, not that the current ones do not work, but what is under analysis is that the demand increases due to the digital revolution and the globalization of scientific information. Dealing with information, organizing and directing it efficiently, is directly related to the methodological structure of PBL. What is lacking is the union between this methodology and the teaching of physics, which is still stable and established on the traditional model. The application model of this methodology takes place in the form of three meetings, which might get wider to four reunions according to the needs and development of the group. Students form groups and debate about the formulated resolutions before, during and after the research, taking advantage of, developing and exploring the various related skills. After having elaborated the solutions, they are presented and evaluated by a panel convened by the professor. In the end, the “feedback” of their respective works reaches a disclosure to them. Therefore, motivating and giving efficiency to learning.

Keywords: Problem-Based Learning; Physics Teaching; Active Methodologies; Storytelling; Problem Solving.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 –	Comparações entre o ensino tradicional e a aprendizagem baseada em problemas.	23
Quadro 2 –	Apresentação e contatos iniciais com a situação-problema.	25
Figura 1 –	Componentes dos resultados de aprendizagem da PBL.	30
Figura 2 –	Trilha de aprendizagem da aprendizagem baseada em problemas.	32
Figura 3 –	Estrutura do modelo 3C3R de criação de problemas propostos por Hung (2006).	35
Quadro 3 –	Apresentação e contatos iniciais com a situação-problema.	37
Figura 4 –	Mapa conceitual sobre ciclo-trabalho para a resolução de um problema utilizando a PBL.	43
Figura 5 –	Mapa mental sobre a aplicação da PBL no ensino de física.	45
Quadro 4 –	Critério de avaliação para os avaliadores.	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Relacionando a Taxonomia de Bloom com a aplicação da ABP.	28
Tabela 2 –	Estágios da ABP.	33
Tabela 3 –	Divisão da turma em grupos.	42
Tabela 4 –	Roteiro de Aula.	47
Tabela 5 –	Parâmetros estabelecidos para as histórias.	48
Tabela 6 –	Relações entre os componentes centrais e processuais do modelo 3C3R de Hung (2006).	53

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Problemas
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAA	Campus Acadêmico do Agreste
EF	Ensino de Física
PBL	<i>Problem-based Learning</i>
SP	Situação-problema
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco

LISTA DE SÍMBOLOS

XX	Número Romano que significa 20.
XXI	Número Romano que significa 21.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVO GERAL.....	17
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
2	APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA	18
2.1	REFORMULAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA?.....	19
2.2	CONTEXTUALIZANDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA PARA A FÍSICA.....	21
2.2.1	Os desafios de abordar e resolver problemas no ensino de física.....	23
2.2.1.1	Sistematizando a situação-problema.....	25
2.3	O PAPEL DA METACOGNIÇÃO & AUTORREGULAÇÃO NA IMPLEMENTAÇÃO DA ABP.....	29
2.4	O PAPEL DOS AGENTES PARA A ABP NO ENSINO DE FÍSICA.....	31
2.5	ESTÁGIOS DA ABP & COMO ESCOLHER & RESOLVER UM PROBLEMA.....	33
2.6	<i>STORYTELLING</i>	36
3	COMO SERIA A FÍSICA SE OS VETORES NÃO EXISTISSEM?.....	40
3.1	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	40
3.1.1	Campo da pesquisa e envolvidos.....	41
3.2	APLICANDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA NA FÍSICA.....	41
3.3	RESOLUÇÃO DO PROBLEMA.....	45
3.4	ROTEIRO, APRESENTAÇÕES, PROPOSTA AVALIATIVA E O <i>FEEDBACK</i>	46
4	RESULTADOS & DISCUSSÃO.....	50
5	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	56
	APÊNDICE A – PLANO DE AULA.....	60
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE AULA.....	61

APÊNDICE C – GUIA AVALIATIVA DAS APRESENTAÇÕES...	63
ANEXO A – TRABALHO GRUPO 1.....	71
ANEXO B – TRABALHO GRUPO 2.....	75
ANEXO C – TRABALHO GRUPO 3.....	82
ANEXO D – TRABALHO GRUPO 4.....	87
ANEXO E – TRABALHO GRUPO 5.....	90
ANEXO F – TRABALHO GRUPO 6.....	92

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento do conhecimento científico é evidente em nosso cotidiano pelas inúmeras tecnologias que nos cercam. No entanto, o ensino nas escolas ainda permanece, em grande parte, vinculado a métodos tradicionais, que não integram adequadamente as novas tecnologias ao processo de ensino e aprendizagem. Isso reflete uma discrepância significativa entre o avanço tecnológico e a abordagem educacional praticada.

A literatura aponta que essa situação é um desafio global, com barreiras como falta de infraestrutura adequada, resistência dos professores e insuficiente formação tecnológica dos educadores, impactando negativamente o potencial de inovação, criatividade e evolução intelectual humana. (Durff & Carter, 2019; Lemoine et al., 2020). Como consequência disso vemos a manutenção e o crescimento dos índices de reprovação, abandono e desmotivação com relação à disciplina, tanto na Educação Básica, quanto no Ensino Superior.

Nas universidades, embora se observe um uso mais frequente de tecnologias educacionais, como ambientes virtuais e ferramentas digitais, ainda persiste a predominância do ensino tradicional, em destaque o ensino da física, ainda caracterizado por aulas expositivas e uma avaliação focada em conteúdos decorados.

Apesar dos avanços tecnológicos, o uso efetivo dessas ferramentas no ensino requer uma integração cuidadosa e planejada, a fim de melhorar os resultados educacionais e transformar as práticas pedagógicas de forma significativa (Brookings, 2020; Janssen, 2020). A utilização de metodologias ativas, mais especificamente da Aprendizagem Baseada em Problemas no ensino de física é um processo que precisa ser ainda mais estudado e aprofundado, tendo isso em vista, esse trabalho buscou desenvolver uma metodologia prática e eficiente para o ensino e aprendizagem dos alunos, modificando o eixo educacional e dando mais liberdade para o aluno, evidenciando suas individualidades, seu autodidatismo e sua criatividade.

A física é uma disciplina fascinante, que permeia todos os aspectos do universo, desde o menor átomo até as vastas galáxias. Como Carl Sagan (1980) destacou, a ciência não é apenas um corpo de conhecimento, mas uma maneira de pensar, e isso deveria ser refletido no ensino da física. Richard Feynman (1965), por sua vez, sempre defendeu que a física deve ser ensinada de maneira simples e acessível, conectando-a ao cotidiano, pois "se não consegue explicar algo de forma

simples, é porque não o compreendeu bem o suficiente". No entanto, muitos professores ainda se limitam a materiais didáticos e ao quadro, ignorando a física que está presente em todas as partes da vida.

Neil de Grasse Tyson (2017) reforça essa visão ao argumentar que a ciência não está confinada a livros ou fórmulas, mas é parte da maneira como entendemos o mundo ao nosso redor. Embora os materiais didáticos tenham sua importância, especialmente para preparar os alunos para avaliações, essa abordagem isolada não captura a verdadeira essência da física, que deve ser vivenciada e experimentada, não apenas memorizada.

Com o avanço das tecnologias, nunca foi tão desnecessário decorar informações, já que agora as temos literalmente na palma das mãos, disponíveis a qualquer momento. Como defende Carr (2010), a internet alterou profundamente a maneira como acessamos e processamos informações, tornando a memorização menos relevante. No entanto, o simples acesso a essa vasta quantidade de dados é inútil sem a capacidade de utilizá-los de forma efetiva.

Como destaca Siemens (2005), o principal desafio da era da informação é desenvolver habilidades que nos permitam navegar e interpretar essa abundância de conhecimento, algo que o modelo tradicional de ensino não aborda adequadamente. O método que mais se aproxima dessa necessidade é o utilizado pelos pesquisadores, que, conforme sugerido por Collingwood (1946), trabalham com o pensamento crítico, analisando diversas fontes e buscando os melhores dados e avaliações para solucionar problemas.

Oferecer a oportunidade de aprender por meio da problematização, de forma ativa, é cada vez mais requisitado, pois aproxima o aluno de situações reais e o ajuda a desenvolver habilidades necessárias para a tomada de decisões. De acordo com Dewey (1938), a educação deve ser baseada na experiência, e a aprendizagem ativa é uma maneira eficaz de capacitar os alunos. Para que isso ocorra, é essencial o desenvolvimento de sistemáticas bem elaboradas e de bons problemas, como sugere Munhoz (2022) ao tratar da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), segundo o autor, problemas bem elaborados são essenciais para que os alunos adquiram competências, que são imprescindíveis para o desenvolvimento de habilidades cognitivas superiores, conforme descrito pela Taxonomia de Bloom (1956). Essas abordagens influenciam os alunos a testarem e refinarem suas habilidades e conhecimentos, aprimorando-os de maneira mais eficaz e significativa.

A utilização da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no ensino de física apresenta grande potencial para aprimorar a qualidade da educação nessa disciplina. No entanto, ainda são poucos os estudos que adotam essa metodologia no ensino de física, apesar de sua ampla aplicação e dos resultados expressivos alcançados em áreas como a saúde e as ciências biológicas, onde a ABP tem demonstrado ser uma abordagem eficaz para promover uma aprendizagem profunda e significativa. Esse tipo de metodologia inverte a lógica tradicional de primeiro a teoria depois a prática, substituída por outra que estabelece uma união de ambos os conceitos (Lopes et al., 2019).

Destarte, a aplicação de um modelo base para o desenvolvimento e aplicação da PBL é desenvolvido nesse trabalho, a fim de viabilizar a aplicação dessa metodologia no ensino da física. Ensinar física está intimamente conectado à resolução de problemas, adotar uma estratégia que trabalhe essa resolução de problemas de forma reflexiva traria ganhos significativos aos processos cognitivos e metacognitivos da aprendizagem (Silva & Rodrigues, 2020).

1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar os impactos e consequências da implementação da ABP no processo de ensino e aprendizagem dos discentes de física.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Promover a manutenção e desenvolvimento de habilidades de pesquisa.
- Promover o desenvolvimento de habilidades de trabalho em grupo.
- Explorar habilidades de resolução de um problema, por meio da aprendizagem ativa.
- Desenvolver e promover a construção de *storytellings*, aplicando os conhecimentos adquiridos pelos alunos nas pesquisas.

2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS NO ENSINO DE FÍSICA

A primeira aparição do *Problem-based learning (PBL)* do inglês, ou da Aprendizagem baseada em problemas (ABP) do português, ocorreu na Universidade McMaster, no Canadá, em meados da década de 1960, na escola de medicina. Sua implementação foi impulsionada pela necessidade de aprimorar as capacidades dos discentes, que se mostravam aquém do esperado no que se refere à aplicação dos conteúdos conceituais ensinados. Além disso, os estudantes demonstravam poucas habilidades práticas, e as que possuíam eram pouco dinâmicas (Barrows; Tamblyn, 1980).

Ao longo dos anos, a ABP foi ganhando forma e passando por uma série de testes que validaram sua eficácia. No Brasil, a ABP foi introduzida em 1993 na Escola de Saúde Pública do Ceará (Mattos et al., 2004). Atualmente, essa metodologia é aplicada em diversas universidades ao redor do mundo, bem como em várias regiões do Brasil, abrangendo não apenas a área da saúde, mas também outras áreas acadêmicas, como pedagogia, administração, engenharia e o ensino de matemática (Munhoz, 2009). Com a premissa de conectar o mundo real ao acadêmico, a ABP estimula o desenvolvimento conceitual, prático e emocional dos estudantes, consolidando-se como uma ferramenta viável para as estratégias de ensino e aprendizagem.

A ABP se mantém em constante inovação, modificação e adaptação, promovendo transformações significativas aos ambientes tradicionais de ensino. De acordo com Munhoz (2022), fornece “maior qualidade de ensino e aprendizagem”. Atualmente, é considerada um método analítico de construção de conhecimento, cuja aplicação tem sido requisitada em diversas áreas por conta de seus êxitos, como a promoção de competências e habilidades que atendem aos atuais objetivos de ensino e aprendizagem (Hung, 2006). Além disso, os ambientes colaborativos, promovidos pela ABP, são cada vez mais requisitados por se assimilarem ao modelo profissional, preparando o estudante não apenas para ser um detentor de conhecimento significativo, mas também o preparando para tornar-se um grande profissional em sua área, através da implementação dessa metodologia. Dessa forma, preenchendo as lacunas que o ensino tradicional deixa com relação a formação do estudante de física.

2.1 REFORMULAÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA?

O modelo tradicional de ensino de física consiste no professor como o centro do aprendizado, assumindo o papel de protagonista e indicando os caminhos que os alunos devem seguir. Embora muitos professores de física sejam bons profissionais, como afirmam Ausubel (2003) e Vygotsky (1998), essa abordagem pode ser limitante, pois não considera as individualidades, particularidades e principalmente a criatividade de cada aluno. Gardner (1993) argumenta que o respeito às diferentes formas de aprendizagem é essencial para um ensino mais eficaz e inclusivo.

Por conseguinte, se faz necessária mudanças que supram a necessidade dos alunos e preencham as lacunas educacionais deixadas pelo modelo tradicional; Piaget argumenta que o objetivo da educação não deve ser maximizar a quantidade de informação que os estudantes memorizam, mas, sim, ensiná-los a "aprender a aprender", promovendo seu desenvolvimento contínuo e autônomo (Piaget, 1970; 1972). Ademais as particularidades não podem ser descartadas, como no modelo tradicional, cada aluno aprende de um jeito e suas individualidades precisam ser respeitadas e estimuladas.

Imaginemos um cenário em que uma turma possui vários alunos com diferentes culturas, pensamentos e formas de enxergar o mundo. Esses alunos, muitas vezes, precisam se adaptar à maneira como o professor ensina e cobra deles. Caso o aluno não consiga acompanhar, ele acaba ficando para trás. Segundo Vygotsky (1998), a aprendizagem eficaz ocorre na zona de desenvolvimento proximal, ou seja, quando o aluno recebe apoio adequado para avançar. No entanto, como o tempo e a atenção do professor são limitados, aqueles com maior capacidade de desenvolvimento frequentemente não são desafiados de maneira apropriada. Isso leva à criação de um ensino parametrizado pela média da turma, ao invés de valorizar as individualidades, como aponta Gardner (1993). Ausubel (2003) também sugere que um ensino significativo precisa considerar o conhecimento prévio e a diversidade dos alunos.

Faz-se necessário desenvolver alternativas pedagógicas que rompam com os métodos tradicionais, a fim de melhorar a eficácia da aprendizagem e elevar os padrões do ensino. Como destaca Piaget (1970), os alunos devem aprender de acordo com suas próprias habilidades e estágio de desenvolvimento, e não apenas conforme as capacidades do professor. Gardner (1993) reforça que é essencial que os alunos conheçam as ferramentas e métodos que podem usar para promover seu

próprio desenvolvimento, favorecendo um ensino mais individualizado. Além disso, Vygotsky (1998) sugere que, como o aluno passa grande parte do tempo estudando de forma autônoma, é crucial ensiná-lo a trabalhar de maneira independente. Conforme a famosa expressão "o conhecimento liberta", ter acesso às ferramentas adequadas para se tornar autodidata pode libertar o aluno da dependência de sempre ter alguém para orientá-lo ou cobrar seu progresso.

Com isso, é perceptível que trabalhar com problemas é uma forma de dar liberdade ao aluno e com isso fazer com que ele explore mais suas individualidades. Peduzzi (1997, p. 229) afirma que "a resolução de problemas é de uma variedade infinitamente grande. Ela se faz presente rotineiramente, não apenas no trabalho dos cientistas e nas atividades escolares dos estudantes, mas no dia a dia das pessoas, em geral." Diante disso, é essencial que o processo de ensino-aprendizagem inclua a apresentação de problemas de maneira que os estudantes possam, constantemente, desenvolver novas habilidades para resolvê-los.

Barrows (1986) reforça essa visão ao defender que a Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) permite que os alunos desenvolvam competências essenciais para lidar com a resolução de problemas, preparando-os para situações reais. Além disso, Dewey (1938) destaca a importância de uma educação ativa e experiencial, onde os estudantes são desafiados a resolver problemas práticos, o que potencializa o desenvolvimento cognitivo e a autonomia.

À medida que mais problemas surgem, mais habilidades são exigidas dos estudantes, que entram em uma fase prática de controle volicional. Segundo Silva e Rodrigues (2020, p. 73), esse processo ocorre "quando a estudante monitora o andamento da tarefa e muda de estratégia quando esta não está indo conforme o planejado ou em direção à concretização dos objetivos estabelecidos". Esse ciclo de monitoramento contínuo e ajuste estratégico é fundamental para o desenvolvimento da autorregulação da aprendizagem, o que resulta em uma melhor compreensão conceitual.

Moreira (2018, p. 76) reforça essa ideia ao afirmar que "a modelagem está na base da Física; conceitos são muito mais importantes do que fórmulas, e aprender a perguntar em Física é mais valioso do que simplesmente saber as respostas corretas". Nesse sentido, a aprendizagem baseada em problemas, como defendem Barrows e Tamblyn (1980), oferece um ambiente propício para que o estudante desenvolva essas competências, promovendo uma integração mais profunda entre teoria e

prática. Dewey (1938) argumenta que "a educação deve ser experiencial, onde o aprendizado se dá por meio da interação com o meio e a reflexão sobre a experiência".

O conhecimento cooperativo não seria negligenciado, pois é essencial para o desenvolvimento da humanidade como um todo. No entanto, a ideia central deve ser o desenvolvimento do indivíduo para que ele possa atuar em sociedade, e não o contrário, como frequentemente ocorre no modelo tradicional.

Segundo Vygotsky (1998), a interação social é crucial para o aprendizado, mas, como aponta Piaget (1970), o indivíduo também precisa desenvolver suas próprias ferramentas cognitivas. No modelo tradicional, o ensino é coletivo, mas a avaliação é individual, o que não é um modelo justo, já que o ensino é moldado para "todos", ou, na verdade, apenas para aqueles que conseguem absorver o conteúdo com facilidade. Aqueles que têm dificuldades acabam recorrendo a seus próprios métodos de aprendizagem.

No entanto, por não possuírem conhecimento das ferramentas adequadas, como as descritas na Taxonomia de Bloom (1956), que vai desde a lembrança e compreensão até a criação e avaliação, esses alunos são prejudicados. Muitos precisam buscar ajuda externa, como professores particulares ou reforços, para alcançar níveis mais avançados de pensamento e superar essas lacunas.

2.2 CONTEXTUALIZANDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA PARA A FÍSICA

Na física, um problema é uma situação que envolve a aplicação de conceitos físicos para ser compreendida e resolvida. A física estuda fenômenos do mundo natural, buscando explicá-los ou prever seu comportamento por meio de leis, teorias e modelos físico-matemáticos. A complexidade dos problemas pode variar desde aplicações diretas de fórmulas até questões mais complexas, que exigem a integração de diferentes conceitos e modelos. Historicamente, a física foi construída pela busca humana dessas explicações dos fenômenos naturais e cotidianos; um exemplo clássico é Isaac Newton, que em 1666 desenvolveu o cálculo diferencial e integral para entender com mais profundidade e conseguir modelar esses fenômenos.

Suas descobertas foram publicadas em 1687 no influente livro *Principia* (Newton, 1687). A busca por respostas para os "porquês" da natureza elevou a física ao seu patamar atual e continua a alimentar novas descobertas diariamente. Problemas bem modelados não apenas preparam o físico para enfrentar situações

reais, mas também servem como base para a formulação de leis, princípios, teorias e modelos físicos (Tipler; Mosca, 2007).

A modelagem tradicional dos problemas na física, muitas vezes, é simplificada com o intuito de eliminar aspectos irrelevantes que possam dificultar a resolução do problema. Dessa forma, os físicos buscam concentrar-se apenas nos elementos essenciais. Segundo Hewitt (2015), a compreensão dos conceitos físicos deve ser priorizada em relação à simples aplicação de fórmulas. Ele argumenta que os alunos devem primeiro focar no entendimento dos princípios fundamentais antes de utilizarem as ferramentas matemáticas, pois isso promove um aprendizado mais profundo e duradouro.

A modelagem da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no ensino de física deve buscar se assemelhar ao modelo de pesquisa científica, uma vez que ambos envolvem processos investigativos e o desenvolvimento do pensamento crítico. Tanto a ABP quanto a pesquisa científica incentivam a busca ativa por conhecimento, fomentando a curiosidade, a formulação de novas perguntas, a resolução de problemas e a construção de novas compreensões sobre o objeto de estudo (Hung, 2006).

Nesse contexto, tanto o pesquisador quanto o estudante se deparam com questões que surgem a partir de suas experiências e formações, levando-os a desenvolver hipóteses que tentam validar por meio de referenciais teóricos, como leis, teorias e teoremas (Munhoz, 2022).

O processo envolve a coleta e análise de dados, a revisão das informações e a busca por soluções. Embora, na ABP, o problema seja frequentemente proposto pelo professor (tutor), há uma flexibilidade que permite aos estudantes adaptá-lo às suas próprias realidades. Diferentemente da pesquisa científica tradicional, que pode ser conduzida individualmente, a ABP exige colaboração entre os estudantes, sendo essa colaboração parte integrante da avaliação. Além disso, a resolução dos problemas é direcionada para atender aos objetivos específicos de uma disciplina, conforme os requisitos estabelecidos pelo professor (Mattos et al., 2004).

