



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**BREVE ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS VISITAS DE
RICHARD FEYNMAN AO BRASIL E UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA
TERMODINÂMICA**

GUILHERME FERREIRA MACHADO

Seropédica – RJ

Julho 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS

DEPARTAMENTO DE FÍSICA

**BREVE ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS VISITAS DE
RICHARD FEYNMAN AO BRASIL E UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA**

GUILHERME FERREIRA MACHADO

Monografia de conclusão de curso submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Graduado em Licenciatura Plena em Física, no Instituto de Ciências Exatas, Coordenação do Curso de Física da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Sob orientação da Profª. Drª. Viviane Morcelle de Almeida e coorientação da Profª. Drª. Rogelma Maria da Silva Ferreira.

Seropédica – RJ

Julho 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA

GUILHERME FERREIRA MACHADO

**BREVE ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS VISITAS DE
RICHARD FEYNMAN AO BRASIL E UMA PROPOSTA DE
SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA**

Monografia de conclusão de curso submetido como requisito parcial para obtenção do grau de Graduado em Licenciatura Plena em Física, no Instituto de Ciências Exatas, Coordenação do Curso de Física da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**Sob orientação da Profª. Drª. Viviane Morcelle de Almeida e
Coorientação da Profª. Drª. Rogelma Maria da Silva Ferreira.**

Seropédica – RJ

Julho 2023

FOLHA DE APROVAÇÃO

BREVE ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS VISITAS DE RICHARD FEYNMAN AO BRASIL E UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA

GUILHERME FERREIRA MACHADO

Monografia defendida e aprovada no dia 31 de julho de 2023.

BANCA AVALIADORA:

Viviane Morcelle de Almeida
Prof. Dr. Viviane Morcelle de Almeida

Prof. Dr. Rogelma Maria da Silva Ferreira

Lucas Modesto da Costa
Prof. Dr. Lucas Modesto da Costa

Seropédica – RJ

Julho 2023

*“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor,
mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou
o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o
que era antes”.*

Marthin Luther King

BREVE ANÁLISE BIBLIOGRÁFICA SOBRE AS VISITAS DE RICHARD FEYNMAN AO BRASIL E UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE TERMODINÂMICA

RESUMO

Devido às Reformas Educacionais, desde 2014, foram feitas alterações nos documentos oficiais bases para a educação no Brasil, porém tais alterações geram a necessidade de adaptação que se dá em todos os níveis da prática docente, desde a reestruturação política pedagógica do ensino, que muda a dinâmica metodológica do ambiente escolar a necessidade de estruturar um ensino interdisciplinar, à prática docente dentro de “sala de aula”, a práxis, com adoção de um novo grupo de métodos e técnicas. Diante o contexto pandêmico de isolamento social, com a retomada do ensino presencial também foram retomadas as aplicações dos planejamentos das Reformas Educacionais, em especial a Reforma do Ensino Médio, que está prevista ser totalmente implantada até 2024. Diante o cenário futuro que o planejamento feito para educação no Brasil nos apresenta, é necessário pesquisas na área para garantir o ensino significativo e o cumprimento do que se é previsto pela BNCC. Com isso, o presente trabalho busca: 1) analisar a educação no Brasil em duas épocas: uma pela ótica do Físico R. Feynman que esteve no Brasil entre 1900 e 1966 e outra com base no cenário atual com a Reforma da Educação e nas Pesquisas em Ensino de Ciências da Natureza; 2) propor uma sequência didática interdisciplinar usual ao professor de Física, tendo como base as contribuições do físico R. Feynman que promovam o ensino e aprendizagem de forma significativa e que se adequem a Reforma do Ensino Médio.

Palavras-chave: Sequência didática; Reforma do Ensino Médio; Termodinâmica; BNCC.

BRIEF BIBLIOGRAPHY ANALYSIS ABOUT RICHARD FEYNMAN VISITS TO BRAZIL AND A PROPOSAL FOR A TEACHING SEQUENCE FOR THE TEACHING OF THERMODYNAMICS

ABSTRACT

Considering the Educational Reforms, since 2014, changes have been made to the official base documents for education in Brazil, but the changes generate the need for adaptation at all levels of teaching practice, from the pedagogical policy restructuring of teaching, which changes the methodological dynamics from the school environment, it is necessary to structure an interdisciplinary, teaching practice within the “classroom”, in addition to the adaption of a new group of methods and techniques. The with social isolation, the resumption of face-to-face teaching applied new plans for Educational Reforms, especially for High School, being implemented by 2024. The planning done for education in Brazil in the future presents the need to new research in the area to ensure teaching and compliance with what is foreseen by the BNCC. With this, the present work seeks to: 1) analyze education in Brazil in two periods: one from the perspective of Physicist R. Feynman who was in Brazil between 1900 and 1966 and another based on the current scenario with the Education Reform and Research in Teaching of Natural Sciences; 2) propose an interdisciplinary didactic sequence for the Physics teacher, based on the contributions of the physicist R. Feynman that promote teaching and learning in a way that fits the High School Reform.

Keywords: Didactic sequence; High School Reform; Thermodynamics; BNCC.

Lista de Figuras

Figura 1 - Tamanhos e resoluções	46
Figura 2 - Água ampliada um bilhão de vezes.....	47
Figura 3 - Vapor.....	50
Figura 4 - Cilindro adiabático	51
Figura 5 - Estrutura geométrica da água.....	53
Figura 6 - Gelo.....	53
Figura 7 - Ilustração do que ocorre com a temperatura sob à superfície de um lago congelado.....	54
Figura 9 - Simulador - Gases: Introdução.....	64

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Carga horária das diferentes categorias de componentes curriculares para alguns cursos de licenciatura da UFRGS.....	34
Tabela 2 - Unidades métricas de comprimento e equivalentes métricos	45

Lista de Quadros

Quadro 1- Habilidades e competências para física currículo mínimo do Rio de Janeiro para os dois primeiros bimestres.....	41
Quadro 2 - Distribuição bimestral das habilidades a serem desenvolvidas no 2º ano do ensino médio pelo currículo mínimo de 2012 e do tempo disponível no calendário anual de 2023.....	56
Quadro 3 - Seleção de habilidades e competências abordas na sequência didática presente na BNCC	58
Quadro 4 - Seleção de habilidades e competências abordas na sequência didática presente no currículo mínimo - SEEDUC RJ – 2012	59
Quadro 5 - Proposta Metodológica	61
Quadro 6 - Etapa 1	63
Quadro 7 - Etapa 2	65
Quadro 8 – Etapa 3 – Apresentações compreendida em um dia de aula	66
Quadro 9 - Etapa 3 - Apresentações compreendidas ao longo das aulas bimestrais	67
Quadro 10 - Etapa 4	69

Lista de Siglas

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
CBPF	Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas
CN	Ciências da Natureza
CNT	Ciências da Natureza e suas Tecnologias
EF	Ensino de Física
EM	Ensino Médio
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
QED	<i>Quantum Eletrodynamics</i>
SEEDUC-RJ	Secretaria de Educação do Estado do Rio de Janeiro
UB	Universidade do Brasil

Sumário

1.	INTRODUÇÃO	14
2.	O NOBEL DE FÍSICA QUE DEU AULA NO BRASIL	18
2.1	I CONFERÊNCIA - “MINHA EXPERIENCIA COMO PROFESSOR NO BRASIL” – 1952.....	18
2.2	II CONFERÊNCIA - “O PROBLEMA DE ENSINAR FÍSICA NA AMÉRICA LATINA” – 1963	23
3.	DILEMAS ATUAIS DA EDUCAÇÃO E DAS DISCIPLINAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS.....	25
3.1	A REFORMA DO ENSINO MÉDIO	25
3.2	A FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO.....	30
3.3	AS PESQUISAS DO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA	33
4.	PRESSUPOSTO TEÓRICO PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	37
4.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	38
4.2	CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	40
5.	“FÍSICA EM 12 LIÇÕES FÁCEIS E NÃO TÃO FÁCEIS”	43
5.1	LÍQUIDO – UM MUNDO NUMA GOTA D’ÁGUA	45
5.2	GASOSO - OS GASES PERFEITOS.....	50
5.3	SOLIDO – O ‘ZERO’ ABSOLUTO	52
6.	PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	56
6.1	CRITÉRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO	56
6.2	HABILIDADES E COMPETÊNCIAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	57
7.	PROPOSTA DE ATIVIDADE.....	61
7.1	DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	61
7.2	DETALHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	62

8.	PERSPECTIVAS E CONCLUSÕES	72
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75
10.	ANEXO I - HABILIDADES E COMPETÊNCIAS DA ÁREA DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PREVISTA PELA BNCC	80
11.	APÊNDICE I – ATIVIDADES E PROPOSTA PARA O BIMESTRE.....	84
12.	APÊNDICE II – PLANO DE AULA – PRIMEIRAS NOÇÕES DE TERMODINÂMICA	86
13.	APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO	88
14.	APÊNDICE IV – GUIA PARA ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO	92

1. INTRODUÇÃO

Se, em algum cataclisma, todo o conhecimento científico for destruído e só uma frase for passada para a próxima geração, qual seria a afirmação que conteria a maior quantidade de informação na menor quantidade de palavras? Eu acredito que seria a hipótese atômica (ou o fato atômico ou como quiser chamá-lo) que todas as coisas são feitas de átomos – pequenas partículas que se movem em constante movimento, atraindo-se umas às outras quando separadas por pequenas distâncias, mas repelindo-se ao serem comprimidasumas sobre as outras. (Feynman, 2017. p.35-36)

O trecho acima do livro intitulado por “*12 Lições de Física fáceis e não tão fáceis*”, de Richard Phillips Feynman (1918 - 1988), constitui-se na motivação da escolha temática deste trabalho. Considerado um dos mais notórios e acessíveis físicos dos tempos moderno, dono de um poder de síntese e de transposição de assuntos científicos em termo simples e comprehensível foi reconhecido pela sua trajetória como docente para alunos de graduação, nos anos de 1962 e 1963, no *California Institute of Technology*, onde escreveu umas das obras mais conhecidas na formação de físicos pelo mundo, *Lições em Física*, inspirado em suas aulas e palestras (Feynman, 2017, 1994; Karan, 2018).

Graduado pela *Massachusetts Institute of Technology* e doutor pela Universidade de *Princeton* conquistou seu Ph.D. em 1942. Físico teórico, sempre muito interessado a estudar o mundo atômico, ficou conhecido pelo seu trabalho sobre a teoria das partículas subatômicas que o levou a ser um dos ganhadores do Nobel em física de 1965, como reportado no site oficial: “O Prêmio Nobel de Física de 1965 foi concedido em conjunto a Sin-Itiro Tomonaga, Julian Schwinger e Richard P. Feynman por seu trabalho fundamental em eletrodinâmica quântica, com profundas consequências para a física de partículas elementares”(Nobel Prize, 1965).