Separando os aspectos de Abordagem, Problema, Ensino, Cognição e metacognição, a participação do professor, do aluno e por fim, o tipo de conhecimento, temos o Quadro 1. Esse quadro traz a síntese das principais características dessa metodologia e seus aspectos importantes. Tendo isso em vista, podemos comparar de forma inicial as modelagens do ensino tradicional e a ABP da seguinte forma:

Quadro 1 – Comparações entre o Ensino tradicional e a Aprendizagem Baseada em Problemas.

Abordagem	Problema	Ensino	Cognição & Metacognição	Professor	Aluno	Conhecimento
Ensino Tradicional de Física.	Proposto, apresentado, estruturado e avaliado pelo professor, com foco em memorização para utilização em provas.	Centrada no professor, dinâmica e escolhas nas mãos dele, agente principal do processo e detentor do conhecer. Aluno agente passivo.	Estudantes aplicam o que lhes foi ensinado em exames avaliativos. Metacognição, não é responsabilidade do estudante.	Detentor do conhecimento. Direciona o ensino. Avalia o estudante.	É ensinado em grupo, avaliado individualmente, de acordo com o que conseguiu memorizar acerca da matéria.	Sistemático, professor como transmissor, aluno apenas como receptor. Não questionado, aplicado em provas.
ABP no Ensino de Física.	Proposto e apresentado pelo professor (tutor), abordado e estruturado pelo aluno, com foco em desenvolvimento de habilidades para utilização no cotidiano, avaliado por uma banca.	Centrado no Aluno, dinâmica e escolhas nas mãos dele e do grupo, agente principal do processo e resolução. Professor como orientador e guia do processo.	Estudantes utilizam de ferramentas de pesquisa para encontrar suas próprias respostas e estratégias a fim de validar os seus conhecimentos, aplicando-os em um <i>storytelling</i> .	Guia do processo, não deixa o estudante se desviar dos objetivos. Participa do processo como colega de investigação. Escuta o estudante e está sempre a disposição. Avalia aprendizagem.	É livre e responsável por suas escolhas acerca do que aprender para solucionar o problema. É avaliado durante todo o processo, inclusive como lida com as dinâmicas do grupo.	Cooperativo, desenvolvido através de interações com todo o processo. Aprende a visualizar, refletir, analisar, sintetizar e aplicar a física em suas rotinas. Aprende como aplicá-lo e desenvolver suas próprias pesquisas.

Fonte: Próprio autor, 2024 (adaptado de Lopes et al., 2019).

2.2.1 Os desafios de abordar e resolver problemas no ensino de física

No Brasil, devido aos déficits no ensino de ciências, matemática e língua portuguesa, somados ao baixo índice de leitura, faz com que a física seja frequentemente percebida como uma disciplina distante e de difícil compreensão. Muitos a consideram acessível apenas para pessoas extremamente inteligentes ou estudiosas, o que reforça a ideia de que a física é uma área restrita ao ambiente científico. No entanto, a física faz parte do cotidiano de todos, mesmo sem percebermos. Seja ao cozinhar, abrir uma torneira, dirigir um carro ou simplesmente

levantar-se da cama, estamos utilizando conceitos físicos o tempo todo. A questão é que, embora a física esteja presente em nossas rotinas diárias, muitas pessoas não têm consciência de que aplicam esses conceitos no dia a dia (Hewitt, 2015). Esse distanciamento entre a física e o público geral deve-se, em parte, à forma como a disciplina é apresentada nas escolas, o que torna essencial uma abordagem mais prática, cativante e contextualizada para facilitar seu entendimento e mudar as visões equivocadas.

O ensino tradicional da física reforça a ideia de que a disciplina é complexa e distante, ao focar excessivamente na memorização de fórmulas e na preparação para o vestibular, em vez de incentivar a compreensão dos conceitos subjacentes. Sob a perspectiva da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1963), os problemas físicos estão ao nosso redor e estamos constantemente resolvendo-os de forma intuitiva, sem perceber.

Para que esse aprendizado se torne mais efetivo, é necessário direcioná-lo adequadamente. John Dewey (1938) defendeu que o aprendizado é uma experiência ativa, e quando os problemas são contextualizados no cotidiano dos alunos, a aprendizagem se torna mais relevante e significativa. Segundo Munhoz (2022), problemas bem elaborados são cruciais para que os alunos desenvolvam competências e adquiram uma visão científica do mundo. Ao lidar com esses problemas, os estudantes são capazes de visualizar, refletir, analisar, sintetizar e aplicar a física em suas rotinas. Esse processo não apenas aprimora suas habilidades cognitivas, mas também promove o desenvolvimento de suas inteligências, permitindo que compreendam a física de maneira integrada e prática.

No ensino superior, o aluno de física é frequentemente direcionado para livros e materiais didáticos, ainda com ênfase na aplicação de fórmulas, sem se atentar suficientemente aos conceitos e à física presente ao seu redor. Isso resulta na formação de um físico mais preparado para resolver problemas teóricos dos livros, mas menos apto a lidar com os desafios da vida real. Embora os problemas dos livros sejam importantes e contribuam significativamente para o aprendizado do estudante, é essencial que ele desenvolva a capacidade de transpor esses problemas simulados para situações concretas. Sem essa habilidade, o estudante dificilmente se tornará um bom físico.

Como demonstram os exemplos de Albert Einstein, Isaac Newton, James Clerk Maxwell e Michael Faraday, todos grandes físicos que deixaram contribuições

inestimáveis à humanidade, a verdadeira excelência na física vem da busca por compreender a realidade e aplicar o conhecimento para resolver problemas do mundo real (Tipler; Mosca, 2007).

Para resolver os problemas relacionados ao ensino de física, é fundamental que os professores encontrem alternativas que abordem as lacunas históricas deixadas pelo sistema educacional brasileiro. Richard Feynman, um dos grandes físicos do século XX, visitou o Brasil na década de 1950 e ficou decepcionado com o ensino de física no país. Segundo ele, o entendimento dos professores é superficial, o que leva à seguinte constatação: “Os estudantes não sabem nada. Eles decoram, mas não sabem nada. Eles não conseguem resolver problemas ou entender os princípios fundamentais da física” (Feynman, 1985, p. 209). Além disso, Feynman observou uma desconexão entre teoria e prática, afirmando que os estudantes “memorizam todas as palavras e podem repeti-las, mas não sabem o que isso significa, nem se interessam por seu significado” (Feynman, 1985, p. 209). Adversar:

A solução para esse problema é ensinar o que as coisas realmente são. Não é só dar definições, mas fazer com que os estudantes entendam o que essas palavras significam, mostrando exemplos da vida real e incentivando-os a pensar por si próprios. (Feynman, 1985, p. 210).

2.2.1.1 Sistematizando a situação-problema

A situação-problema é o ponto de partida da ABP, tratasse do problema central apresentado e contextualizado em uma condição de estudo. O professor escolhe, introduz e apresenta de forma inicial a situação-problema.

Quadro 2 – Apresentação e contatos iniciais com a situação-problema.

Apresentação	Conhecimentos Prévios	Fatos	Plano de ação
Parte do professor (tutor) a apresentação e ambientação inicial do problema. Tem como objetivo principal instigar, motivar e provocar os alunos a raciocinar acerca do problema proposto.	Professor: Explorar como ferramenta para identificação, familiarização e base para a solução inicial. Aluno: Buscar identificar no problema associações a vivências e conceitos já vistos.	Estabelecidos após o debate acerca dos conhecimentos prévios, na formação de grupos esses fatos já aparecerão. São a forma de validação dos conhecimentos prévios.	Professor: Orientar os alunos. Aluno: Traçar junto aos seus colegas estratégias para lidar com o problema, dividir as tarefas. Utilizar mecanismo de busca como livros, artigos e a internet.

Fonte: Próprio autor (2024) baseado em Lopes et al. (2019), Munhoz (2022).

A situação-problema é complexa e aberta, sem uma solução única ou evidente, desse modo, exige que o aluno utilize de seus conhecimentos prévios, ferramentas de pesquisa, suas habilidades de investigação, seu pensamento crítico e a colaboração de grupos e o professor para resolvê-la.

A união de diferentes fatos contribui diretamente para o embasamento da situação-problema, e esse processo pode ser facilitado por meio da colaboração entre os envolvidos. Conforme afirma Hewitt (2002), “um fato é geralmente uma concordância estreita entre observadores competentes sobre uma série de observações do mesmo fenômeno” (p. 8). Portanto, ao reunir diferentes observadores e orientá-los adequadamente, é possível chegar a uma compreensão mais precisa dos fatos, o que, por sua vez, facilita a resolução da situação-problema.

Para a ABP a aplicação de uma situação-problema consiste na utilização de eixos, lidar com os conhecimentos prévios dos alunos é essencial para desmistificar e já preparar o aluno para a pesquisa. De maneira inicial, o professor precisa fazer com que o aluno recorra a seu intelecto, esse recurso é fundamental para tirar o máximo do aluno desde o primeiro contato dele com o problema. Uso de analogias, simplicidade nos problemas, utilização de recursos digitais e explorar o ambiente educacional são alternativas para apresentar o problema da melhor forma.

O problema pode ser simples, a resposta é menos importante que a forma como estudante lida com o problema, é por esse caminho que o professor trilha as estratégias de avaliação. Nada na ABP é por acaso, tudo é planejado previamente e sistematizado de acordo com o que a disciplina pede e o que a turma rende. Independente se for trabalhado no ensino médio ou superior o planejamento metodológico será o mesmo. Apesar de ter uma estrutura muito clara e objetiva, existem algumas diferenças pontuais com relação as áreas de aplicação da ABP.

A ABP é uma abordagem pedagógica flexível que varia conforme o contexto em que é aplicada. Na medicina, por exemplo, sua aplicação se dá por meio de casos clínicos reais, nos quais os alunos precisam diagnosticar e propor tratamentos para os pacientes. Essas situações-problema são complexas e multidimensionais, exigindo do estudante uma compreensão profunda de várias disciplinas médicas, como infectologia, fisiologia, farmacologia e ética médica (Barrows; Tamblyn, 1980). O objetivo central é desenvolver habilidades clínicas, raciocínio crítico e capacidade de tomada de decisão, preparando o aluno para a prática médica. A discussão em grupo sobre esses casos é essencial para o crescimento dos futuros médicos, pois a troca

de experiências e conhecimentos contribui significativamente para a formação de um profissional competente. Além disso, a avaliação no contexto da ABP tende a ser holística, considerando não apenas o conhecimento teórico, mas também a capacidade do estudante de aplicar esse conhecimento em situações práticas (Munhoz, 2009).

O campo das ciências difere da medicina em alguns aspectos, especialmente quanto à natureza dos problemas enfrentados. Nas ciências, os problemas podem ser mais amplos e nem sempre estão diretamente relacionados a situações do mundo real, dependendo do objetivo que o professor (tutor) deseja alcançar com a situação-problema. Os alunos podem ser desafiados a resolver questões teóricas, experimentais ou uma combinação de ambas. No entanto, assim como na medicina, é necessário aplicar conceitos científicos para resolver o problema, ainda que em um contexto mais simplificado e controlado. O foco está no desenvolvimento da compreensão dos conceitos científicos, bem como no aprimoramento de práticas e habilidades experimentais, além de promover o pensamento crítico (Hung, 2006).

A ênfase principal recai sobre a construção do conhecimento científico e o desenvolvimento das habilidades de investigação dos estudantes. Para a avaliação, são testados tanto o conhecimento conceitual quanto a capacidade de colaboração, troca de ideias e resolução de problemas. Embora a investigação nas ciências seja menos formalizada em comparação com a medicina, ela ainda desempenha um papel crucial. A interdisciplinaridade é também um fator chave no desenvolvimento das ciências, permitindo que, dependendo da situação-problema, os alunos naveguem por conceitos históricos, geográficos, biológicos, físicos, químicos e matemáticos. As possibilidades são vastas e variam de acordo com a natureza da solução necessária (Dewey, 1938).

De acordo com Munhoz (2022), os alunos são responsáveis por determinar o plano de ação do problema, mas ele não realiza essa tarefa de forma isolada. O professor atua como um tutor, oferecendo orientações que servem como guia no vasto campo de escolhas que o aluno deve fazer. A escolha dos caminhos pelo aluno deve ser fundamentada nos três domínios da Taxonomia de Bloom: cognitivo, afetivo e psicomotor (Bloom et al., 1956). Embora todos esses eixos sejam desenvolvidos ao longo do processo de aprendizagem, é essencial que o aluno, desde o início, tenha uma identificação com o problema escolhido, o que facilita significativamente a construção da solução.

A taxonomia de Bloom pode ser utilizada como referência para criar problemas que estimulem o desenvolvimento cognitivo em todos os níveis, implicando em A ABP promove esses níveis naturalmente, demandando que os alunos apliquem seus conhecimentos de maneira prática e crítica, analisando os múltiplos fatores relacionados ao problema, podendo criar soluções inovadoras.

Tabela 1 – Relacionando a Taxonomia de Bloom com a aplicação da ABP.

Lembrar	Compreender	Aplicar
Na Taxonomia, é o nível mais básico, o aluno é incentivado a recordar informações previamente adquiridas (Bloom et al., 1956),	Na Taxonomia, é o nível que o aluno demonstra a capacidade de absorver e interpretar a informação (Bloom et al., 1956).	Na Taxonomia, é o nível que o aluno utiliza o conhecimento e as habilidades adquiridas para resolver problemas específicos (Bloom et al., 1956).
Na ABP, ocorre durante a fase de identificação dos conceitos prévios.	Na ABP, essa fase ocorre durante a discussão do problema, seja ele tentando explicar com as próprias palavras ou formulando as hipóteses iniciais.	Na ABP, esse nível ocorre durante o desenvolvimento da solução, quando o aluno precisa aplicar os conceitos teóricos estudados.
Analisar	Avaliar	Criar
Na Taxonomia, esse nível desafia o aluno a examinar e dividir o problema em partes menores, identificando padrões, relacionamentos e distinções (Bloom et al., 1956).	Na Taxonomia, ocorre quando os alunos fazem questionamentos sobre a eficácia das soluções e abordagens.	Na Taxonomia, nível mais avançado, ocorre quando os alunos sintetizam as informações e criam ideias ou propostas de soluções.
Na ABP, esse nível ocorre quando os estudantes comparam diferentes abordagens e investigam as causas e as consequências do problema.	Na ABP, isso ocorre quando se critica, questiona e revisa as possíveis soluções.	Na ABP, isso é essencial para a formulação da solução final do problema, nesse nível o aluno já está nutrido de todos os outros níveis.

Fonte: Próprio Autor (2024) com base em Bloom et al. (1956), Munhoz (2022).

É evidente a interligação entre os níveis da Taxonomia de Bloom e a estruturação das etapas da ABP. A Taxonomia de Bloom abrange três domínios: cognitivo, afetivo e psicomotor. O domínio cognitivo refere-se ao aprendizado e à compreensão de conhecimentos, enquanto o domínio afetivo está relacionado a sentimentos e atitudes. O domínio psicomotor, por sua vez, envolve habilidades físicas. Na ABP, são utilizados dois desses três domínios: o professor trabalha diretamente com o domínio cognitivo e observa o domínio afetivo durante a interação

em grupo e as apresentações. Para que os alunos utilizem esses domínios de maneira eficaz, é fundamental que desenvolvam autorregulação e metacognição.

2.3 O PAPEL DA METACOGNIÇÃO & AUTORREGULAÇÃO NA IMPLEMENTAÇÃO DA ABP.

A metacognição e a ABP estão intrinsecamente conectadas, pois ambas as abordagens promovem o desenvolvimento de habilidades críticas, capacitando os alunos a autorregular seu processo de aprendizagem. A metacognição, em particular, permite que o aluno reflita sobre seus próprios pensamentos, fazendo com que ele compreenda como ele mesmo aprende. Na ABP, os alunos fazem suas escolhas de comportamento com base nos resultados obtidos ao longo do processo, promovendo autorreflexão e adaptação, esses aspectos são para Flavell (1979) centrais na metacognição.

A metacognição atua como um facilitador essencial, estimulando os alunos a questionarem as suas abordagens, fazendo com que eles desenvolvam novas linhas de pensamento para avançarem na resolução. O monitoramento contínuo, se faz necessário, esse monitoramento envolve tanto como os alunos estão compreendendo os conceitos quanto a eficácia das estratégias adotadas (Flavell, 1979). A metacognição permite que os alunos sejam conscientes de suas limitações e capacidades, fazendo com que a pesquisa se adapte ao seu estilo de aprendizado, dessa maneira, garantindo sua autorregulação.

O papel da autorregulação no desenvolvimento da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é fundamental, pois envolve a capacidade dos alunos de gerir seu próprio processo de aprendizagem. A autorregulação pode ser entendida como o conjunto de habilidades que permite ao estudante planejar, monitorar e avaliar seu próprio aprendizado, sendo essencial em ambientes como a ABP, onde o aprendizado é mais centrado no aluno e menos guiado pelo professor (Schunk, 2012; Zimmerman, 2002).

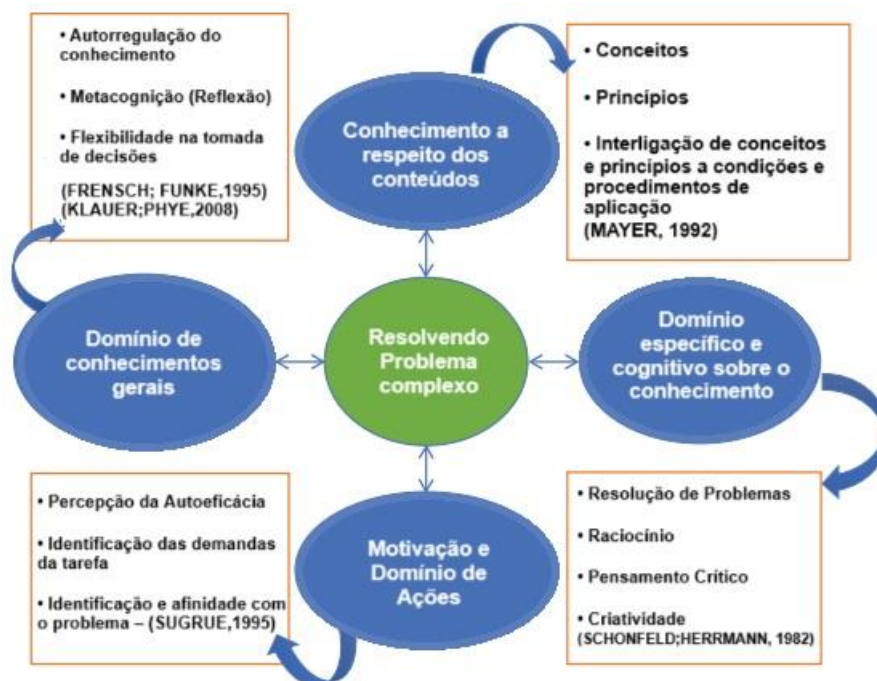
De acordo com Zimmerman (2002), a autorregulação inclui três fases principais: o planejamento (estabelecimento de metas e estratégias), a execução (monitoramento do progresso) e a autorreflexão (avaliação do desempenho e ajustes necessários). Na ABP, essas fases são ativadas quando o aluno se depara com um problema e precisa

buscar informações, formular hipóteses e testar soluções, o que fomenta o desenvolvimento de uma postura ativa e autônoma no processo de aprendizagem.

Além disso, Munhoz (2022) destaca que a autorregulação é crucial para o sucesso da ABP, pois os alunos precisam gerenciar não apenas o conteúdo acadêmico, mas também aspectos como a administração do tempo e a organização do trabalho em grupo. Essa autonomia contribui para uma aprendizagem mais significativa, uma vez que os alunos são os protagonistas na construção do conhecimento.

De acordo com Mayer (1992), é possível criar interligações entre conceitos e princípios e as condições e procedimentos de aplicação. Essa fase ocorre simultaneamente à autorregulação proposta por Zimmerman (2002) e à metacognição discutida por Flavell (1979), que são fundamentais para a flexibilidade na tomada de decisões durante a resolução de problemas. Cumprindo essas etapas, o aluno já terá percorrido metade do caminho necessário para resolver o problema.

Figura 1 – Componentes dos resultados de aprendizagem da PBL.



Fonte: Moallem (2019).