Contador de histórias, músico, escritor, professor, artista e físico. Faz-se importante notar sua excentricidade e espírito livre em todas áreas da sua vida. Visitou inúmeras vezes o Brasil, as duas primeiras vezes passou um período sabático onde lecionou para alunos de graduação do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF) localizado na cidade do Rio de Janeiro (Moreira, 2018); em sua segunda visita aproveitou a estadia no Rio de Janeiro para se divertir -se no carnaval, como traz a matéria “O Nobel

de Física que deu aulas no Brasil – e entrou para uma escola de samba” da Revista Super Interessante em um dos trechos descreve sua experiência:

...Conheceu o porteiro do prédio em que um funcionário da embaixada americana morava. O zelador era compositor de uma escola de samba chamada Farsantes de Copacabana, e logo levou Feynman para ensaiar num prédio em construção. Seu instrumento musical não podia ser mais prosaico: uma frigideira. O utensílio doméstico era tocado por ele como um tamborim. (Super Interessante, 2022)

Um cientista diferente de todos os outros, único em seu modo de pensar e ver o mundo, principalmente em suas contribuições científicas; pioneiro nos estudos Eletrodinâmica Quântica (*QED – Quantum electrodynamics*) se debruçou sobre os dilemas que a área abordava. Com o avanço da mecânica quântica a QED tinha uma formulação matemática que descreve a emissão e absorção de fótons por partículas eletricamente carregadas, porém a formulação era limitada e os resultados matemáticos eram inconsistentes, e mesmo infinitas, para questões físicas bem colocadas (Feynman, 2017).

No final da década de 1940, diferentemente de todos os cientistas da época que buscavam resolver os dilemas do QED com base na unificação de duas teorias posteriores, mecânica quântica e teoria especial da relatividade, que já tinham uma formulação matemática mais consistente, porém, como escreve Paul Davies (1994) na introdução do livro 12 Lições em Física fáceis e não tão fáceis (Feynman, 2017), “Tratava-se de um empreendimento difícil, exigido um alto grau de habilidade matemática, e era essa abordagem que seguida pelos contemporâneos de Feynman”, vindo na contramão do que era tido como norma, “Feynman, porém, tomou uma rota radicalmente diferente – tão radical de fato, que ele foi mais ou menos capaz de escrever as respostas diretamente, sem usar nenhuma matemática” (1994, apud Feynman, 2017).

Dotado de uma perspicácia, uma visão peculiar e intuição poderosa, Feynman reduziu os impasses matemáticos através de diagramas, antes o que era estudado de forma abstrata e numérica foi simplificada por meio de símbolos que representam elétrons, fótons e outras partículas, e como interagem entre si. Tal ferramenta foi tão importante que gerou uma mudança na forma tradicional de fazer Física Teórica (Davies, 1994, apud Feynman, 2017).

Sua perspectiva única de ver a vida e a ciência lhe rendeu o convite para ministrar um curso introdutório de física para alunos da graduação da *Caltech*, no início da década de 1960, suas aulas foram compiladas na coleção *Leituras em Física* (Feynman, 1965). Por si só a coleção já é uma ruptura da forma de se lecionar tradicional, pois apresenta muito texto, priorizando a abordagem conceitual; a ausência de problemas resolvidos, que indica o objetivo de introduzir o estudante à maneira de pensar características físicas, fugindo do que é implicitamente convencional de condicionar o estudante a se preparar para exercícios que serão cobrados em avaliações; ordem e títulos dos capítulos, diferente do comumente encontrados em livros didáticos para graduação em Física, que propõe instigar o estudante desde o primeiro momento, como “O escoamento da água seca”; etc.. Davies afirma sobre Feynman:

Ele tem o dom de encontrar analogias ou exemplos do dia a dia exato para apresentar a essência de um princípio profundo, sem obscurecer-lo com detalhes incidentais ou irrelevantes. (...) Conceitos-chaves são ilustrados por exemplos tirados da vida cotidiana ou da Antiguidade. A física é continuamente vinculada a outras ciências, sem que o leitor fique em dúvida sobre qual é a disciplina fundamental.” (Feynman, 2017, p. 15)

Três décadas depois, após sua morte, são extraídos os primeiros capítulos do livro *Leituras em Física* (Feynman, 1965) para montar o livro *Física em 6 lições* (Feynman, 1995), que posteriormente se tornará o livro *Física em 12 lições fáceis e não tão fáceis* (Feynman, 1997), um livro que foi compilado visando atingir o público leigo. A sua maneira idiossincrática de ser, o levaria a escrever de forma detalhada, visual e nada cansativa, instigante e ainda apresentando sempre novos *insights* (Feynman, 2017). Karam define Feynman a partir de sua genialidade quando diz:

“(...) Feynman era genial. Ele foi um autodidata que tinha um hábito de questionar profundamente as coisas aparentemente mais banais e uma habilidade ímpar de se comunicar com clareza. Sua atitude foi sempre de independência e repúdio a autoridades, com frequência ele reinventou teoremas e renomeou conceitos à sua maneira. Isso torna sua exposição extremamente original e, implicitamente, nos convida a pensar de maneira autônoma”. (Karam, 2018, p. e4204)

De acordo com Moreira, nota-se que Feynman, como cientista e professor, teve a preocupação de transpor áreas da física que estavam no limítrofe do conhecimento da época em termos mais simplórios, transformando o ensino da graduação. Porém esse limítrofe não é estático, o desenvolvimento do conhecimento científico em física é

ascendente com fortes impactos em todas as outras ciências e na vida cotidiana com as inovações tecnológicas, ou seja, um desenvolvimento ascendente e exponencial. Hoje se há uma preocupação, a cada ano que se passa mais descobertas científicas e aplicações tecnológicas são feitas em todas as áreas da Física, consequentemente mais conteúdo deverá ser ensinado, não somente na graduação, mas também no ensino básico, fundamental e médio, a fim de contemplar o desenvolvimento científico e compreensão do funcionamento das novas tecnologias (Moreira, 2018).