Uma vez estabelecido um "domínio de conhecimentos gerais" e aprofundado o entendimento sobre os conteúdos, o aluno poderá avançar para uma etapa de domínio específico, onde poderá fundamentar a resolução do problema por meio do

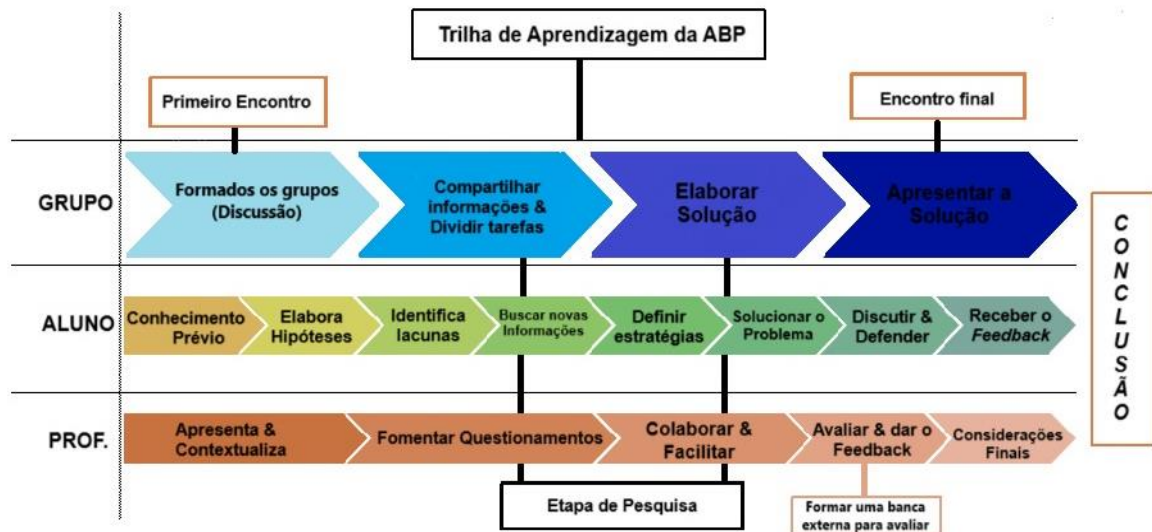
raciocínio e do pensamento crítico, fomentando, assim, a criatividade (Schoenfeld; Herrmann, 1982). Embora o estudante já esteja preparado para a resolução do problema, ainda há uma etapa que acompanha todo o processo, relacionada à motivação e domínio de ações. Essas ações incluem as decisões tomadas durante o processo e a definição de estratégias de resolução. Essa fase é baseada na percepção da autoeficácia de Bandura (1977), que influencia diretamente a "identificação de demandas da tarefa", sendo uma etapa presente em todas as fases da resolução do problema, assim como a identificação e afinidade com o problema (Sugrue, 1995). Em suma, ao seguir essas etapas, o estudante facilita seu caminho rumo à solução, garantindo que a resolução do problema seja completamente fundamentada.

Por fim, Piaget (1976) ressalta que o desenvolvimento cognitivo é impulsionado pela ação do indivíduo sobre o ambiente, e a autorregulação é uma forma de o aluno adaptar-se e reorganizar suas estruturas cognitivas conforme enfrenta novos desafios. Nesse sentido, a ABP favorece esse processo ao incentivar os estudantes a serem reflexivos e críticos sobre seu próprio aprendizado.

2.4 O PAPEL DOS AGENTES PARA A ABP NO ENSINO DE FÍSICA

Na Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), três agentes desempenham papéis essenciais: o professor (tutor), o aluno (pesquisador) e o grupo (equipe). Embora este trabalho já tenha abordado os papéis de cada um, é fundamental reforçar sua importância, pois eles constituem o núcleo da metodologia. O professor atua como facilitador, orientando e mediando o processo de aprendizagem, enquanto o aluno assume a postura de pesquisador ativo, explorando soluções para o problema. O grupo, por sua vez, colabora em equipe, promovendo a troca de ideias, a construção coletiva de conhecimento e o desenvolvimento de habilidades sociais e cognitivas (Savery; Duffy, 1995).

Figura 2 – Trilha de Aprendizagem da Aprendizagem Baseada em Problemas.



Fonte: Próprio Autor (2024).

Na ABP, os alunos assumem o papel de protagonistas, o que altera significativamente sua responsabilidade em comparação com o ensino tradicional. Ao invés de serem aprendizes passivos, eles se tornam participantes ativos, escolhendo os caminhos e estratégias para aprender e solucionar problemas. Dessa forma, o aluno explora e desenvolve sua autonomia e independência ao longo do processo (Savery; Duffy, 1995). O papel do professor também é transformado na ABP: ele deixa de ser a principal fonte de conhecimento e assume a função de tutor. Embora ainda seja ativo no processo, o professor agora atua como facilitador e colaborador, guiando os alunos na aplicação da metodologia. O estudo também se torna colaborativo, com a criação de grupos na turma. Esses grupos desempenham um papel crucial, atuando como plataformas para o compartilhamento de informações, a divisão de tarefas, a discussão de hipóteses e a elaboração da solução final.

Na ABP, o professor desempenha um papel insubstituível e tem uma função claramente definida. Cabe ao professor construir e selecionar as situações-problema, além de estruturá-las em níveis cognitivos que desafiem os estudantes. Ao fazer isso, o professor direciona a atenção dos alunos para o início da abordagem do problema, promovendo a prática de processos cognitivos e metacognitivos (Hung, 2006). Para que o aprendizado seja eficaz, é essencial que os alunos se sintam desafiados, pois o envolvimento emocional está diretamente ligado à educação: aprendemos mais facilmente o que nos interessa e motiva.

Além disso, a ABP favorece a melhoria da comunicação entre alunos e professores, rompendo com o distanciamento que historicamente existe entre ambos. Essa barreira é muitas vezes construída desde a educação básica e se intensifica ao longo dos anos, tornando-se ainda mais evidente no ensino superior. A ABP, ao promover um ambiente mais colaborativo e interativo, ajuda a diminuir esse distanciamento e fortalece o relacionamento entre os envolvidos no processo de ensino-aprendizagem.

Os alunos precisam desenvolver a capacidade de raciocinar de forma independente, promover sua autonomia, estimular a autoconfiança e aprimorar habilidades relacionadas ao trabalho em grupo. A ABP estabelece uma dinâmica de sala de aula que exige a participação ativa e colaborativa dos estudantes. Nesse ambiente, os alunos constroem seu conhecimento de maneira coletiva e ativa, sendo constantemente incentivados a resolver problemas e a compartilhar ideias, sempre mediado pelo professor (Barrows; Tamblyn, 1980).

2.5 ESTÁGIOS DA ABP & COMO ESCOLHER & RESOLVER UM PROBLEMA

Para sintetizar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), podemos dividi-la em três estágios, que refletem o processo de formação do aluno. Esses estágios focam no agente ativo (o aluno), sem considerar diretamente a cooperação entre os membros do grupo. Cada estágio corresponde a uma fase do desenvolvimento cognitivo e prático do aluno, orientando-o na construção do conhecimento.

Tabela 2 – Estágios da ABP

Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3
Definição de Problemas.	Etapas de pesquisa.	Síntese.
Confronto com o cotidiano.	Novas informações.	Construção da Solução.
Busca por respostas iniciais.	Novos questionamentos.	Materialização da Solução.
Surgimento de lacunas.	Filtragem de dados.	Defesa das convicções estabelecidas.

Fonte: Próprio autor (2024) com base em Lopes et al. (2019), Munhoz (2022).

No Estágio 1, a "definição de problemas" envolve a forma como o professor apresenta o problema e como o aluno o interpreta e aborda. Esse estágio é enriquecido pelo "confronto com o cotidiano", um elemento central da ABP, que busca conectar o problema com a realidade do aluno. Essa contextualização torna o problema mais significativo, facilitando a compreensão e a aplicação prática. A "busca

por respostas iniciais" complementa a "definição de problemas" e o "confronto com o cotidiano", permitindo que os alunos comecem a explorar o tema. Como consequência dessa etapa, surgem "lacunas de conhecimento", que servem como ponte para o Estágio 2.

O Estágio 2 é o ponto crítico do processo, pois avalia se o Estágio 1 cumpriu seus objetivos. No início desse estágio, ocorre a "etapa de pesquisa", onde o aluno busca preencher as lacunas identificadas no estágio anterior. Durante essa fase, novas informações sobre o problema são descobertas, levando ao surgimento de "novos questionamentos". Para avançar ao próximo estágio, o aluno precisa realizar uma "filtragem de dados", organizando essas novas informações e questionamentos de forma coerente. Sem essa filtragem, o progresso pode ser comprometido. Assim como no primeiro estágio, o Estágio 2 é fundamental para preparar o ambiente para o Estágio 3, que marca a conclusão do processo.

Por fim, o Estágio 3 é responsável pela "síntese" de tudo o que foi explorado nos estágios anteriores, culminando na "construção da solução". Essa solução precisa ser materializada em algum formato, seja por meio de um texto, cordel, poesia, artigo, ou outro formato criativo. Essa "materialização da solução" é crucial para que o aluno desenvolva e apresente a "defesa das convicções estabelecidas" ao longo do processo, consolidando a solução final para a situação-problema.

De acordo com Munhoz (2022), esses estágios estão intimamente ligados ao desenvolvimento de habilidades. Para a avaliação, o processo de construção e desenvolvimento dessas etapas é mais relevante do que a solução final em si. O professor, na função de tutor, verifica cuidadosamente se os alunos estão cumprindo cada uma das fases de maneira adequada, garantindo que o aprendizado seja progressivo e profundo.

A concepção e a escolha de problemas eficazes são cruciais para o sucesso da ABP. Um bom problema deve ativar o conhecimento prévio dos alunos e direcionar seu aprendizado de forma clara e estruturada. Segundo Hung (2006), é fundamental utilizar uma estrutura conceitual sistemática que guie a criação de problemas confiáveis e eficazes, assegurando que eles promovam a aprendizagem de maneira significativa e intencional.

Figura 3: Estrutura do modelo 3C3R de criação de problemas propostos por Hung (2006).



Fonte: Hung (2006), traduzida por Lopes et al. (2019).

O modelo 3C3R para a criação de problemas é uma abordagem eficaz para assegurar que os problemas sejam bem estruturados e promovam o aprendizado ativo. Quando os problemas se enquadram nessas diretrizes de modelo, são considerados de boa qualidade. Segundo Hung (2006), os componentes do modelo são divididos em 3C, que representam os elementos centrais, e 3R, que se referem aos componentes de processamento.

- **Componentes Centrais – 3C** (Hung, 2006).

1. Conteúdo – É o conhecimento e os conceitos específicos que o problema visa abordar. Na situação-problema, deve conter elementos ligados aos objetivos de ensino, e pertinentes ao currículo e conteúdo a ser ensinado.
2. Contexto – O problema deve estar inserido num contexto realista e válido, aumentando o engajamento e a relevância do problema.
3. Conexão – É o mesmo que interdisciplinaridade, o seja, relacionar conteúdos com outros campos de estudos, incentivando uma visão holística.

- **Componentes de Processamento – 3R** (Hung, 2006).

1. Raciocínio – O problema deve estimular o aluno analisar dados, formular hipóteses, testar soluções e ir atrás de novas informações para justificar suas escolhas e respostas. Está ligado ao pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas.
2. Reflexão – Contribui para o desenvolvimento da metacognição, incentivando a autorreflexão do aluno no processo de resolução, fazendo

com que eles identifiquem o que aprenderam, como chegaram às conclusões e quais as abordagens pode ter para trabalhos posteriores.

3. Regulação – É a capacidade de autogerenciamento, ou seja, a autorregulação; requisitando que o aluno planeje, monitore e avalie suas estratégias para resolução do problema.

Ao aplicar esse modelo na escolha de um problema, a situação-problema é projetada de forma a não apenas abordar um conteúdo específico, mas também para estruturar o problema em consonância com os eixos da metacognição, autorregulação e habilidades de pesquisa. Dessa forma, os objetivos educacionais são alcançados e o aluno consegue se estruturar na Taxonomia de Bloom, analisando, sintetizando e avaliando a sua aprendizagem (Anderson; Krathwohl, 2001).

A resolução de um problema pode ocorrer de duas maneiras: ou uma conjectura audaciosa é confirmada, ou uma conjectura mais cautelosa é refutada. O interessante é que ambas as possibilidades podem acontecer simultaneamente, como resultado de uma única experiência, destacando a natureza dialética do processo de investigação científica (Popper, 1972). A pesquisa, debate e discussão do problema foram o caminho para buscar a solução; como plataforma de resolução prática do problema foi escolhido o *storytelling*.

2.6 STORYTELLING

O *storytelling* é uma ferramenta incrivelmente versátil, amplamente reconhecida como a arte de contar histórias. Ele utiliza elementos narrativos, como personagens, enredo e contexto, para transmitir uma mensagem ou compartilhar uma informação de forma mais envolvente e memorável. Sua flexibilidade e versatilidade, permitem que quase tudo possa ser transformado em história, seja uma experiência pessoal, um conceito científico, uma estratégia de marketing ou até a resolução de um problema. O poder do *storytelling* reside em sua capacidade de engajar, instigar curiosidade, informar e entreter o leitor, tornando-o não apenas um meio de comunicação, mas uma poderosa ferramenta de conexão emocional e cognitiva (Haven, 2007).

Na educação, o *storytelling* é considerada por Haven (2007) uma ferramenta poderosa e facilitadora da aprendizagem, fornecendo ao escritor a possibilidade de

tratar de conceitos complexos dentro de uma narrativa simples, tornando o conteúdo mais acessível, mais interessante e memorável. De acordo com Haven (2007), histórias bem construídas facilitam a retenção de informações, pois ativam partes do cérebro que estão diretamente ligadas a emoção, imaginação e memória.

Quadro 3 – Elementos do *Storytelling*

Elementos base do <i>Storytelling</i>	Como se comportam para a ABP no Ensino de Física
Personagens	Livre (foco na criatividade do autor)
Mensagem	Resposta ou Questionamento
Ambiente	Real ou Fictício
Conflito	Problema
Enredo	Contexto do problema

Fonte: Próprio autor (2024).

Os elementos base do *storytelling* são responsáveis por estruturar a narrativa e, quando bem desenvolvidos, tornam a história mais envolvente, mantendo o leitor atento e imerso à trama. Esses elementos incluem: os personagens, que buscam gerar empatia e identificação com o leitor; o conflito, que representa o desafio enfrentado pelos personagens e é crucial para manter o interesse do leitor ao longo da narrativa (Booker, 2004); o ambiente, que contextualiza a história, fornecendo ao leitor elementos e recursos para imaginar e se situar no cenário, estimulando a imaginação e ambientação (Haven, 2007); o enredo, responsável por organizar, por dar sequência e ritmo aos eventos, garantindo a fluidez da trama (McKee, 1997); e, por fim, a mensagem, ou a moral da história, que é o tema central, representando o que o autor deseja comunicar e transmitir ao leitor.

Na aplicação do *storytelling* no ensino de física, os conceitos base permanecem, mas alguns elementos são adaptados para melhor se adequar a estratégia e objetivo educacionais. Os personagens continuam livres e mantêm seu papel de gerar empatia e identificação com o leitor, ou estudante. O conflito se transforma na situação-problema, que o personagem precisa enfrentar, analisar, sintetizar e resolver (Bloom, 1956). O ambiente pode ser tanto real quanto fictício, desde que contribua para a compreensão do enredo e dê sentido à narrativa. O enredo, por sua vez, estrutura e caracteriza o problema, explicando de maneira clara o que o personagem está tentando resolver (McKee, 1997). Por fim, a mensagem se torna a solução do problema ou pode ser um questionamento sobre ele,

especialmente nos casos em que o problema não possui uma resposta objetiva ou o autor não a encontrou (Haven, 2007).

Com base nesse pressuposto, o *storytelling* pode ser utilizado como uma ferramenta poderosa no processo de ensino e aprendizagem. Neste trabalho, ele foi adotado como método para o desenvolvimento do projeto, onde os alunos foram desafiados a resolver a situação-problema utilizando o *storytelling* como plataforma de resposta. Ao transformar o problema em uma narrativa, os alunos não apenas aplicaram conceitos teóricos, mas também desenvolveram habilidades de comunicação, criatividade e pensamento crítico, elementos essenciais para a aprendizagem significativa e envolvente (McDrury; Alterio, 2003; Haven, 2007).

De acordo com Haven (2007), o *storytelling* aumenta significativamente o engajamento dos alunos ao capturar sua atenção de maneira mais eficaz. Além disso, melhora a retenção de conhecimentos, pois conteúdos apresentados em formato de história são mais facilmente memorizados. Segundo McDrury e Alterio (2003), o *storytelling* permite que conceitos sejam transmitidos de forma concreta, acessível e prática, facilitando a criação de empatia e uma conexão emocional entre o autor e o texto, assim como entre o leitor e a narrativa. Isso não apenas aprimora a comunicação, mas também estimula o desenvolvimento de habilidades críticas, como o pensamento analítico e reflexivo. Quando utilizado no ambiente educacional, o *storytelling* favorece uma aprendizagem significativa, pois promove a compreensão profunda dos conteúdos e a autorregulação do conhecimento, beneficiando tanto quem narra quanto quem ouve a história (Herrmann, 2011).

Ademais, incitamos a leitura, tendo em vista que a leitura é uma das principais ferramentas na construção do conhecimento, ela é essencial para a manutenção da aprendizagem e, por isso, deve ser incentivada da maneira mais eficaz possível. Segundo Highet (2018), a leitura não só alimenta a mente, mas também desperta a curiosidade intelectual, essencial para a formação de um indivíduo verdadeiramente educado. A pesquisa, como método de aprendizagem, apoia esse desenvolvimento, pois, conforme Collingwood (1946) sugere, o ato de investigar é, em si, uma forma de pensamento crítico, que desafia o estudante a reinterpretar o mundo. Na física, pesquisar significa descobrir novas linhas de pensamento sobre o universo, conectando o processo de leitura e investigação à construção de uma compreensão mais ampla e profunda da realidade.

O *storytelling* foi utilizado neste trabalho como uma ferramenta multifuncional, tanto para avaliação quanto como um meio eficaz de comunicação. Mais do que apenas a arte de contar histórias, o *storytelling* serviu como uma plataforma para responder à situação-problema proposta. Ele alcança aspectos que ferramentas tradicionais muitas vezes não conseguem, principalmente no que diz respeito à dimensão emocional. Ao criar uma conexão emocional com a história, o *storytelling* dá mais significado à experiência dos participantes, tornando o aprendizado mais marcante e envolvente. De acordo com William Glasser, sua pirâmide de aprendizagem sugere que os diferentes métodos de ensino estão associados a níveis variáveis de retenção e entendimento. O *storytelling*, quando combinado com o processo metodológico descrito da ABP, aborda todos os níveis de aprendizagem dessa pirâmide, desde o envolvimento teórico até a aplicação prática e emocional, dessa forma, aprofundando e otimizando a aprendizagem. (Glasser, 1999).

De acordo com David Hume, "o pensamento mais vivo é sempre inferior à mais remota sensação", o que sugere que a apresentação das ideias é essencial para trazer os conceitos do campo abstrato para o mundo real. Ao apresentar as suas ideias presentes no *storytelling*, o estudante não só reflete sobre o tema discutido, como também tem a oportunidade de validar seu aprendizado ao ser avaliado durante o processo. A apresentação do *storytelling* permite que as reflexões e indagações acerca do tema proposto sejam testadas na prática, o que enriquece a experiência de aprendizagem (Hume, 2004).

3 COMO SERIA A FÍSICA SE OS VETORES NÃO EXISTISSEM?

O título deste capítulo representa a pergunta central que os alunos precisaram solucionar, configurando-se como a situação-problema dentro da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP). A elaboração do problema seguiu os critérios de Walker et al. (2015), que fornecem uma metodologia para mapear a complexidade e a estruturação da questão. De acordo com esses critérios, um problema bem estruturado deve equilibrar o desafio e a acessibilidade, permitindo que os alunos adquiram novas habilidades e informações durante o processo de aprendizagem.

3.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho foi desenvolvido por meio de métodos qualitativos exploratórios, configurando-se como um estudo de caso voltado para fundamentar, desenvolver e aplicar a modelagem da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no Ensino de Física. A abordagem de estudo de caso foi escolhida devido ao seu foco em explorar e compreender profundamente um fenômeno específico, inserido em seu contexto real de aplicação (Yin, 2015).

Por tratar-se de um método qualitativo, o foco da pesquisa está na obtenção de dados conceituais e abstratos, sem priorizar a quantificação dos dados coletados. Conforme aponta Yin (2015), os métodos qualitativos buscam captar as singularidades e particularidades que muitas vezes não podem ser acessadas por meio de abordagens quantitativas, como percepções, experiências e interações.

A pesquisa também possui um caráter exploratório, uma vez que visa explorar questões abertas, sem a intenção de fornecer respostas definitivas, mas sim de descobrir novos insights e desenvolver hipóteses futuras (Lakatos; Marconi, 2017).

As fontes utilizadas na pesquisa incluem tanto fontes primárias quanto fontes secundárias, que desempenham papéis complementares. As fontes primárias, por meio da coleta de dados originais, contribuem para a novidade e originalidade da pesquisa. Já as fontes secundárias, compostas por livros e autores que sintetizam e analisam ideias, fornecem suporte para a fundamentação teórica. Ambas as fontes são cruciais para a interpretação dos dados coletados e para a construção sólida das análises realizadas ao longo do trabalho.

3.1.1 Campo da pesquisa e envolvidos

A pesquisa foi realizada com a turma do primeiro período do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), no Campus Acadêmico do Agreste (CAA), durante o semestre 2022.1, na disciplina de Metodologia do Estudo, composta por 45 alunos. A disciplina, que já possuía ementa definida, era ministrada pela professora Katia Calligaris Rodrigues. Como monitor e orientando da professora, sugeri a aplicação de uma metodologia ativa, substituindo o ensino tradicional de vetores pela Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

Para garantir a implementação da metodologia, foi elaborado um plano de aula e roteiro detalhados, visando estruturar os encontros, otimizar o tempo disponível e demonstrar à professora que a aplicação da ABP poderia ser realizada dentro do prazo estipulado. A disciplina abordava conceitos básicos de vetores, com os quais os alunos já tinham certo nível de familiaridade.

O campo de pesquisa foi uma sala de aula de um curso superior, um ambiente que favoreceu e contribuiu significativamente para o desenvolvimento da investigação. A disposição dos recursos disponíveis no ambiente, como as ferramentas tecnológicas e físicas, facilitou tanto a explanação quanto a apresentação das atividades. O uso de tecnologias, como o projetor, combinado com o quadro branco, a iluminação adequada, a disposição das bancadas, a climatização e a ausência de ruídos, foram fatores essenciais que garantiram um ambiente propício para a execução eficiente do trabalho, favorecendo o aprendizado colaborativo e ativo (Savin-Baden, 2003).

3.2 APLICANDO A SITUAÇÃO-PROBLEMA NO ENSINO DE FÍSICA

Antes da aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), foi necessário apresentar a metodologia aos alunos, uma vez que nenhum deles tinha familiaridade com o conceito. A pergunta central proposta foi: “Como seria a física se os vetores não existissem?”. O objetivo era proporcionar um significado mais profundo ao estudo dos vetores, que poderia ficar restrito à abordagem matemática tradicional envolvendo módulo, direção e sentido. No entanto, com a aplicação da ABP, o tema foi enriquecido, oferecendo uma compreensão mais contextualizada e interdisciplinar, especialmente com o uso do *storytelling* como plataforma de trabalho.

O intuito era explorar os vetores dentro das diferentes áreas da física. Para isso, os alunos foram organizados em seis grupos, com cada equipe focando em uma área específica, como Mecânica Clássica, Gravitação, Som, Eletromagnetismo, Luz, Relatividade, Mecânica Quântica, Radiação e Calor. Além de apresentar a ABP, foi necessário ajustar e contextualizar o uso do *storytelling* para a física, garantindo que a abordagem fosse adequada ao conteúdo e aos objetivos da disciplina. Alguns parâmetros foram estabelecidos para orientar os alunos na elaboração do *storytelling*.

- 1 O(s) protagonista(s) das respectivas histórias devem utilizar vetores para resolver acontecimentos.
- 2 Os acontecimentos precisam ser desenvolvidos atrelados a problemas comuns da física.
- 3 Dependendo da área de conhecimento escolhida pelo grupo, o enredo precisa conter explicações do conteúdo.
- 4 As explicações precisem ser apresentadas de forma clara, que qualquer um que leia entenda e consiga assimilar a física envolvida.
- 5 Criar relações com os problemas e a realidade ajuda a estruturar o texto e deixam claras as intenções de escolha e tornam mais compreensíveis as soluções.
- 6 As soluções precisam ser claras e dispor de linguagem objetiva, analogias com o cotidiano ajudam na formulação (Herrmann, 2011).
- 7 Uma história bem escrita possui uma boa cronologia de acontecimentos, escolham bem a ordem, para que a história seja escrita com conexões entre o começo, o meio e o fim (McKee, 1997).

Tabela 3 – Divisão da turma em grupos.

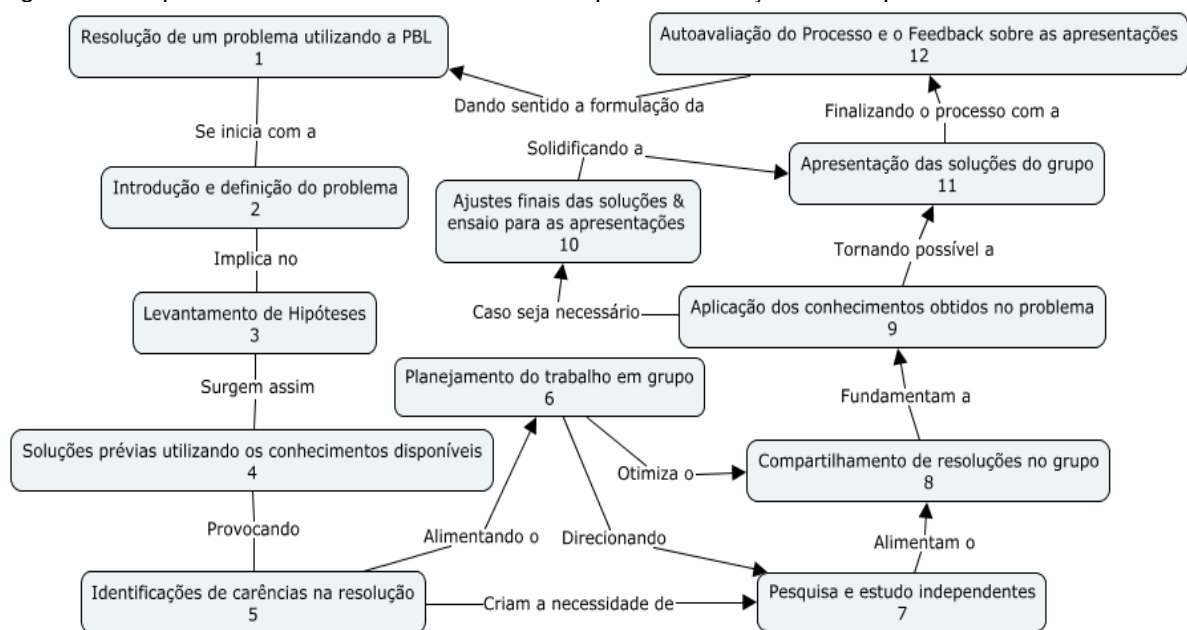
Grupos	Áreas de conhecimento da Física escolhidas
Grupo 1	Eletromagnetismo
Grupo 2	Mecânica Clássica
Grupo 3	Relatividade
Grupo 4	Mecânica Clássica
Grupo 5	Som
Grupo 6	Gravitação

Fonte: Próprio autor (2024).

Após a apresentação inicial dos conceitos, estrutura e fundamentos da ABP, os alunos foram introduzidos à situação-problema. Desde o primeiro momento, foram incentivados a aplicar seus conhecimentos prévios para lidar com o desafio proposto. Questionamentos sobre o problema foram levantados imediatamente, exigindo que os alunos refletissem e comesçassem a formular hipóteses com base no que já sabiam.

Para organizar a aplicação metodológica da resolução de um problema de física utilizando a PBL, são necessários doze passos, distribuídos ao longo de três encontros, podendo ser estendidos para quatro, conforme a necessidade dos grupos (equipe). Esses passos são divididos em elementos principais do processo, que podem ser compreendidos por meio de um ciclo-trabalho (Fig. 4). O modelo de aplicação é tratado de cinco a seis momentos, representado em um mapa mental elaborado para facilitar a visualização das etapas (Fig. 5).

Figura 4 – Mapa Conceitual sobre o ciclo-trabalho para a resolução de um problema utilizando a PBL.



Fonte: Próprio Autor (2022).

O primeiro elemento consiste na introdução e apresentação da situação-problema (SP), que é fundamental para a construção de todo o processo. Uma boa situação-problema gera discussões mais complexas e, conseqüentemente, demanda soluções mais sólidas. Além disso, é importante contextualizar a SP, correlacionando-a com a realidade e os conceitos da física. O segundo elemento envolve a definição do problema pelos alunos, através de suas próprias análises. Segundo Moreira (2018, p. 76), "As melhores pesquisas decorrem das melhores perguntas". Com isso, o professor provoca os alunos, incentivando o levantamento de hipóteses (passo 3), a partir do qual surgem soluções preliminares baseadas no conhecimento prévio dos alunos (passo 4).

Essa solução inicial provoca o surgimento de lacunas (passo 5), momento em que ocorre a formação dos grupos (passo 6), nos quais as primeiras interações e debates sobre as soluções iniciais encerram o primeiro encontro.

Fora da sala de aula, dá-se início ao segundo momento, dedicado à pesquisa e estudo do problema, que pode ser feita individualmente ou em grupo. Nessa fase, as lacunas identificadas no passo 5 são preenchidas por meio da investigação científica (passo 7). A pesquisa ganha sentido quando há um direcionamento estabelecido pela formação dos grupos, permitindo uma filtragem coletiva das informações (passo 8).

O segundo encontro ocorre com o retorno à sala de aula, onde os grupos se reúnem novamente para otimizar o processo de filtragem (passo 8). Nesse momento, o professor estimula e coordena os debates, orientando os grupos e questionando suas escolhas. A partir dessas discussões, os alunos elaboram uma solução conjunta e fundamentada (passo 9), baseada nos debates e no conhecimento obtido durante a pesquisa.

Após esse momento, os grupos seguem dois caminhos: aqueles que cumpriram os objetivos de pesquisa começam a preparar as apresentações e ajustar os últimos detalhes (passo 10), enquanto os grupos que ainda não atingiram os objetivos terão um encontro extra. Nesse encontro adicional, o professor atua como um membro ativo do grupo, auxiliando na resolução do problema e preparando os alunos para as apresentações.

Finalmente, no terceiro encontro, ocorrem as apresentações das soluções dos grupos (passo 11). Os alunos apresentam seus resultados e os caminhos percorridos na forma de um seminário, utilizando recursos didáticos à escolha. As apresentações são avaliadas por uma banca de especialistas convidada pelo professor, que analisa as soluções e os resultados da pesquisa. Ao término, os alunos realizam autoavaliações e respondem perguntas elaboradas pelo professor sobre o desempenho dos grupos. A banca também fornece um feedback detalhado, elucidando os pontos fortes e as áreas de melhoria nas soluções finais apresentadas para a SP.

uma primeira versão do trabalho, enquanto a maioria ainda estava em fase de desenvolvimento. Esse encontro foi essencial para que confirmassem as estratégias de pesquisa e organizassem os materiais coletados em momentos de estudo fora da sala de aula, entre o primeiro e o segundo encontros. As dúvidas levantadas foram pontuais, mais relacionadas à estruturação do texto do que ao conteúdo em si, uma vez que, com as tecnologias e os ambientes virtuais disponíveis, é possível acessar boas informações, desde que se saiba onde e como procurar.

Após o segundo encontro, alguns grupos começaram a elaborar as apresentações. Com as dúvidas sanadas e estratégias ajustadas, eles avançaram no desenvolvimento do *storytelling*, na formulação de hipóteses e na solução do problema proposto.

3.4 ROTEIRO, APRESENTAÇÕES, PROPOSTA AVALIATIVA E O *FEEDBACK*

Com o objetivo de organizar e direcionar as práticas de ensino a serem adotadas, surgiu a necessidade de desenvolver um roteiro de aula Anexo B detalhado. Além dele, foi elaborado um plano de aula que serviu como a base fundamental para a construção do roteiro utilizado na implementação deste trabalho. O plano de aula, que pode ser encontrado no Anexo A, contém informações detalhadas sobre a turma, o período, a duração das aulas, a unidade didática, os objetivos de aprendizagem, as habilidades trabalhadas, os conteúdos abordados, os recursos didáticos utilizados e um resumo do desenvolvimento metodológico. Além disso, o plano apresenta um resumo dos critérios de avaliação e as referências utilizadas para a construção das aulas.

O roteiro foi dividido em três partes, correspondendo aos três encontros planejados na disciplina. Cada parte detalha as atividades, estratégias e objetivos para cada encontro, proporcionando uma estrutura clara para o desenvolvimento das aulas. A quarta parte do roteiro refere-se à proposta avaliativa, que utilizou o *storytelling* como ferramenta de avaliação.

O roteiro educacional é essencial não apenas como um guia para a sequência das aulas, mas também como uma ferramenta para garantir que as ações planejadas estejam alinhadas com os objetivos pedagógicos e as necessidades dos alunos. (Vasconcellos, 2019, p. 75).

Tabela 4 - Roteiro de Aula

Aula	Etapas/Atividades	Tempo
Aula 1 – Introdução	1) Introdução e apresentação da metodologia da aula: a. Apresentar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP); b. Mostrar funcionamento, caminhos e habilidades da ABP; c. Apresentar o <i>storytelling</i> ; d. Mostrar funcionamento e caminhos para elaborá-lo.	20 min
	2) Início da unidade didática e apresentação da "situação-problema": a. Apresentação breve sobre vetores e questionamento "Como seria a física sem vetores?"; b. Contextualização histórica dos vetores na física; c. Mostrar recursos facilitados pelo uso de vetores; d. Apresentação da situação-problema "Para que servem os vetores na física?"; e. Explicar o conceito de situação-problema e como trabalhar com ela.	20 min
	3) Divisão de grupos e discussão de dúvidas: - Responder dúvidas sobre os temas abordados; - Organizar grupos de 4 a 8 integrantes.	20 min
Aula 02 – Discussão & Planejamento	1) Discussão sobre a pesquisa realizada em casa: a. Perguntar sobre a pesquisa (Ex.: "Onde pesquisaram?", "Dificuldades encontradas?", "Algo que buscaram e não acharam?"); b. Identificar dificuldades e propor soluções didáticas; c. Identificar e discutir os acertos na pesquisa; d. Explicar a dinâmica de apresentação do <i>storytelling</i> na próxima aula.	20 min
	2) Explicação sobre construção de narrativas: a. Explicar o conceito de narrativa e como será desenvolvida pelos alunos; b. Separar os grupos para facilitar a administração das histórias.	10 min
	3) Início da construção das histórias: a. Professor distribui personagens e explica as missões e objetivos de cada um; b. Grupos utilizam as pesquisas para construir as histórias; c. Cada grupo desenvolve a narrativa com diferentes pontos de vista (cada aluno é um personagem); d. Professor supervisiona e auxilia os grupos no desenvolvimento; e. Estrutura base das histórias deve ser finalizada para abordar a situação-problema.	30 min
Aula 03 – Apresentação	1) Organização das apresentações: a. Organizar a sequência e tempo de apresentação (10-15 min por grupo).	5 min
	2) Apresentações dos grupos: - Grupo 1; Grupo 2; Grupo 3; Grupo 4; Grupo 5; Grupo 6.	45 min
	3) Avaliação das narrativas construídas junto aos alunos.	5 min

Fonte: Próprio Autor (2022).

Após a realização de pesquisas, a formulação de hipóteses e o desenvolvimento de soluções para o problema proposto, chega-se ao momento de compartilhar os resultados. A apresentação funciona como a exposição do trabalho realizado e pode ser entendida como a defesa das conclusões alcançadas. Uma apresentação bem-sucedida consolida o trabalho realizado e os aprendizados adquiridos ao longo do processo. No entanto, mesmo que o aluno não chegue a uma solução final correta, o aprendizado ainda pode ser consolidado, desde que todos os

passos da resolução sistemática de problemas tenham sido seguidos adequadamente (Schoenfeld, 1982).

Existem diversas formas de apresentar o trabalho, e o formato escolhido foi o seminário, no qual os grupos não apenas demonstram suas ideias, mas também evidenciam como cada membro chegou às conclusões.

Tabela 5 - Parâmetros estabelecidos para as histórias

Parâmetro	Descrição
Utilização de vetores	O(s) protagonista(s) das respectivas histórias devem utilizar vetores para resolver diversos acontecimentos.
Problemas de física	Os acontecimentos precisam ser desenvolvidos em cima de problemas comuns da física.
Explicações claras	Dependendo da área de conhecimento escolhida pelo grupo, a história precisa conter explicações claras do conteúdo.
Acessibilidade	As explicações precisam ser claras, para que qualquer leitor entenda e aprenda sobre a física envolvida.
Relação com a realidade	Criar relações com problemas e a realidade ajuda a enriquecer o texto e deixa claras as intenções das escolhas e soluções.
Soluções objetivas	As soluções devem ser claras, objetivas e desenvolver-se com uma linguagem acessível, com analogias do cotidiano.
Cronologia bem estruturada	Uma história bem escrita deve seguir uma cronologia clara, com começo, meio e fim.

Fonte: Próprio Autor (2022).

Os trabalhos deveriam obedecer a esses critérios que nesse momento seriam parte da avaliação e não apenas uma orientação para estruturar as histórias. Seria avaliada também a apresentação do *storytelling* de cada grupo, os grupos deveriam destacar os pontos principais do trabalho e correlacionar as temáticas desenvolvidas na história, na sua apresentação. Foi entregue ao professor e avaliadores a versão escrita do *storytelling* em forma de texto livre.

Com base no conteúdo trabalhado até o momento, o professor deve avaliar se os grupos concluíram o situação-problema com êxito, ademais, como todo esse processo se desenvolveu. Além disso, é essencial analisar se a narrativa criada pelos alunos apresenta coerência, fluidez, e se os personagens desempenham adequadamente suas funções dentro da história. Após essa análise, o professor pode conduzir uma última reflexão, questionando a importância do aprendizado dos vetores e estimulando uma breve revisão crítica sobre todo o processo realizado.

Após essas etapas, surge a implementação de um feedback estruturado ao final da apresentação, com o objetivo de amplificar a percepção, proporcionar ao estudante uma análise crítica de seu desempenho e oferecer caminhos para melhorias.

Para garantir um *feedback* abrangente e imparcial, foi formada uma banca composta por quatro professores, sendo dois professores de física convidados, a professora responsável pela disciplina e o autor deste trabalho. O objetivo era avaliar tanto a desenvoltura dos alunos na apresentação quanto a clareza e profundidade das soluções propostas para a situação-problema. Cada membro da banca recebeu uma ficha avaliativa (Apêndice C), desenvolvida para quantificar o desempenho dos alunos, uma vez que o sistema de notas não foi modificado, permanecendo no formato tradicional. A nota deste trabalho representou um terço da nota final.

Quadro 4 – Critério de avaliação para os avaliadores.

Fatores		
01. Conteúdo.	02. Domínio sobre o tema escolhido.	03. Profundidade do Trabalho.
04. Criatividade.	05. Forma de Apresentação do trabalho.	06. Resposta à pergunta central.
07. Cooperação (Trabalho em Grupo).	08. Comportamento durante a apresentação dos outros grupos.	09. Interesse no trabalho.

Fonte: Próprio autor (2022).

O Quadro 4 foi utilizado como parâmetro de avaliação, fornecendo diretrizes claras para que os avaliadores soubessem exatamente quais critérios considerar nas apresentações.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Se baseando na necessidade da aplicação uma metodologia no ensino de física que mude o cenário atual, a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) se mostra uma alternativa eficaz para promover mudanças curriculares que visem à construção de uma aprendizagem significativa. Para que isso ocorra de maneira bem-sucedida, é essencial que o planejamento seja cuidadosamente alinhado à proposta pedagógica da disciplina, como defendem Savery e Duffy (1995). Quando implementada de forma coerente, a ABP favorece o desenvolvimento de competências essenciais para o futuro profissional, como autonomia, criatividade, respeito e a habilidade de aprender com as diferenças. Essas competências são cruciais para preparar os alunos para os desafios complexos do mercado de trabalho, conforme enfatizado por autores como Munhoz (2022), que aponta a importância de uma formação que promova a integração entre conhecimento e prática.

Ao oferecer a oportunidade de aprender por meio da problematização ativa os alunos preencheram a requisição do contexto educacional contemporâneo. Assim, essa metodologia aproximou os alunos de situações acadêmicas reais, permitindo-lhes interagir com as especificidades e desafios inerentes à pesquisa e à resolução de problemas. Como resultado, torna-se uma ferramenta fundamental para a evolução do sistema educacional vigente, promovendo uma aprendizagem mais significativa (Ausubel, 1963). Para que esse processo fosse eficaz, se fez necessário o desenvolvimento de sistemáticas bem elaboradas e a criação de um problema adequado baseado no assunto que os alunos já estavam abordando na disciplina, isso se mostrou essencial para o desenvolvimento mais fluido dos trabalhos, conseqüentemente das habilidades dos alunos relacionadas a pesquisa. A construção de bons problemas, de acordo com Munhoz (2022), é imprescindível para que se cumpram os objetivos pedagógicos de forma clara e objetiva. Esse enfoque permitiu que os alunos testassem suas habilidades e conhecimentos, aperfeiçoando ambos de maneira mais efetiva e aplicável a uma pesquisa real.

O conhecimento prévio forneceu para os alunos a base inicial para a construção de soluções na situação-problema, seja por meio da visualização, idealização ou contextualização do problema. Esse conhecimento não surge de forma isolada, mas é fruto de um processo contínuo de construção, onde o alicerce são os conhecimentos já adquiridos pelos alunos. Na etapa inicial da situação-problema, cabe ao professor

ativar esse recurso, incentivando os alunos a criarem soluções iniciais utilizando o que já sabem (Ausubel, 1963).

Ao tentar resolver o problema inicialmente, os alunos logo percebem que seus conhecimentos prévios, embora importantes, não são suficientes para formular uma resposta completa. Esse reconhecimento das lacunas no conhecimento é uma etapa fundamental para definir as melhores estratégias de abordagem do problema. À medida que os estudantes avançam na resolução, revisam os conceitos previamente adquiridos, refinando e reorganizando suas ideias à luz das novas informações que surgem durante o processo.

O conhecimento prévio, portanto, permanece atrelado ao longo de toda a busca pela solução, desempenhando um papel crucial na interligação e consolidação de novos conceitos. Com isso em mente, foram organizados grupos que reuniram os conhecimentos prévios de todos os participantes, promovendo um debate inicial sobre o problema proposto. Após essa discussão, foi definida a área do conhecimento que o problema abordaria, facilitando a estruturação do trabalho colaborativo e a exploração mais aprofundada do tema.

Com a aplicação da ABP, o conhecimento prévio dos estudantes sobre vetores foi aprofundado, proporcionando uma compreensão mais ampla e significativa do tema. O processo de aplicação do trabalho seguiu uma abordagem fundamentada no intelectualismo, que se apoia tanto no empirismo quanto no racionalismo, conforme discutido por Hessen (2012). O empirismo se manifesta nas experiências práticas adquiridas durante o processo de pesquisa e nas interações do estudante com os ambientes de aprendizagem, ambiente que foi modificado em decorrência da abordagem metodológica implementada. Já o racionalismo está presente em todas as etapas do desenvolvimento da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), com destaque em quatro momentos cruciais: o primeiro ocorre quando o aluno é apresentado ao problema e é desafiado a mobilizar seus conhecimentos prévios; o segundo, quando ele se engaja em pesquisa e cooperação com seu grupo; o terceiro, na apresentação e discussão das soluções propostas por ele e seus colegas; e, por fim, no feedback recebido, que promove novas reflexões e validações das respostas fornecidas para a situação-problema, reforçando a capacidade de raciocínio crítico e a construção do conhecimento.