Faz-se importante a preocupação que Feynman teve. Nesse contexto, o presente trabalho se propõe uma transposição didática fundamentada nas obras de Feynman, ou seja, não mais da academia para graduação, mas da graduação para o Ensino Médio (EM) – diante dos dilemas da educação brasileira é necessário que cada professor dentro de suas turmas independentemente do nível de ensino que leciona tenha isso consigo - trazendo um grupo de métodos e técnicas pedagógicas em uma Sequência Didática (SD).

Para sintetizar, este trabalho foi organizado da seguinte forma, no capítulo 2 discutiremos as contribuições do físico R. Feynman, apresentando uma breve revisão bibliográfica de sua visita no Brasil e suas Conferências, no capítulo 3 será apresentado o cenário atual da educação no Brasil discutindo alguns parâmetros da reforma do EM, nas Pesquisas no Ensino de Ciências da Natureza (CN), em especial, o Ensino de Física (EF) e a SD. No capítulo 4 discutiremos o fragmento do livro Física em 12 lições fáceis e não tão fáceis, de Feynman (2017), que foi escolhido para ser o texto paradidático a ser trabalho na SD e que aborda as primeiras noções de Termodinâmica, apresentando uma descrição lúdica do mundo atômico e suas interações; já no capítulo 5, será apresentado a SD sobre Termodinâmica, para as turmas e 2º ano do EM, proposta de atividade que tem como objetivo ser viável de aplicação pelos professores diante as diferentes demandas de cada sala de aula e promover o ensino e aprendizado significativo, sendo adequada às normas bases reguladoras da educação no EF.

2. O NOBEL DE FÍSICA QUE DEU AULA NO BRASIL

A primeira conferência sobre EF ministrada por Feynman no Brasil, foi realizada em sua segunda visita, na qual foi convidado por Leite Lopes para atuar como professor do CBPF e no Departamento de Física da Universidade do Brasil (UB) entre setembro de 1951 e maio de 1952. Ao final de suas atividades, Feynman foi convidado para realizar uma palestra referente à experiência que teve como o ensino superior no Brasil para estudantes, professores e autoridades educacionais. Esta conferência foi realizada no salão nobre da Faculdade Nacional de Filosofia no dia 5 de maio, intitulada “*Minha experiência como professor no Brasil*” (Moreira, 2018).

No início dos anos 50 dedicou-se ao estudo de superfluidos, contribuindo com a descrição quântica do comportamento anômalo do hélio líquido a temperaturas próximas do zero. Em 1958, junto ao físico americano Murray Gell-Mann “concebeu uma teoria que explicava a maioria dos fenômenos associados a força fraca, que é a força em ação no decaimento radioativo” (Gleick, 1988). A segunda palestra foi intitulada por “*O problema de ensinar Física na América Latina*” foi realizada durante a I Conferência de Internacional de Ensino de Física, realizada em junho de 1963, mesmo período onde lecionava na *Caltech* o curso introdutório de Física que resultaria na famosa coleção *Lectures on Physics* (1965) (Moreira, 2018).

2.1 I CONFERÊNCIA - “MINHA EXPERIÊNCIA COMO PROFESSOR NO BRASIL” – 1952

Após lecionar para alunos de Física e engenharia da UB, Feynman realiza sua palestra. Pouco tem-se registrado sobre a conferência, com registro apenas de relatos a respeito do ano sabático como professor no Brasil e das conferências, citado no livro “*Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!*”, publicado em 1985, e ainda um artigo escrito por Oswaldo Frota-Pessoa, publicado em sua coluna *Ciência em Marcha*, no *Jornal do Brasil* de 25 de maio de 1952, que a define como “uma conferência espantosa ”. (...) (Feynman,

1952), nos disse, em português claro, (...) que, na verdade, não estamos ensinando ciência e nossos alunos não estão apreendendo” (apud Moreira, 2018).

Em suma, a conferência tinha três ideias centrais, duas foram debatidas: “*A ciência tem valor*” e “*Não estamos ensinando nada*” e a terceira ideia, na verdade, foi uma provocação “*como ensinar bem*”; que não foi aprofundada, pois, para Feynman, transcendia a competência dele, que é pesquisador e não pedagogo (Pessoa, 1952, apud Moreira, 2018).