O *storytelling* serviu como um método efetivo para avaliar a capacidade dos alunos de contextualizar e aplicar os conhecimentos adquiridos, além de promover um

envolvimento mais ativo e criativo no processo de aprendizagem (Libâneo, 2013; Moran, 2015). Essas estruturas serviram como um guia pedagógico para orientar as práticas em sala de aula, garantindo que os objetivos de aprendizagem fossem atingidos e que o desenvolvimento metodológico fosse seguido de maneira organizada e eficiente.

O roteiro elaborado foi importante, não apenas validou o processo metodológico, como também assegurou que os objetivos da pesquisa fossem atingidos. Além de organizar os horários, etapas, planejamento e estratégias, o roteiro proporciona clareza quanto aos objetivos a serem alcançados, detalhando as atividades e orientando o processo pedagógico. Dessa forma, a aula tornou-se mais estruturada, organizada e produtiva, promovendo um ambiente de aprendizagem eficiente e focado (Libâneo, 2013; Moran, 2015).

Durante a elaboração, foi perceptível algumas limitações do processo, que giram em torno da sequência metodológica, que precisa ser constantemente testada, além da situação problema que precisa ser posta de forma clara. A PBL está sempre se renovando, o modelo da Universidade McMaster não é estático, já foi desconstruído e é constantemente adaptado aos diversos contextos educacionais que é apresentado (Ribeiro, 2005).

Os componentes centrais e processuais do modelo 3C3R de Hung foram fundamentais para esta pesquisa, pois permitiram o processamento e a aplicação do conhecimento dos alunos por meio de seu raciocínio. A estrutura clara e bem dividida das etapas de desenvolvimento e aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) no Ensino de Física garantiu que os alunos tivessem um caminho sistematizado para solucionar o problema proposto. Além disso, o processo de avaliação, aliado ao feedback, funcionou como uma ferramenta de reflexão metacognitiva, permitindo que os alunos revisassem e processassem o conhecimento adquirido de maneira mais eficaz.

Os componentes contextuais também foram fundamentais, pois, em conjunto com os componentes processuais, direcionaram os alunos para uma pesquisa mais objetiva e eficaz. Esse alinhamento garantiu a integridade do problema proposto e contribuiu diretamente para a eficácia da aplicação e do desenvolvimento de todo o trabalho (Hung, 2006; Demo, 2009).

Tabela 6: Relações entre os componentes centrais e processuais do modelo 3C3R de Hung (2006).

	Conteúdo	Contexto	Conexão
Pesquisa	 Aquisição de conhecimento	 Direcionamento da pesquisa	 Integração do conhecimento adquirido
Raciocínio	 Processamento e aplicação do conhecimento	 Direcionamento do raciocínio	 Integração do conhecimento adquirido
Reflexão	 Avaliar a aquisição e o processamento do conhecimento	 Direcionamento da reflexão	 Integração do conhecimento adquirido

Fonte: Hung (2006), traduzida por Lopes et al. (2019)

Ademais, a eficácia dessa metodologia depende do compromisso e da adesão de todas as partes envolvidas, que precisam seguir o planejamento e confiar no processo. É essencial que os problemas propostos sejam constantemente revisados e ajustados caso não alcancem os objetivos esperados. Cabe ao professor avaliar continuamente se os objetivos de aprendizagem estão sendo atingidos de maneira satisfatória. Além disso, é crucial reconhecer as particularidades dessa prática: não basta apenas abordar os aspectos conceituais. É necessário explorar de forma aprofundada os recursos e as práticas que a metodologia oferece, para garantir que os alunos possam desenvolver competências cognitivas e habilidades práticas de maneira equilibrada (Hung, 2006).

A liberdade criativa dos alunos é um aspecto que não pode ser negligenciado no processo de aprendizagem. É fundamental que o professor crie espaço para o desenvolvimento dessa habilidade, agindo como um facilitador que filtra e orienta, em vez de bloquear essa expressão. Identificar e respeitar as individualidades de cada turma e aluno é essencial, pois a personalização da aprendizagem contribui significativamente para um desempenho mais eficaz (Gardner, 1993). Ao flexibilizar as problemáticas e adaptá-las às necessidades e estilos de aprendizagem dos alunos, o professor consegue manter as intenções e estratégias pedagógicas, promovendo um aprendizado mais fluido e significativo, conforme destacado por Munhoz (2022) ao discutir a importância de ajustar a metodologia aos diferentes perfis dos alunos.

As apresentações representaram um momento de celebração do conhecimento, pois todos os grupos conseguiram realizar seus trabalhos com sucesso

e atingir os objetivos propostos. As apresentações permitiram uma visão clara do processo individual e coletivo (Moran, 2015). Esse formato promoveu o processo de avaliação colaborativa, onde a interação entre os participantes favoreceu a troca de ideias e o aperfeiçoamento das habilidades críticas e comunicativas (Demo, 2009).

O ciclo contínuo de apresentação e feedback favoreceu o desenvolvimento de competências mais amplas e profundas, alinhadas ao aprendizado significativo. O feedback foi uma ferramenta crucial que não apenas aumentou o nível de compreensão, mas também reforçou a conexão entre o conteúdo teórico e sua aplicação prática (Brookhart, 2008).

Dos seis grupos participantes, quatro conseguiram realizar suas apresentações presencialmente no dia agendado. Os outros dois grupos, entretanto, fizeram suas apresentações de forma online, utilizando a plataforma de videoconferências *Google Meet*. Isso demonstra que é perfeitamente viável utilizar plataformas digitais para a apresentação de trabalhos, sem que isso prejudique o aprendizado dos alunos. As apresentações foram gravadas e postadas no *Google Classroom*, permitindo que todos os alunos tivessem acesso aos vídeos posteriormente, além de poderem deixar comentários e feedbacks sobre as apresentações.

As expectativas foram plenamente atendidas, os trabalhos demonstraram alta qualidade, e os alunos compreenderam as propostas, identificando as melhores estratégias a serem utilizadas em cada etapa do processo. A avaliação foi fundamentada nos princípios da ABP, embora tenha sido documentada no formato tradicional, conforme a ementa da disciplina. Os alunos dispõem da possibilidade de publicar seus trabalhos ou utilizá-los de outras formas, com o objetivo de compartilhar informações e beneficiar outros estudantes interessados no tema ou realizando pesquisas semelhantes. A utilização do *storytelling* foi fundamental para isso, graças à sua versatilidade e acessibilidade, permitiu que o conhecimento fosse disseminado de maneira envolvente e eficaz (Hung, 2006; Moran, 2015).

Dessa forma, os estudantes foram capazes de produzir uma narrativa colaborativa, respeitando os parâmetros estabelecidos e resolvendo a situação-problema de forma organizada e sistemática (Moran, 2015; Demo, 2009). A avaliação também teve a função de verificar se o processo colaborativo foi eficaz na construção do aprendizado e na promoção do pensamento crítico e criativo (Coll; Maurice, 2010). O que se cumpriu baseando-se nos critérios estabelecidos e na realização e aplicação do trabalho.

5 CONCLUSÃO

Permitir que os alunos construíssem seus próprios entendimentos e caminhos de resposta, resultou em uma espécie de filosofia interdisciplinar que buscou um modelo concreto de aprendizagem significativa. Dito de outra forma, o processo possibilita uma melhoria na construção e ampliação do conhecimento, foi perceptível que os estudantes se tornaram mais conscientes do seu próprio processo de aprendizagem, no sentido de aprender a aprender, desenvolvendo ainda mais sua capacidade de escolha, decisão, planejamento, tornando-se agentes ativos de sua aprendizagem (Lopes et al., 2019).

Destarte, vale frisar que independentemente do nível de ensino o conhecimento tem que ser transmitido e orientado da melhor forma possível por parte do professor e absorvido, pesquisado, questionado e trabalhado da melhor forma possível pelo aluno, com ambos refletindo sobre a vivência e experiência, se adaptando e evoluindo, finalmente implicando diretamente em ações futuras com referências às experiências originais de aprendizado. Ademais, foi percebido que implementar a PBL no ensino da física otimiza e promove eficiência tanto ao processo de ensino quanto ao processo de aprendizagem; com o aluno assumindo uma posição de autonomia e de liberdade criativa. Através disso, é possível provocar e promover ao estudante um processo de desenvolvimento de suas próprias habilidades de pesquisa, desse modo, ele acaba absorvendo mais e melhor os conteúdos, além de conseguir filtrá-los de uma forma mais eficaz, preparando e aproximando o aluno dos desafios atuais do mundo. Por fim, tornando o ensino física mais atrativo, dinâmico e significativo, tanto para os alunos quanto para os professores.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, L. W.; KRATHWOHL, D. R. **A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing**: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. New York: Longman, 2001.
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology**: a cognitive view. 3. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 2003.
- AUSUBEL, D. P. **The Psychology of Meaningful Verbal Learning**. New York: Grune & Stratton, 1963.
- BANDURA, A. **Self-efficacy**: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, v. 84, n. 2, p. 191-215, 1977.
- BARROWS, H. S.; TAMBLYN, R. M. **Problem-Based Learning**: An Approach to Medical Education. New York: Springer, 1980.
- BLOOM, B. S. **Taxonomy of Educational Objectives**: The Classification of Educational Goals. New York: David McKay Company, 1956.
- BROOKHART, S. M. **How to Give Effective Feedback to Your Students**. 2. ed. Alexandria: ASCD, 2008.
- BROOKINGS INSTITUTION. **How COVID-19 has accelerated technology adoption in education**. 2020.
- CARR, N. **The Shallows**: What the Internet Is Doing to Our Brains. New York: W. W. Norton & Company, 2010.
- COLL, C.; MAURICE, P. **O construtivismo na sala de aula**. 6. ed. São Paulo: Ática, 2010.
- COLLINGWOOD, R. G. **The Idea of History**. Oxford: Oxford University Press, 1946.
- DEMO, P. **Educação e Qualidade**. 8. ed. São Paulo: Papirus, 2009.
- DEWEY, J. **Experience and Education**. New York: Macmillan, 1938.
- DURFF, L.; CARTER, M. **Overcoming second-order barriers to technology integration in K–5 schools**. *Journal of Educational Research and Practice*, v. 9, n. 1, p. 246-260, 2019.
- EINSTEIN, A. **The world as I see it**. Nova York: Philosophical Library, 1949, p. 24.
- FEYNMAN, R. P. **O senhor está brincando, Sr. Feynman? Aventuras de um físico curioso**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1985.
- FEYNMAN, R. P. **The Character of Physical Law**. Cambridge: MIT Press, 1965.

FLAVELL, J. H. **Metacognition and Cognitive Monitoring**: A New Area of Cognitive–Developmental Inquiry. *American Psychologist*, v. 34, n. 10, p. 906–911, 1979.

FUNKE, J.; GREIFF, S. **Dynamic problem solving: Multiple-item testing based on minimally complex systems**. In: DETLEV, L.; FLEISCHER, J.; GRÜNKORN, J.; KLIEME, E. (Eds.). *Competence assessment in education*. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 427–443.

GARDNER, H. **Frames of mind: the theory of multiple intelligences**. New York: Basic Books, 1993.

GLASSER, W. **Teoria da escolha**: uma nova psicologia do controle pessoal. São Paulo: Nobel, 1999.

HAVEN, K. **Story Proof**: The Science Behind the Startling Power of Story. Westport: Libraries Unlimited, 2007.

HENSSEN, Joannes. **Teoria do conhecimento** / Johannes Hessen ; tradução João Vergílio Gallerani Curter ; revisão técnica Sérgio Sérvulo da Cunha. – 3ª. ed. – São Paulo : Editora WMF Martins Fontes, 2012.

HERRMANN, A. F. **Narratives of Science Teaching**: Stories of Lives in Science Education. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.

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

HIGHET, Gilbert. **A arte de ensinar** / tradução de Lourenço Filho – Campinas, SP: Kíron, 2018.

HUME, D. **Investigações sobre o entendimento humano**. 10. ed. São Paulo: Editora Vozes, 2019.

HUNG, W. **The 9-step problem design process for problem-based learning**: Application of the 3C3R model. *Educational Research Review*, v. 1, n. 2, p. 118-141, 2006.

JANSSEN, L. **How COVID-19 exposed challenges for technology in education**. G-STIC, 2020.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LEMOINE, P. A.; WALLER, R. E.; GARRETSON, C. J.; RICHARDSON, M. D. **Examining technology for teaching and learning**. *Journal of Education and Development*, v. 4, n. 2, 2020. DOI: 10.20849/jed.v4i2.781.

LIBÂNEO, J. C. **Didática**. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

LIMA, R. M.; CAPPELLI, C. **Educação digital**: desafios e inovações no ensino híbrido. São Paulo: Editora Appris, 2020.

LOPES, A. C. A.; et al. **Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação**. 1. ed. São Paulo: Editora Senac, 2019.

MATTOS, M. A. et al. **A aprendizagem baseada em problemas na saúde pública**. Fortaleza: EdUECE, 2004.

MAYER, R. E. **Thinking, problem-solving, cognition**. 2. ed. New York: Freeman, 1992

McDRURY, J.; ALTERIO, M. **Learning through Storytelling in Higher Education: Using Reflection and Experience to Improve Learning**. London: Kogan Page, 2003.

McKEE, R. **Story: substance, structure, style, and the principles of screenwriting**. New York: HarperCollins, 2003.

MOALLEM, M. **Effects of PBL on Learning Outcomes**, Knowledge Acquisition, and Higher-Order Thinking Skills. In: MOALLEM, M.; HUNG, W.; DABBAGH, N. *The Wiley Handbook of Problem-Based Learning*. 1. ed. West Sussex: Wiley, 2019. p. 107-133.

MORAN, J. M. **Novas tecnologias e mediação pedagógica**. 13. ed. Campinas: Papirus, 2015.

MUNHOZ, Antonio Siemsen. **ABP: Aprendizagem Baseada em Problemas: ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem** / Antonio Siemsen Munhoz. – São Paulo: Cengage Learning, 2022.

MUNHOZ, V. A. **Aprendizagem baseada em problemas (ABP): estratégias e desafios**. São Paulo: Pioneira, 2009.

NICOLOSI, L. **Feedback como ferramenta de avaliação formativa: promovendo o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Artmed, 2012.

PIAGET, J. **A epistemologia genética**. São Paulo: Martins Fontes, 1976, p. 47.

PIAGET, J. **A Construção do Real na Criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

PIAGET, J. **O nascimento da inteligência na criança**. Rio de Janeiro: Zahar, 1970.

SAGAN, C. **Cosmos**. New York: Random House, 1980.

SAVERY, J. R.; DUFFY, T. M. **Problem Based Learning: An Instructional Model and Its Constructivist Framework**. Educational Technology, 1995.

SAVIN-BADEN, M. **Facilitating Problem-Based Learning: Illuminating Perspectives**. London: Open University Press, 2003.

SCHMIDT, H. G.; ROTGIANS, J. I.; YEW, E. H. J. **The process of problem-based learning: What works and why**. Medical Education, v. 45, n. 8, p. 792-806, 2011. DOI: 10.1111/j.1365-2923.2011.04035.x.

SCHOENFELD, A. H.; HERRMANN, D. J. **Problem perception and knowledge structure in expert and novice mathematical problem solvers**. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, v. 8, n. 5, p. 484-494, set. 1982.

SCHUNK, D. H. **Teorias da Aprendizagem**: uma perspectiva educacional. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2012.

SIEMENS, G. **Connectivism**: A Learning Theory for the Digital Age. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 2005.

SUGRUE, B. **A theory-based framework for assessing domain-specific problem-solving ability**. *Educational Measurement: Issues and Practice*, v. 14, n. 3, p. 29–36, 1995

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

TYSON, N. deG. **Astrophysics for People in a Hurry**. New York: W.W. Norton & Company, 2017.

VASCONCELLOS, C. S. **Planejamento**: Projeto de ensino-aprendizagem e projeto político-pedagógico. 18. ed. São Paulo: Libertad, 2019.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

WALKER, A.; LEARY, H.; HMELO-SILVER, C. E.; ERNST, D. **Essential readings in problem-based learning**: Exploring and extending the legacy of Howard S. Barrows. West Lafayette: Purdue University Press, 2015.

ZIMMERMAN, B. J. **Becoming a Self-Regulated Learner**: An Overview. *Theory Into Practice*, v. 41, n. 2, p. 64-70, 2002.

ZIMMERMAN, B. J. **Self-regulated learning and academic achievement**: An overview. *Educational Psychologist*, 25(1), 1990.

APÊNDICE A – PLANO DE AULA

PLANO DE AULA			
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO			
Período: 1º	Turma: Física	Nº de alunos: 45	Horário: 20:30 Duração: 60 minutos (aprox.) Data da aula: XX/XX/2022
UNIDADE DIDÁTICA: Vetores e suas Aplicações na Física			
OBJETIVOS GERAL: Investigar como a física utiliza dos vetores como ferramenta fundamental para facilitar a compreensão de fenômenos físicos e suas aplicações no cotidiano.			
HABILIDADES TRABALHADAS: (EM13LP30) Realizar pesquisas de diferentes tipos (bibliográfica, de campo, experimento científico, levantamento de dados etc.), usando fontes abertas e confiáveis, registrando o processo e comunicando os resultados, tendo em vista os objetivos pretendidos e demais elementos do contexto de produção, como forma de compreender como o conhecimento científico é produzido e apropriar-se dos procedimentos e dos gêneros textuais envolvidos na realização de pesquisas. (EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.			
CONTEÚDOS (Sugeridos)	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	RECURSOS DIDÁTICOS	DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO
- Mecânica Clássica - Mecânica dos Fluidos - Gravitação - Som - Eletromagnetismo - Luz - Relatividade - Mecânica Quântica - Radiação - Calor	- Desenvolver um olhar físico sobre os conteúdos, desenvolvendo analogias com a realidade. - Identificar a importância dos vetores em todas as áreas da física. - Provocar a iniciação de pesquisa e o debate sobre os dados e elementos coletados. - Fomentar o trabalho em equipe, a fim de desenvolver a união de ideias, com a intenção de desenvolver um trabalho mais concreto.	- Quadro - Lápis de quadro - Sala de Aula - Projektor & Computador - Slides & Vídeos	Apresentar para os alunos as metodologias ativas "ABP e <i>storytelling</i>"; elucidando os seus respectivos elementos. Introduzir o assunto vetores, contextualizando na física. Expor a situação problema e explicar quais são os caminhos possíveis para as suas soluções. Suscitar caminhos e respostas prévias. Dividir a turma em grupos, propor a realização de uma pesquisa fora de sala. Promover debates e discussões nos grupos, sobre os caminhos traçados e materiais pesquisados. Questionar se os materiais coletados na pesquisa e os caminhos utilizados na elaboração do Storytelling são eficazes. Assistir e avaliar as apresentações dos trabalhos realizados pelos grupos.

AValiação DO APRENDIZADO:

A avaliação será realizada em forma de uma dinâmica que consiste na construção de uma história que será narrada pelos alunos utilizando os elementos vistos durante a fase de pesquisa sobre a situação problema apresentada. Mais informações no anexo abaixo do roteiro.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA:

- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>.
- DEWEY, J. **Experience and Education**. New York: Macmillan, 1938.
- HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015
- LOPES, A. C. A.; et al. **Aprendizagem baseada em problemas: fundamentos para a aplicação**. 1. ed. São Paulo: Editora Senac, 2019.
- MUNHOZ, Antonio Siemsen. ABP: **Aprendizagem Baseada em Problemas**: ferramenta de apoio ao docente no processo de ensino e aprendizagem / Antonio Siemsen Munhoz. – São Paulo: Cengage Learning, 2022.
- TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

APÊNDICE B – ROTEIRO DE AULA

Roteiro de aula (AULA 01 – Introdução)

- 1) Introdução e apresentação da metodologia da aula. **(20min)**
 - a. Apresentar a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP)
 - b. Mostrar como funciona e quais os caminhos e habilidades são utilizadas em suas diversas aplicações.
 - c. Apresentar o *storytelling*.
 - d. Mostrar como funciona e quais os possíveis caminhos para elaborá-lo.
- 2) Iniciar a apresentação da unidade didática e da "situação-problema". **(20min)**
 - a. Apresentação breve sobre vetores. "Como seria a física se os vetores não existissem?"
 - b. Apresentação e contextualização histórica e sobre a história dos vetores na física.
 - c. Mostrar alguns recursos facilitados através da utilização dos vetores.
 - d. Apresentar a situação problema.
 - e. Explicar o que é uma situação problema e como trabalhar em cima dela.
- 3) Momento para a divisão dos grupos e discutir sobre as dúvidas que ficaram. **(20min)**
 - Responder as dúvidas e questionamentos, sobre as temáticas abordadas.
 - Organizar as equipes em grupos de 4~8 integrantes.