Em sua palestra *O que é ciência*, Feynman ressalta admiração pelos professores do nível elementar e explicita suas motivações para elaboração da mesma:

Mas eu gostaria de dizer que acho que “O que é ciência” não é equivalente de modo algum a “como ensinar ciência”, e devo chamar sua atenção para isso por duas razões. Em primeiro lugar, pela maneira como preparei esta palestra, pode parecer que estou tentando dizer a vocês como ensinar ciência – e não estou fazendo isso de maneira nenhuma, porque eu não sei nada sobre crianças pequenas. Eu tenho uma, então eu sei que eu não sei. A outra razão é que eu penso que a maioria de vocês (porque ouço dizer e porque há tantos artigos e especialistas sobre o assunto) têm algum sentimento de falta de confiança. Vocês estão sempre ouvindo falar sobre como as coisas não estão indo bem e como deveriam aprender a ensinar melhor. Eu não vou criticá-los pelo mau trabalho que estão fazendo e indicar como ele pode ser melhorado; não é essa a minha intenção. (Feynman, 1952 apud Moreira, 2018, p. e4203-2)

É importante ressaltar que as críticas pautaram-se nas experiências de Feynman lecionando para o curso de graduação em Física e Engenharias. Seus pontos principais vão desde a forma que os professores universitários ministram aula, passando pelo material didático, a qualidade do livro-texto utilizado, a postura dos graduandos em aula e até a relação do professor e do aluno com os fenômenos físicos estudados.

No que diz respeito aos professores e os alunos e seu entendimento sobre ensinar e aprender ciências e sua postura como aluno, professor, cientista e pesquisador.

Feynman relata em seu livro, “*Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!*”, o seguinte ocorrido, quando participou de uma palestra na faculdade de engenharia, sobre sua percepção quanto a postura dos alunos. “Os estudantes estavam todos sentados lá fazendo anotações e, quando o professor repetia a frase, checavam para ter certeza de que haviam anotado certo. Então eles anotavam a próxima frase, e a outra, e a outra” (Feynman,

1985), o mesmo ainda ressalta que parecia ser o único que sabia o que o professor estava falando e conjectura:

Eu não conseguia ver como eles aprenderiam qualquer coisa daquilo. Ele estava falando sobre momentos de inércia, mas não se discutia quão difícil é empurrar uma porta para abrir quando se coloca muito peso do lado de fora, em comparação quando você coloca perto da dobradiça – nada!

Depois da palestra, falei com um estudante: “Vocês fizeram uma porção de anotações – o que vão fazer com elas?”

– Ah, nós as estudamos, ele diz. Nós teremos uma prova.

– E como vai ser a prova?

– “Muito fácil. Eu posso dizer agora uma das questões. Ele olha em seu caderno e diz: “Quando dois corpos são equivalentes?” E a resposta é: “Dois corpos são considerados equivalentes se torques iguais produzirem aceleração igual”. Então, você vê, eles podiam passar nas provas, “aprender” essa coisa toda e não saber nada, exceto o que eles tinham decorado (Feynman, 1985, p.234).

A situação demonstra uma mecanização sistemática da educação, do processo de ensinar e aprender, o que parece imutável, pois de acordo com Mozena e Ostermann (2014), perdura até os dias de hoje. Uma educação baseada na memorização de conceitos e resoluções com a reprodução em uma avaliação. Feynman conta que descobriu um fenômeno muito estranho: “eu podia fazer uma pergunta e os alunos respondiam imediatamente. Mas quando eu fizesse a pergunta de novo – o mesmo assunto e a mesma pergunta, até onde eu conseguia – eles simplesmente não conseguiam responder!” (Feynman, 1985). Após analisar suas experiências e investigar juntos aos alunos, Feynman, finalmente descobriu que os estudantes tinham decorado tudo, mas não sabiam o que queria dizer. Tudo estava totalmente decorado, mas nada havia sido traduzido em palavras que fizessem sentido. (Feynman, 1985).

Em sua primeira conferência, Feynman abordou situações que ocorreram ao lecionar física e sua perspectiva crítica sobre o que observara. De acordo com Moreira (2018), possivelmente escrito por José Reis, que era seu principal editor, do editorial que se intitulava *“Ensino de Ciências na Universidade”*, relata o conteúdo central da exposição realizada por Feynman. Em suma explicita dois pontos fundamentais de sua conferência “1º) A ciência tem valor e 2º) não estamos ensinando ciência” (Reis, 1952, apud Moreira, 2018), ciência é a descrição dos fenômenos da natureza e que “ensinar ciência é pôr os alunos em contato com os fenômenos naturais e que o ensino usual, de memorizar fórmulas e definições, não é ensinar ciência” (Reis, 1952, apud Moreira, 2018). Para Feynman o maior valor da ciência é alimentar a curiosidade e nos dar o

inegável prazer de desvendar o desconhecido. Devemos ensiná-la para ampliar o círculo dos que podem participar da deliciosa aventura de conhecer.” (Pessoa; Reis, 1952, apud Moreira, 2018).

Frota-Pessoa, em seu artigo faz uma contradição a sua “reação espantosa” como ouvinte: “Mas a verdade é que nos disse o mais importante sobre como ensinar. (...). O ensino usual, adstrito a definições e formulas mortas memorizadas ou mesmo entendidas, não chega a ser ensino de ciência” (Pessoa, 1952, apud Moreira, 2018) o ensinar e aprender ciências só ocorre quando “o estudante está pesquisando fatos reais, que efetivamente se estão desenrolando perante ele (e não imaginariamente no quadro negro), só quando investiga, aguçado pela curiosidade e pelo encantamento ante o mistério, está ele aprendendo ciência.” (Pessoa; Reis, 1952, apud Moreira, 2018).

Em outra passagem de seu livro, “*Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!*”, Feynman se intriga com o fato dos alunos não o questionarem e com a hierarquização que existe dentro da academia, na qual os alunos estão durante o seu processo educacional, sendo adestrados para agir de um mesmo modo. Quanto a isso, Feynman relata que descobriu com a explicação de um aluno: “Se eu fizer uma pergunta para o senhor durante a palestra, depois todo mundo vai ficar me dizendo: ‘Por que você está fazendo a gente perder tempo na aula? Nós estamos tentando aprender alguma coisa, e você o está interrompendo, fazendo perguntas’. Diante da resposta do estudante, Feynman, conjectura:

Era como um processo de tirar vantagens, no qual ninguém sabe o que está acontecendo e colocam os outros para baixo como se eles realmente soubessem. Eles todos fingem que sabem, e se um estudante faz uma pergunta, admitindo por um momento que as coisas estão confusas, os outros adotam uma atitude de superioridade, agindo como se nada fosse confuso, dizendo àquele estudante que ele está desperdiçando o tempo dos outros. (Feynman, 1985, p. 235).

Com a finalidade de elucidar que a ciência é um aglomerado de contribuições de inúmeros pesquisadores e cientistas, Feynman tenta explicar a importância e utilidade de se trabalhar em grupo, para discutir as dúvidas, analisá-las. Porém relata alguns aspectos sobre os estudantes:

(...)eles também não faziam isso porque estariam deixando cair a máscara se tivessem de perguntar alguma coisa à outra pessoa. Era uma pena! Eles, pessoas inteligentes, faziam todo o trabalho, mas adotaram essa estranha forma de pensar, essa forma esquisita de autopropagar a “educação”, que é inútil, definitivamente inútil! (Feynman, 1985, p. 236).

Nota-se o desencontro com o qual Feynman acredita ser um professor e cientista. Nelson Studart (2018) em seu artigo sobre as contribuições no EF cita em entrevista ao Jornal do Brasil em 1966, que o temperamento alegre e a falta de inibição não são incompatíveis com a seriedade de um cientista: “Não há relação entre o divertimento e o trabalho, e, por isso, não vejo dificuldade em conciliar as duas coisas.” (...) “Fora do ambiente de trabalho, procuro me divertir, por achar que um professor e cientista, quando procura manter uma máscara de seriedade, na maioria das vezes está escondendo ignorância” (Feynman, 1966).

Quanto ao livro didático usado nos cursos de graduação:

Então eu ergui o livro de física elementar que eles estavam usando. “Não há resultados experimentais mencionados em nenhum lugar deste livro, exceto em um lugar onde há uma bola, rolando um plano inclinado, em que se diz até onde a bola chegou após um segundo, dois segundos, três segundos e assim por diante. Os números têm “erros”, ou seja, se você olhar para eles, acha que está vendo resultados experimentais, porque os números estão um pouco acima ou um pouco abaixo dos valores teóricos. O livro fala sobre ter que corrigir os erros experimentais – muito bem. O problema é que, quando você calcula o valor da constante de aceleração constante a partir desses valores, obtém a resposta correta. Mas uma bola rolando em um plano inclinado possui uma inércia que a faz girar, e, se você fizer o experimento, produzirá cinco sétimos da resposta certa, por causa da energia extra necessária para a rotação da bola. Portanto, esse único exemplo de “resultados” experimentais é obtido a partir de um experimento falso. Ninguém tinha rolado uma bola dessas, ou nunca teriam conseguido esses resultados! (Feynman, 1985, P. 235-236)

Feynman descreve em seu livro, “*Deve ser brincadeira, Sr. Feynman!*”, o caso acima citado, que relata a quase ausência de resultados experimentais nos livros de física elementar usado por estudantes de graduação e a presença de valores numéricos para parâmetros físicos que não foram obtidos com base na experimentação, ou seja, resultados experimentais baseados em valores teóricos, onde muitas das vezes os fenômenos físicos são descritos de formas idealizadas a fim de demonstrar um princípio/lei física de forma isolada, porém numa situação experimental é possível reduzir os erros e a presença de princípios e forças física dissipativas presente do fenômeno, mas não ausenta-las de um fenômeno real (Feynman, 1985).

O mesmo se repete atualmente nos livros didáticos de ciências e física de nível fundamental e médio (Mozena e Ostermann, 2014). Por exemplo no estudo de mecânica, onde é comum em exemplos e exercícios valores de velocidade e aceleração serem dados

em km/h, ao fazer a mudança de unidade para m/s (uma escala mais perceptível ao estudante) é perceptível que os objetos descritos nos enunciados as vezes não é possível adquirir tal velocidade. Ou seja, é só a união de uma descrição de um fenômeno físico com valores teóricos aleatórios.

Feynman, mas a diante em seu livro descreve que leu: “A triboluminescência é a luz emitida quando os cristais são esmagados...” Eu disse: “E aí, você tem ciência? Não! Apenas se disse o que uma palavra significa em termos de outras palavras.” (Feynman, 1985). Diante a isto Frota-Pessoa sintetiza dizendo que, em geral, os livros didáticos são como que dicionários, sem ordem alfabética, “dicionários de definições, de palavras mortas, de conceitos que, por não terem emergido diretamente dos fatos, pertencem a um mundo artificial e inútil criado pelo *complot* pedagógico contra a inteligência do jovem” (Pessoa, 1952, apud Moreira, 2018).