Roteiro de aula (AULA 02 – Discussão)

- 1) Levantamento e discussão sobre a pesquisa feita em casa. **(20 min)**
 - a. Conversar com a turma e questioná-los sobre a pesquisa.
 - b. Realização de perguntas referentes ao que foi pesquisado pelos alunos. (Ex. "Onde pesquisaram?", "Quais foram as dificuldades encontradas na pesquisa?", "Algo que buscaram e não encontraram?".)
 - c. Após respostas, procurar identificar dificuldades e propor soluções didáticas para elas.
 - d. Para quem desenvolveu bem, identificar os problemas no que foi pesquisado e questioná-los sobre o que foi acertado.
 - e. Explicar como irá funcionar a apresentação do *storytelling* na próxima aula.
- 2) Explicação da dinâmica da construção de uma narrativa. **(10 min)**
 - a. Explicar o que é uma narrativa e como esta será desenvolvida pelos alunos.
 - b. Separar a sala em seus respectivos grupos (com o objetivo de facilitar a administração de cada uma das histórias)
- 3) Iniciar a construção das histórias **(30 min)**
 - a. Após a separação dos grupos, o professor vai distribuir os personagens e explicar quais as suas missões e quais os objetivos da viagem de cada personagem.
 - b. Os alunos deverão utilizar as pesquisas que foram realizadas em casa para facilitar a construção das histórias. O grupo vai escolher dentro da pesquisa de cara integrante o que vai ser melhor para a história e resolução do problema.
 - c. Após isso, cada grupo começará a desenvolver uma história narrada, criando um o passo-a-passo para cada personagem da história, o ideal é que cada aluno seja um personagem dentro da história, trazendo para a mesma história diferentes pontos de vista.
 - d. Durante o desenvolvimento das narrativas, o professor deverá inspecionar a fluidez de cada grupo, ajudando todos os grupos a adiantarem o máximo possível as suas histórias.
 - e. A proposta final é que todos os grupos já possuam a estrutura base de suas histórias e já consigam entender como abordar a situação problema.

PROPOSTA AVALIATIVA (Storytelling)

Objetivo da Avaliação: Estimular a curiosidade dos alunos é fundamental para incentivá-los a buscar mais informações sobre a temática proposta. Além disso, é essencial que eles utilizem as habilidades e o conhecimento desenvolvidos e adquiridos ao longo das aulas, das pesquisas, da organização dos conteúdos e das interações em grupo. Dessa forma, os estudantes são capazes de produzir, de maneira colaborativa, uma narrativa em grupo baseada em parâmetros previamente estabelecidos, resolvendo a situação-problema de forma estruturada e sistemática.

Parâmetro Estabelecidos:

- O(s) protagonista(s) das respectivas histórias devem utilizar vetores para resolver diversos acontecimentos;
- Os acontecimentos precisam ser desenvolvidos em cima de problemas comuns da física;
- Dependendo da área de conhecimento escolhida pelo grupo a história precisa conter explicações do conteúdo na história;
- As explicações precisam ser postas de uma forma clara, que qualquer um que leia a história entenda e aprenda sobre a física envolvida;
- Criar relações com os problemas e a realidade ajuda a encorpar o texto e deixam claras as intenções de escolha deles e suas soluções;
- As soluções precisam ser claras e desenvolvidas com uma linguagem objetiva, analogias com o cotidiano ajudam na formulação.
- Uma história bem escrita geralmente possui uma boa cronologia de acontecimentos, escolham bem a ordem de acontecimentos, para que a história seja escrita com começo, meio e fim;

1º Momento

- Explicação da Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), do *storytelling* e dos vetores;
- Divisão da turma em grupos;
- Início dos trabalhos

2º Momento

- Discursão sobre os problemas escolhidos, orientação dos grupos e a preparação deles para as apresentações:

Grupo 01 – História 1 – Situação Problema

Número de integrantes da equipe: X pessoas; X personagens; X local; X contexto; X narrativa; X solução.

Grupo 02 – História 2 – Situação Problema

Número de integrantes da equipe: X pessoas; X personagens; X local; X contexto; X narrativa; X solução.

Grupo 03 – História 3 – Situação Problema

Número de integrantes da equipe: X pessoas; X personagens; X local; X contexto; X narrativa; X solução.

3º Momento

- Apresentação do *storytelling* de cada grupo, destacando os pontos principais e correlacionando com as temáticas desenvolvidas.

APÊNDICE C – GUIA AVALIATIVA DAS APRESENTAÇÕES

	Universidade Federal de Pernambuco – CAA Curso: Física Licenciatura Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física
Avaliador: Professor (Tutor)	Formação: <i>Graduando</i>

Instruções: “Como seria a física se os vetores não existissem?”

- Cada grupo irá apresentar seu próprio Storytelling, respondendo o tema central: **“Como seria a física *(tema)* se os vetores não existissem?”**. Ou seja, precisam apresentar tanto como funciona seu tema com vetores, como o que aconteceria, ou como seria, caso não existissem os vetores no seu respectivo tema.
- Esses alunos desenvolveram suas pesquisas e irão explicar com suas palavras a resposta para o tema central proposto.
- O avaliador deverá ver se a apresentação conseguiu atender a solução para o problema, caso não consiga solucioná-lo, leve em conta o trabalho desenvolvido e a cooperatividade entre os membros do grupo, utilize os fatores abaixo.

Grupos
1 - Eletromagnetismo - 4 membros.
2 - Mecânica 1 - Aléte - 5 membros.
3 - Relatividade - 7 membros
4 - Mecânica 2 - Sâmeque - 7 membros.
5 -
6 -

FATORES	1	2	3	4	5	6
01. Conteúdo.	VIII	VII	IX	VII		
02. Domínio Sobre o Tema Escolhido.	VIII	VII	VIII	VII		
03. Profundidade do Trabalho.	VII	VIII	VIII	VII		
04. Criatividade.	VII	X	IX	VIII *		
05. Forma de Apresentação do Trabalho.	IX	VIII	VIII *	VIII		
06. Resposta à Pergunta Central.	VII *	VII	VII	VII		
07. Cooperação (Trabalho em Grupo).	X	X	X	X		
08. Comportamento Durante a Apresentação dos Grupos.	X	X	X	VII		
09. Interesse pelo Trabalho.	X	X	X	IX		
10. Autocrítica. (Extra).						
	8,7	8,7	9,0	8,3		



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Comentários

Grupo 1: → foco no conteúdo - Link com a história.

Grupo pequeno mas dinâmica

+ iniciativa x

Grupo 2: Desenvolveram o trabalho, melhoraram os slides e o tempo de apresentação.

Foco na História, poucos pontos de pesquisa e evidências científicas.

Vender.

(muito tempo)

Grupo 3: → Trabalho em grupo - Metodologia / última hora.

+ Entregaram o que foi proposto, dinâmico e interessante

+ Pesquisa, faltaram alguns pontos.

+ Onde está o roteiro? → Lera história.

(muito tempo)

Grupo 4: Feedback do que fizeram, riqueza. Desenvolveram o tema, mas sentiram falta de organização com relação a pesquisa. Link com outros temas externos. Linguagem comum.

Grupo 5:

Grupo 6:



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Avaliador: **Número 1**

Formação: *5. Completo*

Instruções: “Como seria a física se os vetores não existissem?”

- Cada grupo irá apresentar seu próprio Storytelling, respondendo o tema central: **“Como seria a física *(tema)* se os vetores não existissem?”**. Ou seja, precisam apresentar tanto como funciona seu tema com vetores, como o que aconteceria, ou como seria, caso não existissem os vetores no seu respectivo tema.
- Esses alunos desenvolveram suas pesquisas e irão explicar com suas palavras a resposta para o tema central proposto.
- O avaliador deverá ver se a apresentação conseguiu atender a solução para o problema, caso não consiga solucioná-lo, leve em conta o trabalho desenvolvido e a cooperatividade entre os membros do grupo, utilize os fatores abaixo.

Grupos

1 -
2 -
3 -
4 -
5 -
6 -

FATORES	1	2	3	4	5	6
01. Conteúdo.	1,0	1,0	1,0	1,0		
02. Domínio Sobre o Tema Escolhido.	1,0	1,0	1,0	1,0		
03. Profundidade do Trabalho.	1,0	1,0	1,0	1,0		
04. Criatividade.	1,0	1,0	1,0	1,0		
05. Forma de Apresentação do Trabalho.	0,8	0,8	0,8	0,8		
06. Resposta à Pergunta Central.	0,5	0,8	0,8	0,8		
07. Cooperação (Trabalho em Grupo).	1,0	1,0	1,0	1,0		
08. Comportamento Durante a Apresentação dos Grupos.	1,0	1,0	1,0	1,0		
09. Interesse pelo Trabalho.	1,0	1,0	1,0	1,0		
10. Autocrítica. (Extra).	1,0	1,0	1,0	1,0		
	9,3	9,6	9,6	9,6		



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Comentários

Grupo 1: Rebeca e o eletromagnetismo.
 Não haveria estrutura se não houvessem os vetores?

Grupo 2:
 "Massa negativa" virou um feitiço?

Grupo 3: Relatividade → 130 semanas → Não olhe para cima.

Grupo 4: Os vs' atacam

Grupo 5:

Grupo 6:



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Avaliador:

Número 2

Formação:

Mestre - Física

Instruções: “Como seria a física se os vetores não existissem?”

- Cada grupo irá apresentar seu próprio Storytelling, respondendo o tema central: **“Como seria a física *(tema)* se os vetores não existissem?”**. Ou seja, precisam apresentar tanto como funciona seu tema com vetores, como o que aconteceria, ou como seria, caso não existissem os vetores no seu respectivo tema.
- Esses alunos desenvolveram suas pesquisas e irão explicar com suas palavras a resposta para o tema central proposto.
- O avaliador deverá ver se a apresentação conseguiu atender a solução para o problema, caso não consiga solucioná-lo, leve em conta o trabalho desenvolvido e a cooperatividade entre os membros do grupo, utilize os fatores abaixo.

Grupos

1 -	
2 -	
3 -	
4 -	
5 -	
6 -	

FATORES	1	2	3	4	5	6
01. Conteúdo.	10	10	10	10		
02. Domínio Sobre o Tema Escolhido.	10	10	10	10		
03. Profundidade do Trabalho.	9	9	10	9		
04. Criatividade.	9	9	10	9		
05. Forma de Apresentação do Trabalho.	10	9	10	10		
06. Resposta à Pergunta Central.	9	10	9	10		
07. Cooperação (Trabalho em Grupo).	10	10	10	10		
08. Comportamento Durante a Apresentação dos Grupos.	10	10	10	10		
09. Interesse pelo Trabalho.	10	10	10	10		
10. Autocrítica. (Extra).	10	10	10	10		

9,7 9,7 9,9 9,8



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Comentários

Grupo 1:

- Apresentação - boa
- * Articulação - boa
- Leve descuido com a pergunta focal $\Rightarrow$ "Sem vetores não tínhamos eletricidade".

Grupo 2:

- trouxe um pouco mais de conteúdo que o grupo anterior e com isso houve uma articulação um pouco maior entre conteúdo e história em certos momentos.

Grupo 3:

- Articulação boa entre os membros da equipe, contudo, em certos momentos a apresentação fugiu um pouco da questão central

Grupo 4:

- Algumas confusões conceituais sobre as grandezas vetoriais e escalares (é vetor?)

Grupo 5:

Grupo 6:



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Avaliador:

Número 3

Formação:

Instruções: “Como seria a física se os vetores não existissem?”

- Cada grupo irá apresentar seu próprio Storytelling, respondendo o tema central: “Como seria a física *(tema)* se os vetores não existissem?”. Ou seja, precisam apresentar tanto como funciona seu tema com vetores, como o que aconteceria, ou como seria, caso não existissem os vetores no seu respectivo tema.
- Esses alunos desenvolveram suas pesquisas e irão explicar com suas palavras a resposta para o tema central proposto.
- O avaliador deverá ver se a apresentação conseguiu atender a solução para o problema, caso não consiga solucioná-lo, leve em conta o trabalho desenvolvido e a cooperatividade entre os membros do grupo, utilize os fatores abaixo.

Grupos

- 1- Eletromagnetismo: uma história em busca de respostas
- 2- Mecânica: Delírios do Princípio da Inércia
- 3- Relatividade: O dia 20
- 4- Mecânica: Como seria a mecânica clássica sem vetores?
- 5-
- 6-

FATORES	1	2	3	4	5	6
01. Conteúdo.	7	10	8	10		
02. Domínio Sobre o Tema Escolhido.	7	7	7	10		
03. Profundidade do Trabalho.	6	8	7	8		
04. Criatividade.	5	9	10	10		
05. Forma de Apresentação do Trabalho.	6	7	7	7		
06. Resposta à Pergunta Central.	8	7	10	7		
07. Cooperação (Trabalho em Grupo).	7	9	7	8		
08. Comportamento Durante a Apresentação dos Grupos.	7	8	8	7		
09. Interesse pelo Trabalho.	6	9	8	9		
10. Autocrítica. (Extra).	—	—	—	—		

6,9 8,4 8,2 8,6



Universidade Federal de Pernambuco – CAA
Curso: Física Licenciatura
Disciplina: Metodologia do Estudo & Introdução à Física

Comentários

Grupo 1:

O grupo possui uma ótima interação entre os integrantes do grupo, entretanto, acredito que existiu falta de criatividade.

Grupo 2:

Ótimo forma de abordagem sobre o conteúdo, contudo, a forma de apresentação iria ser mais interessante se o modelo usado não fosse, necessariamente, nítido, uma vez seria mais interessante.

Grupo 3:

Conteúdo com amplo detalhamento em ser explicado, contudo, a dicção, a interação, o conteúdo, foi interessante. Conte!

Grupo 4:

História muito bem contada, juntamente com o desenvolvimento de cada personagem "demonstrando" cada conceito da mecânica clássica. Entretanto, o grupo precisa tentar administrar o tempo de abordagem do conteúdo. Ademais, suponho que a ideia principal não tenha sido algo "original".

Grupo 5:

Grupo 6:

ANEXO A – TRABALHO GRUPO 1

Universidade Federal de Pernambuco

Centro Acadêmico do Agreste

Metodologia do Estudo

Grupo: G,J,M,T.

Grupo 1 – Eletromagnetismo

REBECA E O ELETROMAGNETISMO: UMA HISTÓRIA EM BUSCA DE RESPOSTAS

Em uma aula de Física do Professor Petrúcio, foi destinado ao conteúdo de Eletromagnetismo - tal conteúdo se dá através da inter-relação entre a eletricidade e o magnetismo. O novo conteúdo deixou os estudantes surpresos por abordar conteúdos vistos anteriormente, entre eles: vetores, eletricidade e magnetismo. Rebeca, uma estudante dedicada, desde os primeiros anos de escola, não entendeu muito bem o conteúdo, pois já havia apresentado dificuldades no conteúdo de vetores, mesmo se dedicando ao máximo aos vetores nunca foi sua praia. Porém o ápice das indagações surgiu quando Rebeca começou a questionar a relação dos vetores e do eletromagnetismo ao professor. Entre inúmeras tentativas de explicação sobre as indagações, o professor não percebeu a hora passando e a aula simplesmente acabou, sem ao menos sanar uma das inúmeras dúvidas de Rebeca.

Indo para casa Rebeca começa a se questionar:

“Qual a importância de vetores nessa área? Na verdade, qual a importância de vetores em

nosso dia a dia, se não o vemos de modo literal, somente de modo ilustrativo?”

Em casa, Rebeca, sentada em sua escrivaninha, volta a estudar o conteúdo que havia visto em sala de aula. Passado um tempo ela começava a se queixar sobre a “presença” dos vetores no eletromagnetismo.

Sua avó, Isabel, costuma sempre passar pela casa de Rebeca para dar um abraço nela e levar uma sobremesa para sua neta após o almoço. A porta dos fundos da casa de Rebeca sempre ficava aberta durante as tardes, pois Rebeca sempre esperava pela visita da avó. Ao entrar na casa, a avó de Rebeca ouviu suas reclamações e ficou curiosa para saber o que está deixando a neta tão desconfortável. Então, Isabel se direcionou até sua a neta e a perguntou:

-Rebeca?

-Que susto, coroa!

-Desculpe-me, minha neta. Mas ouvi reclamando sobre algum assunto visto na escola e vim ver o que estava acontecendo. Quais são as suas dificuldades?

-Aí vó, tipo assim... eu sempre tive dificuldades em entender os temidos vetores e suas relações, porém, para mim já tinha me livrado deles..., mas o professor hoje veio com um tal de eletromag..., eletromagnético.

Isabel então sorriu e a respondeu:

-Eu acho que você quer falar eletromagnetismo.

Rebeca, então respondeu:

-É isso mesmo, coroa. Esse tal de eletromagnetismo tá me tirando do sério. Para mim, esse conteúdo é uma mistura malfeita entre a junção da eletricidade e do magnetismo, afff... Pra que estudar isso?

Sua avó então responde:

-Rebeca, muitas das tecnologias que temos hoje devemos ao estudo do eletromagnetismo, pois foi através desses estudos que se teve o desenvolvimento de transformadores, motores e geradores elétricos e até mesmo da comunicação sem fio.

-Nossa, vó, não tinha conhecimento sobre isso.

-Então, vamos até a cozinha, comer o pudim que eu fiz e lá te explicarei melhor o conteúdo. Com isso, os conflitos acerca do conteúdo de eletromagnetismo não deixaram apenas Rebeca preocupada, mas também sua avó e numa tentativa de ajudar sua neta, Isabel propõe explicar o conteúdo à sua neta, passando pelos conteúdos de vetores, eletricidade, magnetismo e a inter-relação das duas áreas, para formar o eletromagnetismo.

Após se deliciarem com a sobremesa, ambas continuam na cozinha e a avó começa a falar sobre a história dos vetores:

- Os vetores surgiram nas primeiras décadas do século XIX com representações geométricas de números complexos, porém essa ideia de vetores estava mais ligada com a matemática. Pois na Física já eram conhecidos como representações de força, velocidade ou aceleração e uma regra geométrica para a soma e para a diferença (a regra do paralelogramo) já havia sido estabelecida. Assim, se uniu as duas noções (a dos matemáticos e a dos físicos) e os números complexos ganharam uma importante interpretação – vetorial – nas ciências da Natureza.

Rebeca então interrompe sua avó e lhe indaga:

- Vó, por isso, podemos dizer que o vetor tem direção (vertical, horizontal), sentido (direita, esquerda, cima, baixo...) e tamanho, que no caso é o módulo?

Isabel, então responde:

- Isso mesmo.

-Mas vó, o que esses vetores têm a ver com eletromagnetismo?

-Bem, querida, quando falamos sobre eletromagnetismo temos que pensar em uma relação de dois outros assuntos...

Rebeca interrompe a fala de sua avó e diz:

-Assim, não sou nenhuma expert, mas creio que esses assuntos sejam a eletricidade e o magnetismo.

Isabel sorri de canto de boca e confirma o que a neta havia falado -Isso mesmo!

-Mas onde entram os vetores nessa relação com o conteúdo?

Isabel responde a pergunta de Rebeca

- Quando falamos de eletricidade, teremos o campo elétrico que é uma grandeza vetorial, pois possui sentido, direção e módulo.

-E para que serve o campo elétrico? - pergunta Rebeca com curiosidade

-Ele é utilizado para medir interações entre cargas elétricas que podem ser de atração ou repulsão. É como se fosse uma espécie de força gerada ao redor da carga elétrica.

-hmmm- Rebeca balança a cabeça em sinal de entendimento. -E em relação ao magnetismo? -Teremos o campo magnético que, assim como o campo elétrico, é uma grandeza vetorial. Ele pode ser entendido como o resultado da movimentação de cargas elétricas.

-Ué, resultado da movimentação das CARGAS ELÉTRICAS?

Isabel sorri e em seguida responde a Rebeca

- Sim. Eletricidade e magnetismo tem uma boa relação. Enquanto cargas elétricas em movimento geram campo magnético, a variação do fluxo do campo magnético gera o campo elétrico. Assim, quando se tem uma carga elétrica em movimento estático, isto é, parada, tem-se apenas o campo elétrico, a partir do momento que essa mesma carga entra em movimento dinâmico, surge agora um novo campo, o campo magnético.

Rebeca mostra interesse pelo assunto, então sua avó continua:

Rebeca, saber sobre os vetores na área de campos em eletromagnetismo é de extrema importância. Como já dito, uma carga elétrica estática gera apenas campo elétrico, esse campo influencia no comportamento das cargas que estiverem "soltas" ao seu redor, isto porque o sentido do vetor desse campo determina o sentido do vetor da força elétrica dessa mesma carga. É importante também saber acerca de vetores quando há campos magnéticos, isto porque só saberemos o sentido das cargas elétricas em movimento, ou seja, corrente elétrica, quando soubermos o comportamento dos vetores desse mesmo campo. Calcular força, campo elétrico e campo magnético é até fácil, até porque temos fórmulas para isso, mas é também importante sabermos o sentido e a direção de cada um, porque caso contrário não saberemos para onde vai uma carga "solta" em volta de um campo elétrico, assim também não sabemos para onde vai determinada corrente se não soubermos a direção e o sentido dos vetores do campo magnético.

Rebeca começa a perceber que os vetores não são inúteis como ela imaginava, e pergunta a dona Isabel:

-Vó, quer dizer que se temos um campo elétrico e nele inserimos uma carga elétrica, ela sofrerá uma força da carga que exerce aquele mesmo campo?

Isabel respondeu:

-Sim, Rebeca. Se essa carga for positiva, o vetor da força elétrica terá o mesmo sentido que o vetor do campo elétrico no qual ela foi inserida. Caso contrário, o vetor força terá sentido oposto ao do vetor campo elétrico.

- Entendi, e no caso do campo magnético, qual a ligação dele com o campo elétrico?

Perguntou Rebeca cada vez mais curiosa e ouviu atentamente a resposta de sua avó

-Bom, o campo magnético é o espaço que surge quando as cargas elétricas estão em movimento, ele é representado por linhas que por sua vez saem de um lado norte e entram no lado sul.