2.2 II CONFERÊNCIA - “O PROBLEMA DE ENSINAR FÍSICA NA AMÉRICA LATINA” – 1963

Feynman, em junho de 1963, abre a I Conferência de Internacional de Ensino de Física, realizada no Rio de Janeiro no Palácio da Cultura, onde revisita suas experiências no Brasil e estende sua perspectiva não somente na América Latina, segundo relato de Moreira (2018) “o problema do EF não é só da América Latina e que ele (“Feynman”) desafia soluções satisfatórias em todo o mundo”. Segue trecho da palestra:

- i) primeiramente, e o fator mais importante, é que o ensino /aprendizado é quase exclusivamente baseado em memorização. (...)
- ii) os estudantes atuam sempre sozinhos e não interagem ou discutem com seus colegas;
- iii) a falta de liberdade no ambiente universitário; isto impede os estudantes de mudarem de área ou de laboratório;
- iv) pouca atenção é dada ao conjunto maior de estudantes que não pretendem ser cientistas;
- v) outro ponto característico da América Latina é o pequeno número de pessoas envolvidas em atividades científicas, o que torna as organizações e instituições irregulares e instáveis;
- vi) os melhores alunos tendem a sair de seus países e se dirigirem para o exterior. (MOREIRA, p. e4203-4 – e4203-5, 2018)

O conteúdo destacado acima foi publicado na revista *Engineering and Science* de 1963, Moreira resume os seis pontos mais destacados na fala de Feynman, “(...)as principais características e dificuldades que percebia no EF” (Moreira, 2018). Alguns questionamentos foram apontados como os desafios centrais no EF na américa latina, refletindo em toda cadeia de ensino, inclusive nas instituições universitárias, podemos observar algumas questões nos apontamentos a seguir:

- i) como nos livrar, já nos níveis da educação secundária, da carga pesada da memorização hoje existente? ii) como aproximar os engenheiros e outros cientistas aplicados do mundo real? Aqui ele destacou a importância da ciência experimental para os engenheiros; iii) como estimular os outros pesquisadores e mantê-los nas instituições? Sugeriu aqui o oferecimento de recursos, de condições materiais adequadas e de viagens periódicas ao exterior; iv) como fazer com que os pesquisadores retornem às universidades às quais pertencem?; v) por último, Feynman destacou que todas estas ações devem ser feitas de forma permanente, consistente, continuada e de forma modesta. Ressalte-se, ainda, a importância dada por Feynman ao papel e às atitudes dos bons professores. (Moreira, 2018 p. e4203-4 – e4203-5).

A II Conferência foi direcionada a abordar os parâmetros gerais e políticos da educação, baseado nas suas visitas ao Brasil, Feynman estendeu sua perspectiva do EF brasileiro aos países da américa latina, países com características similares entre si e diferente dos países dos outros continentes. Corroborando com o pensamento de Feynman, é importante que os governos se atentem a sua realidade educacional dentro do território nacional, e que nem sempre a importação e adoção de políticas públicas educacionais de países desenvolvidos vão solucionar os dilemas locais da educação. É preciso considerar parâmetros e características específicas do país para elaborar propostas públicas educacionais efetivas, segundo Moreira (2018), “soluções modestas e que possam ser avaliadas e corrigidas paulatinamente” e não reproduzir uma “receita de bolo” esperando obter os mesmos resultados obtidos por outro país.

3. DILEMAS ATUAIS DA EDUCAÇÃO E DAS DISCIPLINAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

3.1 A REFORMA DO ENSINO MÉDIO

Atualmente, no Brasil, visando cumprir o que está previsto na Base Nacional Curricular Comum (BNCC), o EM está realizando as etapas finais de sua reforma educacional. A BNCC, promulgada em 2018, busca validar um conjunto de métodos, técnicas e práticas docentes a fim de solucionar os desafios que o processo de ensino e aprendizagem vem enfrentando na educação no Brasil. Nesse sentido, a Reforma do EM vem sendo elaborada desde 2014 a fim de cumprir as exigências e dinamizar a educação (Brasil, 2018); não somente com relação ao protagonismo do aluno, o colocando como ator principal do seu processo de ensino e aprendizagem mudando a relação professor/aluno, mas também prevê maior dinâmica às relações entre as próprias disciplinas, sendo assim necessário uma reorganização estrutural no modelo educacional para garantir maior integração, interação e colaboratividade dos professores e das instituições, corroborando na validação da prática interdisciplinar (Santos, 2020; Brasil, 2018). Como vem apontando na BNCC:

Essa nova estrutura do Ensino Médio, além de ratificar a organização por áreas do – sem desconsiderar, mas também sem fazer referência direta a todos os componentes que compunham o currículo dessa etapa –, prevê a oferta de variados itinerários formativos, seja para o aprofundamento acadêmico em uma ou mais áreas do conhecimento, seja para a formação técnica e profissional. Essa estrutura adota a flexibilidade como princípio de organização conhecimento curricular, o que permite a construção de currículos e propostas pedagógicas que atendam mais adequadamente às especificidades locais e à multiplicidade de interesses dos estudantes, estimulando o exercício do protagonismo juvenil e fortalecendo o desenvolvimento de seus projetos de vida. (Brasil, 2018).