Rebeca analisou bem a resposta de sua avó antes de falar:

-Se essas cargas precisam estar em movimento para o campo magnético surgir, significa que precisamos da velocidade para criar esse campo, os vetores aparecem aqui né? O olhar de Isabel se iluminou ao perceber que sua neta a compreendia e ela disse -Exatamente!

A partir das explicações de sua avó, a neta começa enxergar a presença dos vetores e do eletromagnetismo no dia a dia e começa a relacioná-los no cotidiano. Rebeca, por exemplo, sempre que vai utilizar o aparelho celular, imagina-o como o captador e gerador de campos eletromagnéticos.

ANEXO B – TRABALHO GRUPO 2



Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Centro Acadêmico do Agreste - CAA

Núcleo de Formação Docente - NFD

(Grupo 2) – Mecânica Clássica

Curso: Física - Licenciatura

Disciplina: Metodologia do Estudo

Discentes: Á, E, L, L, R.



Delírios do *Principia Naturae*

O vento paira sobre a grama intensamente verde do campo. Os galhos das árvores balançam conforme a brisa os toca. Pássaros voam livres e encantam os ouvidos de Newton que se encontra sentado embaixo de uma macieira, descansando na confortável sombra. Com seus cabelos brancos e longos, vestindo uma roupa formosa e elegante, ele observa as borboletas indo de flor em flor.

— Oh, mãe natureza! Como podes ser tão perfeita? — diz para si mesmo — Tamanha insignificância do meu ser não compreende tuas razões, mas hei de buscar o entendimento de tua Divina Linguagem.

Nesse momento, Newton pega um caderno em uma mochila ao lado e escreve: "uma vez que aqui estou, não me resta nada, senão procurar o motivo pelo qual existo, pelo qual a coruja agoura, entender a mente de Deus e o porquê de caírem as coisas. E se caem, por que Mahina¹ aqui não pousa?".

De súbito, Newton sente um mau pressentimento e esquiva para o lado, desviando de uma misteriosa rajada de vibração que vinha em sua direção. Ao olhar o horizonte, pôde ver uma pessoa caminhando.

— O que quer esse ser inferior perturbando meu precioso tempo? — sussurrou. A estranha personagem esticou o braço em sua direção e, novamente, ele sente algo vindo atingi-lo. Ao desviar rapidamente, a macieira atrás de si é danificada. Nesse momento, Newton estende a mão com elegância e uma maçã cai suavemente em sua palma.

— És um amador, Newton! Teoria das cores? Que patético! Realmente, não serves para a ciência!

— Ora! Hooke, eu admiro sua inveja causada pela admiração oculta que tens por mim. Todavia, isso não é motivo para atrapalhar-me em meu estado de contemplação da natureza — diz.

— És orgulhoso demais para quem está prestes a deixar o plano terrestre — fala Hooke, mirando mais uma vez a mão na direção de Newton, que diz:

— Definitivamente, isso é muita perda de tempo.

Um disparo de força é lançado das mãos de Hooke, porém dessa vez muito rapidamente para que pudesse desviar. Newton é arremessado fortemente. "Impuro, fez-me ir ao mesmo sentido da força que aplicara em mim", pensou ele enquanto caía no chão, mas o que mais lhe chamou a atenção foi o fato da maçã que segurava ter caído ao mesmo tempo que ele no solo, um pouco mais distante, e quicando para cima assim que bateu no chão. De maneira similar, seu próprio corpo havia quicado sobre o solo, assim que tombou. O baque, por alguns momentos, desnorteara Newton, que em seu breve momento de transe, curiosamente, começou a refletir sobre o que havia acontecido consigo e com a maçã que observava. A força com a qual os corpos se chocaram ao chão foi devolvida em igual intensidade e sentido oposto, os fazendo voltar para o ar. Newton em sua reflexão lembrou-se de sua terceira lei para os movimentos, a da "ação e reação"; os vetores "força" apontados para baixo - gerados por si e pela maçã caída - geraram mais dois vetores, apontados para cima, fazendo-os quicar. "São estas então as forças de reação que postulei em minha obra... a reação do solo sobre mim está fazendo meu corpo doer um pouco", pensou.

Enquanto retornava do transe causado pelo impacto sofrido, Newton, mesmo observando diretamente seu inimigo caminhando em sua direção, quase como uma forma de desdém para com Hooke, novamente, deixou sua mente solta ao invés de se concentrar no perigo. Ele pensou mais sobre os poucos segundos atrás em que foi arremessado: "e se os vetores relacionados às forças de ação e reação, simplesmente, não existissem ali?". Por um lado, pensou sobre os vetores associados à ação de cair. "E se eles só não existissem, de uma forma bastante literal?" Certamente o golpe de seu oponente não o derrubaria. Se manteria imóvel, concluiu. Por outro lado, pensou na reação do solo à sua queda. Caso os vetores e, por conseguinte, a força reacionária não existisse, o solo não teria arremessado seu corpo para cima novamente. E talvez, a dor incômoda em sua cabeça não existiria depois daquilo. Enfim, deixou de lado os devaneios quando recobrou a noção do perigo.

Levantou-se, andou até a fruta e pegou-a. "Se não caísse no chão, se não sofresse atração desta força que a faz cair, ficaria girando em torno da Terra infinitamente assim como a Lua?", perguntou-se, segurando o fruto.

Sem enrolação, tira de seu bolso uma poção vermelha em um frasco, despeja na maçã e a joga diretamente em Hooke que, antes de ser atingido, lança seu poder no sentido oposto da aceleração da maçã, o que anulou seu movimento, fazendo com que ela parasse e caísse. Assim que a fruta tocou o solo, uma enorme chama espalhou-se pelos arredores. Newton notou um de suas ideias sendo aplicada em prática, brevemente retornando a seus devaneios: inércia! A maçã iria tender a se manter em movimento em direção a Hooke, o que exigiu do oponente lançar seu poder contra o projétil para quebrar sua inércia, e o parar. Afinal, um objeto mantém-se em movimento ou repouso constantes até uma força externa intervir.

— Peralvilho! — exclama Hooke protegendo os olhos — Alquimista repulsivo!

Newton aproxima-se rapidamente enquanto ele ainda está debilitado e o chuta fortemente, fazendo-o cair. Nesse momento, pega outra poção, desta vez de cor azul, e a toma. Seu olhar muda, suas pupilas ficam dilatadas e sua respiração mais perceptível. Pega uma adaga do bolso e a joga em Hooke que, para se defender, lança uma força de suas mãos, desviando a arma para o alto. "Novamente, inércia sendo aplicada!", pensou o físico. Enquanto cai o objeto, Newton joga contra Hooke uma pedra, sendo também devolvida em seguida, mas acaba por bater na adaga que estava a cair, o que faz ela ir direto para as mãos de Newton.

— Essa adaga cairia livremente até o chão, continuaria em aceleração constante, mantendo seu movimento constante, mas foi impedida pela força externa exercida pela pedra que devolveu para mim. Que interessante, não acha? — Diz, enquanto gira a adaga em mãos. Falava de peito estufado, orgulhoso por conseguir aplicar sua ideia de inércia agora para seu auxílio, ao invés de só a observar em seus avanços.

— Mas nem nesses momentos de discórdia você deixa de pensar em suas ideias paranoicas?! — exclama Hooke.

Com muita serenidade, Newton responde:

— Qualquer tempo que não seja dedicado aos estudos, é uma perda de tempo.

Notando a visível frustração de seu oponente, Newton se permitiu pensar mais um pouco. Durante a situação na qual readquiriu a adaga, o que seria de si caso os vetores não existissem? Se o vetor força aplicado sobre a arma, pela pedra

arremessada, não existisse, provavelmente a inércia do objeto se manteria constante, acarretando numa briga desfavorável para si. Afinal, estaria desarmado. “Isso se aplicaria a todos os corpos, será? Caso não houvesse forças externas?” pensou. Sem vetores, ou seja, sem forças ou grandezas vetoriais, possivelmente a dinâmica não existiria. Portanto, o físico chegou numa conclusão: se grandezas vetoriais não existissem, talvez o universo inteiro estaria em uma inércia constante. Uma inércia eterna, onde todos ou estariam imóveis, ou em movimento constante, por toda a eternidade.

Esse pensamento abissal manteve Newton absorto em sua própria mente por alguns segundos, enquanto seu oponente aproveitou desse momento para retomar sua compostura e preparar mais ataques para seu infame arqui-inimigo.

Já em pé, Hooke prepara mais enxurradas de seu poder. Arremessa rapidamente na tentativa de acertá-lo, mas Newton desvia eficazmente de todos os ataques com muita agilidade enquanto lança poções para fragilizá-lo, mas ele também se esquia até que finalmente é acertado.

— Tirei de você a capacidade de orientar a direção e sentido de seu poder. Tentar é inútil! — fala Newton. Ao tentar atingi-lo, Hooke falha miseravelmente. A vibração de força vai para todos os lados, desobedecendo totalmente a orientação preestabelecida. Aquilo o enervava imensamente, observando seus poderes lhes escaparem das trajetórias comandadas.

— Ora! Não consegues mais indicar direção e sentido para guiar seu poder, mas ainda podes o utilizar. Mas que serve uma força sem um vetor que lhe indique para onde se propagar?! Não é força uma grandeza vetorial, afinal?

Newton observava seu adversário com um sorriso debochado, imaginando-se já vencedor do breve confronto. Sabia que os vetores, se não presentes no processo do uso dos poderes de Hooke, o deixaria livre de ataques direcionados para si. Havia o desarmado, ou era isso que imaginava.

Enfurecido, Hooke contrai o corpo e, de repente, espalha uma forte onda de choque ao seu redor, atingindo um enorme raio. Apesar de não conseguir guiar rajadas concentradas em direções e sentidos diferentes, ele sabia que ainda podia determinar seu módulo. Portanto, viu essa capacidade como uma solução para continuar a lutar, se sobrecarregando e espalhando a onda de choque. Sem saída, e visivelmente surpreso, Newton apenas tenta proteger-se atrás de uma árvore, mas

não chega a tempo, estando extremamente próximo de ser atingido. Nesse exato momento, surge Galileu, que se joga na frente de Newton e exclama:

— Massa negativa²!

Assim que o poder de Hooke o toca, seu corpo é arremessado na direção de Hooke, indo no sentido oposto ao da força em si exercida. Ou seja, ao invés de ser propelido para trás pelo ataque de Hooke, foi, na verdade, propelido para frente! Galileu prepara seu punho e aproveita sua aceleração em meio ao ar para socar o rival. Ao ver tal cena, Newton fica fascinado.

— Como fez isso? — quis saber.

— Ora, meu amigo. O natural é que quando um corpo sofre influência de uma força, ele acelere no mesmo sentido da força nele aplicada. Todavia, minha massa está, nesse momento, invertida, forçando o módulo do vetor força que me jogaria para trás a inverter, e, portanto, me jogar para frente! — Responde.

— Então, não deverias cair para cima, ao invés de ficar estático no solo? — questiona novamente, referenciando a ação da força peso sobre o corpo de Galileu. Afinal, se a massa dele está negativa e inverteu o vetor força da ocasião, também deveria inverter seu vetor peso. Galileu sorri e nada respondeu.

Hooke, por sua vez, levanta-se do chão enfurecido e flutua, absorvendo toda a energia ao seu redor como pequenas partículas brilhantes, preparando seu próximo ataque. Newton bebe uma poção laranja e o ataca com flashes de luz poderosos que agora saem de suas mãos, mas Hooke apenas absorve a energia nele disparada.

— Não será possível atacá-lo com isso — disse Galileu —, é necessário atingi-lo fisicamente e rápido.

— Ele está no ar, é como se a força da Terra não agisse sobre ele, impedindo-o de cair. Como faremos? — Pergunta Newton, preocupado com o que viria — Não tenho nenhuma poção que me faça chegar até ele!

— Ele encontra-se em repouso. Aparentemente ele se fez inerte em relação à força gravitacional. Basta fazê-lo descer até aqui aplicando-o uma força externa. — diz e fecha os olhos — Massa solar! — exclama.

Nesse momento, seus olhos brilham em cor laranja como chamas e seu rosto transcende de imenso brilho. O chão em volta de seus pés são quebrados e afundam. Newton fica só a observar. Hooke começa a descer lentamente, mas acelera a cada instante de tempo, caindo em direção a Galileu. Tenta manter-se no ar, porém, não consegue com eficácia pois Galileu, com seu poder, havia começado a exercer uma

segunda aceleração da gravidade sobre Hooke, já que a da terra não o mantinha ao chão. Essa segunda aceleração era tão potente quanto a que o Sol exerce sobre os demais astros.

— Solte-me! — ordena Hooke.

— Soltar a ti? Mas não és tu quem está vindo a mim? — diz Galileu, ironizando.

É então atraído pela força de seu poder, fazendo com que caia de modo semelhante ao efeito de atração da Terra, mas a uma aceleração maior. Assim que chega perto o suficiente, Galileu pula e dá-lhe uma joelhada no queixo, arremessando-o para cima fortemente até que atingisse a Lua ansiosa que já dava as caras naquela tarde, atraída pela atração gravitacional crescente exercida por Galileu, a qual não afetava somente Hooke, que acabou tombando no grande astro. A situação começava a tornar-se crítica, com a diminuição da distância entre a Terra e a Lua, maior a atração gravitacional entre os dois corpos, conforme a lei da gravitação universal. Seus vetores-força convergiam na mesma direção e em sentidos opostos. Galileu começa aleatoriamente a falar:

— A Lua é atraída para a Terra. Todavia, ela não cai devido à sua velocidade suficientemente precisa, fazendo com que ela apenas acompanhe a curvatura do planeta. Apesar disso, acredito que meu poder talvez tenha revertido isso... a Lua está se aproximando! — dizia, preocupado — Não terei tempo para desativar meu poder.

— O que significa que se lançarmos uma bala de canhão forte o suficiente, ela entrará em órbita, certo? — pergunta Newton, ainda interessado, apesar da situação complicada na qual estavam.

— É um bom experimento mental. Talvez se lançada a bala de cima de uma montanha, e com uma força que lhe dê uma boa aceleração, a bala talvez consiga entrar em órbita.

— Fácil perceber que quanto maior a massa do objeto, maior será a força necessária para acelerá-lo — conclui Newton, que ainda curioso a respeito de suas reflexões anteriores, questionou — Além disso, como será que se comportaria os planetas, se os vetores da força gravitacional simplesmente não existissem?

— Bem, muito provavelmente os corpos celestes vagariam livres pelo espaço, inertes, sem sofrer a influência de sóis ou luas. Para nosso caso, não teríamos sequer vida no nosso planeta, sem o calor e luz de nosso sol. Já sem nossa lua, possível que não teríamos marés nos oceanos, tendo em vista que sua atração gravitacional influencia profundamente os mares.

No satélite natural, Hooke fica forte em função do tempo. Ele começa a despedaçar a Lua, fazendo-a cair em direção à Terra em pedaços de rocha gigantes. Galileu, após responder Newton, percebe sua situação, e diz:

— Aqueles pedaços de pedra não são nada pequenos. Ao caírem aqui causarão um enorme estrago. Realmente, a situação é grave..., dade.

Do verde jardim, é possível ver a morte aproximando-se a cada segundo. Newton, por sua vez, olha para cima e reflete.

— Agora sei um pouco mais sobre a forma como foi programado o teu universo, Sabedoria Suprema. Porém, mesmo entendendo como movem-se as coisas, desconheço o ser que as colocou em movimento — diz Newton, vendo uma rocha aproximar-se cada vez mais e mais até que, de súbito, a mesma transforma-se numa maçã gigante. Logicamente, ele estranha o que vê, mas logo abre os olhos e percebe que estava a sonhar. Sendo acordado por uma maçã que caíra em sua cabeça enquanto cochilava debaixo da sombra de uma macieira, em um campo com grama intensamente verde. Nada de Hooke, nada de Galileu, nada da Lua, que outrora se aproximava para o desastre iminente. Estava a delirar em seus sonhos. "Deve-se aprender sempre, até mesmo com nossos próprios inimigos", sussurra para si mesmo enquanto escreve em um caderno as suas leis tão fundamentais para o entendimento do universo.

Notas:

1. Mahina - nome próprio. Significa "Lua" ou "Luz da lua".
2. Massa negativa - esse é um conceito pouco conhecido na física e foi citado apenas por via de curiosidade.

ANEXO C – TRABALHO GRUPO 3

Universidade Federal de Pernambuco - CAA

Storytelling – Metodologia do Estudo

Grupo 6 - Relatividade

Autores: A, C, D, J, M, R, S.

O Dia Vinte

O ano é 2105, um grupo de pesquisadores brasileiros acabam de receber dados de uma sonda lançada em 2090. O resultado? Bem, algo que provavelmente mudará como os humanos enxergam suas próprias vidas, mas não vou me estender muito nessa parte, acredito que por si só a história vai trazer um pouco do que eu vivi naqueles momentos angustiantes.

-Eiii!! Olha esses dados. - Disse Natan espantado, um dos pesquisadores responsáveis por observar e manter a estabilidade de comunicação dessa sonda.

-Ué, o que houve? hum... isso não pode estar certo. - Respondeu Matheus, que teve que parar de escrever seus cálculos na lousa para ver do que se tratava o grito que seu colega havia soltado.

-Ou a sonda deu defeito ou meu deus...- Continuou Natan enquanto engolia seco como se estivesse vendo algo que nunca tivesse visto antes em tantos anos como cientista.

-Precisamos avisar a Victor, AGORA! - Afirmou Matheus ao mesmo tempo que corria para seu celular.

O Victor é o líder da equipe, ele que conseguiu o financiamento para o nosso projeto e sem ele não conseguiríamos desenvolver a ideia. Isso me lembrou o dia do lançamento, o Brasil inteiro parou para acompanhar. O Victor foi quem recebeu a maior parte do crédito e como esperávamos, ele está aproveitando o seu momento de fama, por esse motivo ele não está no centro de pesquisa, como de costume.

- Victor, abre seu e-mail agora! - Gritou Natan antes mesmo que Matheus pudesse abrir a boca para dizer qualquer coisa

- Cara, uma hora dessa? Pow meu, não enche. Deixa um recado na caixa postal e depois te retorno. - respondeu Victor com uma voz de sono, mas claramente irritada.

-Victor? Abre agora o teu e-mail! - Reforçou Matheus.

-Esses números só podem estar errados! - Foi o que Victor disse depois que buscou seu computador para checar seu e-mail.

-Entrei em contato com o Ivson e o Tavares, eles vão te explicar melhor o que esses dados representam. - Afirmou Matheus depois de checar se eles já haviam respondido.

-Vou tentar ser objetivo, houve durante alguns dias, desastres solares e de acordo com os dados, a fusão que ocorre dentro do sol foi potencializada eeee... o sol tá consumindo hidrogênio de forma desmesurada, isso significa dizer que se os dados

estiverem corretos o sol vai começar a se expandir em breve, acredito que no máximo 20 anos não teremos condições de vida aqui na terra. - explicou Tavares para Victor.

-Tavares, está de brincadeira né? Respondeu Victor com um tom de ceticismo.

-Não, já confirmei os dados e estão corretos, nossa sonda detectou atividades extremas na fotosfera durante 24 semanas seguidas, e houve um aumento de temperatura a cada medição, se continuar como está, teremos um aumento considerável na temperatura do planeta em 730 dias, as calotas vão derreter em 130 semanas, você já sabe o resto Continuou Ivson como se já estivesse participando da conversa a um bom tempo

-Calma aí, vocês estão dizendo que o sol está entrando na sua fase de expansão agora? retrucou Victor enquanto ainda tentava entender como os seus colegas estavam lhe dizendo era possível.

-Bem, sim e não, o que acontece é que o consumo de hidrogênio do nosso sol foi alterado por algum fator que desconhecemos, isso quer dizer que as reservas vão diminuir, e em breve sim o sol vai precisar se expandir para continuar seu processo, porém a questão é o aumento da temperatura que vai acabar com as nossas condições de vida. - Explicou Matheus tentando acalmar seu amigo.

Talvez não fosse desta forma que você imaginasse a notícia do armagedon, mas é que nos filmes eles tentam trazer o drama, a tensão, o desespero e coisas hollywoodianas, o ponto é que a partir desse momento a equipe já sabia com quem entrar em contato, antes de mandar a sonda para obter dados relevantes sobre nosso Sol, o Dr. Alberto já havia alertado sobre algo semelhante, e como ele descobriu...difícil de explicar, sua arrogância precede suas descobertas, mas dessa vez é diferente. Agora todos estão reunidos no Centro de pesquisa.

-Vocês sabem que nada pode ser vazado, o governo já está no nosso pé, e se algo acontecer apenas produziremos pânico, precisamos do Alberto aqui, ele nos alertou sobre isso e o projeto está com ele... - disse Nathan ainda na tentativa de acalmar todos ali presente.

Depois de muita reluta, Alberto foi chamado e voltou a fazer parte daquela equipe, nunca imaginei que o nosso time estaria completo outra vez, a última vez que isso aconteceu foi ... desculpe devo estar me empolgando, vou tentar ser objetivo, Alberto preferiu assumir um outro projeto onde afirmava ser possível construir uma espécie de nave que iria conciliar a teoria da relatividade de Einstein.

-Fico me perguntando quando aqui todos vocês irão reconhecer o gênio que sou. Disse Alberto com grande arrogância enquanto entrava no centro de pesquisa.

- Começou... - sussurrou Matheus para Victor.

-O meu projeto está finalizado. - Disse Alberto com todo ar de superioridade que ele poderia encontrar dentro dos pulmões.

-Então... Você conseguiu? - Disse Nathan Animado

-Claro que sim. Tá achando que eu sou como vocês que vivem com a bunda na cadeira olhando para o céu? O governo brasileiro concordou em financiar meu projeto, usando um propulsor de dobra, consigo alcançar velocidades próximas à da luz com minha nave, não me pergunte como, porque vocês não são capazes de compreender minha tecnologia. agora vamos para o que interessa, dilatação temporal. - explicou Alberto.

-Deixa eu ver se eu entendi, você quer propor que é possível enviar pessoas nessa nave a um ponto distante de nosso espaço, indicando assim que o tempo para elas passará de forma diferente? - Disse Victor já perdido no assunto.

- Paradoxo dos Gêmeos? - Perguntou Nathan do fundo do laboratório.

-Por que não? - Respondeu Alberto.

- Odeio admitir, mas Alberto pode estar certo, de acordo com esse paradoxo o tempo não é absoluto, ao alcançarmos velocidades próximas à da luz o tempo se torna uma grandeza relativa. Para exemplificar, de acordo com esse paradoxo, se um homem faz uma viagem ao espaço com uma grande velocidade, quando ele voltar, estará mais jovem do que seu irmão gêmeo que ficou na Terra. - Contextualizou Tavares.

-A ideia é levar um grupo de pesquisadores em busca do que na verdade?

- Perguntou Ivson.

- Meus caros, sabíamos desta probabilidade, a sonda apenas comprovou o que imaginávamos, ao longo do tempo conseguimos identificar diversos planetas que poderiam ser habitados por nós, o que nos faltava era tecnologia para chegar lá e claro uma mente brilhante como a minha. - Disse Alberto apontando para si mesmo.

A conversa da equipe se prolongou durante dias, apenas compreendendo o projeto ultrassecreto que o Alberto havia desenvolvido, as ideias partiam desde a mecânica clássica passando pelo fator de Lorentz e culminando nas ideias de Einstein sobre a relatividade, existiam muitos fatores a serem colocados em questão, como

por exemplo... o funcionamento do propulsor de dobra que o Alberto afirmou ter tido êxito. observar esses diálogos me fizeram meditar nos postulados de Einstein e como estávamos dentro de um projeto que salvaria a Raça Humana com algo que ele em seu postulado afirmou em 1905.

Nas palavras de Einstein:

"...existem sistemas cartesianos de coordenadas - os chamados sistemas de inércia relativamente aos quais as leis da mecânica (mais geralmente as leis da física) se apresentam com a forma mais simples. Podemos assim admitir a validade da seguinte proposição: se K é um sistema de inércia, qualquer outro sistema K' em movimento de translação uniforme relativamente a K , é também um sistema de inércia."

Plano cartesiano, vetores, referencial... como desvincular da física? como imaginar uma física sem vetores? uma tarefa muito difícil depois que compreendemos a importância e utilidade deles. Naquele momento o foco era se aprofundar nos postulados e tudo que envolvia a física, o resultado foi uma história sendo construída e vivenciada por eles, esse foi o ano 20, o que marcou a contagem regressiva de nosso sistema solar.

-O que houve? - Perguntou Alberto.

-Tavares? - Chamou Natan assustado.

-Ivson? - Chamou Matheus também assustado.

-Não consigo te escutar, estou com muita interferência! - Respondeu Tavares com sua voz sendo cortada em algumas palavras.

54321

ANEXO D – TRABALHO GRUPO 4

Universidade Federal de Pernambuco - UFPE

Centro Acadêmico do Agreste – CAA

Curso: Física-Licenciatura

Disciplina: Metodologia do Estudo

Trabalho em Grupo /Data: 24/10/2022

Grupo 4:

A

C

D

J

M

R

S

Como seria a física se os vetores não existissem?

Tema: Mecânica Clássica

Caruaru

2022

- Storytelling

Ao falarmos de mecânica clássica estamos falando de uma vertente física que estuda e explica o movimento, estando presente no nosso dia a dia. Quem aí nunca ouviu falar das Leis do nosso amigo Newton? Quem nunca ouviu a frase clichê “toda ação gera uma reação”? Então, aí está uma das áreas da mecânica clássica que mais trabalhamos em diversas situações da vida nas quais aplicamos algo que chamamos de “grandezas vetoriais”. E o que seria isso? Ah, umas setinhas que indicam umas coisinhas importantes para que possamos realizar atividades básicas como jogar uma bolinha de papel no lixo, ou cobrar um pênalti no final de clássico paulista (do tipo palmeiras X Corinthians) sem eles isso seria impossível. Não acredita? Então sinta que vamos te contar uma historinha.

Há muito tempo, numa terra distante e mística onde todos decidiam suas vidas a partir de uma partida de futebol com bolas de procedência duvidosa (bizarro né? Eu sei) um grupo de amigos, estranhos, pararam o treino que faziam e discutiram acerca de fatores que poderiam impedir a cobrança de um pênalti (Já que era o que treinavam) ... afinal, eles eram os melhores no que faziam e errar um pênalti seria extremamente humilhante. Um deles, o mais inteligente, comentou que já havia escutado sobre “Os grandes V’s” seres místicos que poderiam fazer qualquer jogador ser impossibilitado de cobrar qualquer pênalti, independentemente do quão talentoso fosse; todos concordaram e disseram já ter ouvido falar sobre os seres, exceto o mais novo e arrogante entre eles que garantiu que não haveria força no universo que o impedisse de dominar uma bola (ainda mais em um pênalti) “Eu sou o melhor entre todos, não há força que atue acima do meu talento!” (Tadinho, vai se arrepender, ein?). Os demais apenas observaram tamanha prepotência e voltaram às cobranças, eles eram muito bons, todos acertavam os pênaltis que eram cobrados contra uma barra mágica que era praticamente impenetrável. Cobranças depois, era chegada a vez do arrogante do grupo (vamos chamar ele de... Chico!), Chico soberbo como ninguém, estava certo de que não erraria e faria a cobrança mais bela e certa entre todas já vistas, o garoto estava inspirado. O pequeno arrogante só não contava com a existência e presença dos “Grandes Vs” naquela partida entre amigos, também não imaginava que os mesmos o que quisessem ensinar como eles poderiam sim fazer a estrelinha errar o praticamente certo pênalti. Chico se preparava e seus amigos observavam sentados no recanto do que parecia um campo; a criatura então se preparou para seu espetacular chute, mas algo estranho acontecia, ele não sabia, mas as entidades místicas começavam a pregar uma peça e mostrar que ele não era imbatível e inabalável como tanto afirmava. A fim de começar a brincadeira, as entidades pensaram em mostrar a ele como seria sentir-se tão leve quanto uma folha no outono; dada esta atitude Chico permanecia agora apenas com sua massa (o que chamamos de “peso” quando olhamos numa balança), o que o deixava leve e sem a forma necessária para formasse ao chão. Os colegas observavam atentos ele falhar em sua primeira tentativa de chute; ainda não satisfeitos, partiram agora para algo mais efetivo, os

V’s retiraram então o que prendia a bola de em terra firme, o vetor gravidade (sim, a bola poderia facilmente se sentir na Lua agora). Risadas altas eram ouvidas e Chico estava vermelho como uma pimenta: não conseguira nem se manter ao chão e agora a bola flutuava a sua frente; Insistente e sem acreditar que aquilo estava acontecendo, ainda pensou em tentar (só Deus sabe como) um impulso para chutar a bola no ar, não desistiria fácil! Mas além ficar cada vez mais leve e ver a bola flutuando a sua frente, Chico agora não conseguia sair do lugar. Diante uma

normalização repentina, Chico e a bola retomam ao padrão inicial. Ainda sem compreender direito a situação, ficou claro que nem tudo estava como antes. Ao observar a barra do goleiro, Chico não conseguia saber onde iria chutar. A bola parecia diferente, o espaço entre ele e a bola parecia infinito, sendo impossível reconhecer quanto tempo levaria sua corrida até a bola, afinal, a velocidade já não era mais possível ser calculada. Respirando fundo, fechando os olhos e buscando outro caminho, Chico percebeu que havia uma falta de noção, conforme tentou se aproximar da bola para chutar, reparou numa constância, numa perda de sentidos, onde sua breve velocidade não variava mais, no qual, nem mesmo saberia como mexeria a bola nesta breve corrida em câmera lenta. A aceleração já havia desaparecido.

Chico chega até a bola, numa breve arrancada inerte de seus sentidos, no qual, ao preparar o chute, a bola já se encontrava girando em torno de seu eixo, como se o gramado não existisse. A força de atrito desaparece, fazendo com que a bola gire em direção contrária, deslocando totalmente o chute de Chico.

A discussão já estava alta demais, porém ainda havia uma última chance. Chico pega a bola, recoloca no lugar, toma novamente distância, para conseguir e finalizar tal cobrança. Tudo dependia dele agora, já foram várias grandezas, vários desafios, mas finalmente isso termina. Chico respira fundo, corre normalmente até a bola, sem coisas estranhas desta vez, finalmente. Ele ergue o chute... a bola desaparece ao sair do seu pé, atravessa o estádio, destrói metade da cidade, do continente, abrindo um abismo novo no meio do planeta. É, Chico havia exagerado um pouco na força, mas mesmo nesta catástrofe, seus amigos morriam de rir no chão, afinal, Chico ainda errou o gol. Após todo o ocorrido, com parte do planeta destruído, Chico sendo motivo de piada entre os amigos e saindo de sua nuvem de arrogância, os V's se encontravam satisfeitos e ali finalizaram seus ensinamentos.

Viram só como a mecânica clássica é importante em nosso universo e como os vetores são indispensáveis? O conto do Senhor Arrogância serviu para compreender que sem vetores não tem mecânica clássica, sem mecânica clássica não tem nem um mísero gol em qualquer clássico ou quem sabe uma cesta no basquete, ou ainda uma bolinha de papel que seja jogada no lixo.

ANEXO E – TRABALHO GRUPO 5

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADEMICO DO AGRESTE – CAA
LICENCIATURA EM FÍSICA
INTRODUÇÃO A FÍSICA/METODOLOGIA DE ESTUDO

GRUPO: G, T, J E L.



GRUPO 5: SOM

STORYTELLING

"Como seria o estudo do som se os vetores não existissem?"

Em uma cidadezinha do interior, reside Maria, uma jovem, muito inteligente, que possui deficiência auditiva, não conseguindo ouvir nenhum ruído, nem mesmo com o auxílio de aparelhos auditivos e tratamentos médicos. Maria finalizou os seus estudos no ensino médio em uma escola pública do governo estadual, e os recursos de estudo e aperfeiçoamento para ela não eram supridos dentro do seu âmbito escolar, devido ao baixo investimento na escolaridade pública e na inclusão de pessoas com alguma deficiência. Mas ainda assim Maria sempre se esforçou muito e procurava suas próprias formas de estudos e conseguia bons resultados em avaliações na escola a qual estava inserida, e sendo uma pessoa fascinada pela física, tentaria entrar na universidade, para cursar a disciplina a qual se dedicara.

As aulas de física, que tivera no ensino médio, sempre fascinaram Maria, pois a faziam ver o mundo de outra maneira, como se ela fosse um detetive desvendando mistérios. Contudo, um dos assuntos abordados sempre lhe fizera ficar incomodada em suas noites de estudo: o som. Nas aulas, as informações que o professor passava no quadro não pareciam suficientes, a aplicação dos vetores era essencial para Maria ter uma sutil impressão de como o som se comportava, seja a velocidade ou a intensidade, mas ainda assim sua deficiência auditiva não lhe permitia compreender as informações por completo. Como entenderia o som na vida real sem vetores que auxiliassem?

Maria, como nunca havia ouvido o som, em sua cabeça tinha se tornado um grande mistério o que ele seria. Como ele pareceria para ela, já que as suas formas de sensibilidade eram outras? Maria sempre associou o som as coisas as quais ela podia ver e sentir através do tato, e por esse fator o seu entendimento e concepção de som era diferente, ele poderia ser representado por meio de imagens e sensações do tato. Ela adorava ir ao parque, pois era um lugar calmo o qual ela poderia sentir o vento em seu rosto e brisa leve tocar em seus longos cabelos. E em um dia a qual a jovem se encontrava um tanto ansiosa, devido à espera da resposta que diria se seria aceita na universidade que desejava ou não, ela resolveu ir ao parque para tentar se distrair um pouco. E como sempre muito atenta, ela fazia associações de acontecimentos cotidianos a conceitos físicos que conhecia. Maria andando ao lado do lago que havia no parque, chutou uma pedrinha a sua frente e ficou observando a sua trajetória até cair no lago, e quando a pedrinha finalmente encontrou a água, ela ficou por alguns segundos observando as ondulações

formadas pela água e imaginando que o som funcionaria da mesma forma, como ondas que se espalham através do espaço até chegarem aos ouvintes. Essa representação visual impressionou Maria que ficou encantada na forma como o som havia sido representado através de imagens, e na sua associação do que havia acontecido as ondas sonoras, já estudadas antes.

As ondulações que a pedra causou na água possuíam uma frequência definida pelo espaço entre os pulsos, que aumentavam o raio de acordo com seu afastamento do ponto de origem. Um cachorro estava bebendo água na outra margem do laguinho, o que também gerava ondas na superfície da água, mas dessa vez pareciam mais rápidas do que as da pedra. Esse fato deixou Maria curiosa, como percebia que aquela ondulação era mais rápida se não havia um vetor para explicar isso? Foi nesse momento que a garota percebeu o que causava essa impressão: a frequência das ondas. Os espaços entre os pulsos eram menores em comparação aos causados pela pedrinha, talvez essa fosse a maneira de expressar a velocidade do som sem um vetor, usando a imagem de sua frequência, espaços maiores para ondas sonoras menos rápidas e espaços menores para ondas sonoras mais rápidas.

Porém, o som era uma onda longitudinal, logo sua vibração correspondia a mesma direção de sua propagação, diferentemente do que ocorria com as ondulações na água que vibravam na vertical e se propagavam na horizontal. Não haveria como saber a direção e sentido de propagação do som sem a ajuda de um vetor, diferentemente das ondas no laguinho que aumentavam conforme se distanciavam da origem. Maria refletiu sobre isso e mais uma vez observou o que havia ao seu redor. As pessoas caminhavam com seus cachorros, compravam comida nas barraquinhas e conversavam umas com as outras, entre todas essas pessoas se destacava um grupo de amigos, onde um rapaz tocava gaita. Ele soprava o instrumento de um lado enquanto usava os dedos para bloquear alguns espaços do outro lado. "Era daqueles pequenos buracos que provinha o som", pensou Maria e mais uma vez uma imagem surgiu na sua mente. Para estudar o som era preciso ter a fonte emissora, a partir da qual se definiria a direção e o sentido de propagação. Como o rapaz estava logo a frente, Maria sabia que as ondas sonoras provinham da gaita em sua direção.

Ela ficou feliz de ter entendido um pouco mais sobre o som e ainda mais em saber que poderia "vê-lo", bastando para isso ter uma fonte emissora. Ao descobrir um pouco mais como a física poderia ajudá-la e auxiliá-la no entendimento de diversos fenômenos, inclusive o comportamento do som, Maria ficou ainda mais apaixonada para cursar o tão sonhado curso de física. Durante ainda seu passeio seu celular começou a vibrar e ao conferir o que tinha acontecido viu a mensagem de uma amiga a parabenizando por ter sido aprovada na Universidade no curso de licenciatura em física, que ela tanto queria. Ligeiramente ela saiu do parque e foi contar a novidade a seus pais, que como esperado ficaram extremamente orgulhosos. Agora estava confiante, pois sabia que poderia compreender qualquer assunto, até mesmo o som. Alguns anos após isso, ela conseguiu se graduar e dedicou seu trabalho a ajudar mais pessoas com deficiência a entender os mais diversos fenômenos naturais através da física, com ou sem vetores.

ANEXO F – TRABALHO GRUPO 6**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – UFPE****CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE – CAA****NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE – NFD****CURSO: LICENCIATURA EM FÍSICA****DISCIPLINAS: INTRODUÇÃO À FÍSICA / METODOLOGIA DO ESTUDO****UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO****GRUPO: B, D, G, P E S.****STORYTELLING - Como seria a física se os vetores não existissem?****Grupo 6 - (Gravitação)***Viagem à lua*

A Lei da Gravitação Universal foi descoberta e desenvolvida pelo físico inglês Isaac Newton e foi capaz de prever os raios das órbitas de diversos astros. Yuri resolveu colocar os motores para funcionar e fazer uma viagem a lua. Para concretizar essa viagem, ele precisou fazer alguns estudos e pesquisas, ele decide entender mais sobre o satélite natural que estava prestes a conhecer pessoalmente, também queria entender como a gravidade se comporta fora da terra, além disso, ele precisava também fazer alguns cálculos, como o tempo de viagem, para se preparar com a quantidade certa de recursos, como combustível, por exemplo, para que não houvesse surpresas durante o percurso.

A partir desse momento, o astronauta Yuri se senta em uma cadeira em sua sala e começa seus estudos. Yuri vivia em uma época em que se acreditava fortemente na ideia de que a física estava centralizada ao redor do estudo da física clássica e da mecânica básica, ele então conhece a Gravitação Universal de Isaac Newton, que explica as órbitas circulares dos planetas do Sistema Solar e a força atrativa entre eles, ficou impressionado com o assunto, entendeu melhor como funcionava a dinâmica entre a terra e a lua, quando se tratava de gravitação. Ele leu que essa lei descreve que dois corpos sofrerão mutuamente a ação de uma força atrativa proporcional às suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles. O astronauta Yuri resolveu usar esses estudos para saber a força de

atração da terra e da lua, pois ele poderia usar essa informação na hora do pouso da nave na lua.

Porém, Yuri encontra um livro que o chamou atenção, de um autor desconhecido chamado Albert Einstein, onde ele, usando os conceitos de Newton, diz que, na verdade, a gravidade está relacionada com a curvatura gerada no espaço em virtude da presença de um corpo muito massivo. Ele fica fascinado com as afirmações do físico e começa a estudar mais e mais sobre esse assunto, fez cálculos e tentou usar o conhecimento adquirido dos dois físicos para usar em sua empolgante viagem. Nesses cálculos, Yuri percebeu uma coisa, era preciso estudar um pouco mais sobre vetores, uma vez que os vetores são usados para expressar grandezas físicas vetoriais, ou seja, aquelas que só podem ser completamente definidas se conhecemos o seu valor numérico (módulo), a direção em que atuam (horizontal, vertical ou diagonal), bem como o seu sentido (para cima, para baixo, esquerda ou direita). Em seus estudos, Yuri lê em um livro que vetores são segmentos de retas usadas para representar alguma grandeza vetorial e como ele já havia lido antes, a gravidade é uma grandeza vetorial, por ter módulo, direção e sentido. Para os cálculos do astronauta, era importante usar os vetores, na verdade, é através deles que esses cálculos podem ser possíveis. Ele decide estudar como os vetores se comportam no campo gravitacional, que ele entende sua definição como a região de perturbação gravitacional que um corpo gera ao seu redor, não foi preciso muito estudo para ele entender que os vetores, quando se trata de gravitação e campo gravitacional, aparece principalmente na força de atração entre os corpos celestes, assim como a força que puxa o astronauta até a superfície da lua.

Após estudar todos esses assuntos, ele decide fazer seus cálculos de viagem a lua, para isso, ele precisou calcular a distância da terra à lua, e quanto tempo ele levaria para chegar em seu destino, pois precisava levar recursos suficientes em sua nave. Nesse momento, Yuri percebe que distância, velocidade, assim como a gravidade, são grandezas vetoriais, pelas definições que ele havia estudado anteriormente. Percebe também que sua viagem, de certa forma, girava em torno de vetores, ele começa a se questionar e refletir como seria possível fazer todo esse estudo e cálculos, sem os vetores, e chega à conclusão de que... não seria possível. Muito provavelmente o entendimento sobre esses conceitos não existiriam, como poderiam fazer esses cálculos se não possuísem algo semelhante aos vetores para expressar essas grandezas? Como seria possível calcular a força gravitacional dos

planetas ou a distância da terra até a lua sem conseguir expressar essas grandezas em módulo, direção e sentido? Ou como poderia calcular a quantidade de recursos e combustível, uma vez que ele precisaria calcular quanto tempo sua viagem duraria, e isso só seria possível calculando a distância da terra-lua usando a velocidade da sua nave, isso tudo sem usar vetores ou algo parecido? Para o astronauta Yuri estava mais que claro que, sem ter isto em mente, não poderia calcular as grandezas em relação a gravitação ou a qualquer outra grandeza que ele precisaria usar em sua viagem.

Após toda essa reflexão, ele decide que já está pronto para, enfim, conhecer a tão linda e majestosa lua, ele calcula a distância da lua, usando logicamente os tão importantes vetores. Após isso, ele calcula quanto tempo levaria para chegar até lá, para poder saber a quantidade de recursos necessários nessa inusitada aventura, já sabendo a velocidade média da nave. O genial astronauta, usando as grandezas vetoriais, conseguiu fazer os cálculos necessários para a viagem ser um sucesso, chegou até a lua depois de alguns longos dias. Saiu de sua nave e pode sentir a gravidade leve enquanto brincava de dar pulinhos na superfície daquele enorme corpo rochoso, se divertindo e adorando a experiência. Aquele com certeza era um dia memorável para ele, seus pulinhos lentos originados pela baixa gravidade lunar eram sem dúvida um pequeno passo para um homem, mas um grande passo para seus estudos sobre gravitação e vetores.