A Reforma do EM, prevista pela BNCC, reorganiza as disciplinas e as agrupa em grandes itinerários formativos. A Lei nº 13.415/2017 altera o que era antes previsto na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), modificando o modelo único de currículo do EM para um modelo diversificado e flexível (Brasil, 2018). Diante do exposto, a LDB determina,

O currículo do ensino médio será composto pela Base Nacional Comum Curricular e por itinerários formativos, que deverão ser organizados por meio

da oferta de diferentes arranjos curriculares, conforme a relevância para o contexto local e a possibilidade dos sistemas de ensino, a saber:

- I – linguagens e suas tecnologias;
- II – matemática e suas tecnologias;
- III – ciências da natureza e suas tecnologias;
- IV – ciências humanas e sociais aplicadas;
- V – formação técnica e profissional (LDB, 1996, Art. 36;).

Cada arranjo curricular é composto por disciplinas que antes eram oferecidas de forma segmentada, no caso do itinerário formativo de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (CNT), composta pelas disciplinas de Biologia, Química e Física. Com a BNCC, foram elaboradas competências específicas a serem desenvolvidas pelo estudante e para cada uma delas, habilidades a serem alcançadas em comum a todas as disciplinas que compõem o itinerário formativo, necessitando uma maior interação dos seus respectivos professores para promover a interdisciplinaridade e um ensino e aprendizado significativo (Brasil, 2018).

Desta maneira, a BNCC propõe uma reestruturação da Educação Básica, como prazo de dois anos após sua homologação para sua implementação, prevista para ter início no ano letivo de 2020 e obrigatoriedade no ano de 2021. Diante aos prazos estabelecidos, cabe às secretarias de educação dos Estados que são responsáveis pela educação de nível médio, estabelecer de que forma as exigências vigentes na BNCC serão atendidas (Brasil, 2021). Todavia, devido à situação pandêmica, que trouxe consigo o isolamento social, a instabilidade econômica, a necessidade de adaptar o ensino à nova realidade entre muitos outros percalços, a reformulação do EM ocorreu distante dos debates dos professores e não muito alinhadas ao que as pesquisas em educação fomentam em seus trabalhos, o que vem gerado descontentamento dessa classe profissional (Gomes, 2022).

Diante desse cenário, a obrigatoriedade da reestruturação do EM alinhada à BNCC teve seus prazos alterados. O cronograma proposto pelo Ministério da Educação estipula a implementação dos novos parâmetros curriculares de forma progressiva: em 2022 a implementação curricular 1º ano do EM em 2022; em 2023, a implementação curricular do 2º ano do EM e adequação do 1º ano; em 2024, a implementação curricular do 3º ano do EM e adequação dos 1º e 2º anos do EM (Brasil, 2021).

3.2. A FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

O primeiro contato com a disciplina de Física ocorre no 9º ano do Ensino Fundamental (EF) juntamente com a disciplina de química e na maioria das vezes as duas são lecionadas como uma mesma disciplina que compõem a grade curricular. Mas, observa-se que na verdade, os primeiros contatos com os conceitos de Física ocorrem de forma segregadas durante todos os níveis da educação e na vivência cotidiana do indivíduo (Morin, 2000).

A falta da formalização do que é a Física e suas competências nos anos iniciais pode ser uma barreira para o entendimento da disciplina no EM. A maior parte dos conceitos são apresentados ainda na educação infantil, conceitos como: calor, quente, frio, movimento, pressão, densidade etc., mesmo que de forma superficial. Porém, de forma fragmentada e com um forte apelo do modelo educacional vigente à processos de aprendizagem baseado na memorização. (Ausubel, 2003).

Para ensino de CN, Delizoicov, Angotti e Pernambuco reafirmam:

“em relação ao ensino de ciências da natureza, o fato de o aluno conviver e interagir com fenômenos que são objetos de estudo dessas Ciências para além dos muros das escolas, quer diretamente quer por relações mediatisadas, desautoriza a suposição de que uma compreensão deles seja obtida apenas por sua abordagem na sala de aula com modelos e teorias científicas.” (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011, p. 183).

Ao longo da vida escolar tais conceitos são abordados e aprofundados de forma ampla e diversa por muitas disciplinas o que exige do aluno uma boa compreensão e correlação entre as partes. É comum tais conceitos serem apropriados: em Biologia, Pressão Arterial; em Geografia, Densidade Populacional; em Português no uso de conceitos de forma figurada; porém somente no último ano do EF que esses conceitos são revisitados, reformulados e matematizados pela ótica da Física, ocasionando o desconforto por parte dos alunos devido à dificuldade com o uso da matemática e a correlação do mesmo conceito em áreas diferentes.

É extremamente importante propiciar ao estudante ferramentas e meios, para que ocorra a correlação entre conceitos de áreas de conhecimentos distintos para uma educação emancipatória e libertadora, promovendo a democratização dos saberes e a

possibilidade de uma perspectiva ampla e crítica sobre o mundo a sua volta (Freire, 1996; Ausubel, 2003).

Devido a isso a física pode ser vista, de forma errônea, como apenas uma aplicação matemática, para os alunos “um bicho de sete cabeças”. A reformulação e alinhamento dos conceitos não são possíveis em sua integralidade no 9º ano, devido a quantidade de conteúdo e o tempo disponível no EF, além de outras problemáticas que permeia a educação no Brasil como a ausência dos professores de Física e Química no quadro de professores do EF. Todo esse recorte da educação atual não pode ser deixado de lado a cada momento da prática pedagógica, para Freire (1996), a educação vai além da transmissão de conhecimento, “(...), mas criar possibilidades para a sua produção ou sua construção”.

Neste cenário, as dificuldades de aprendizagem no EM aumentam, ou seja, os alunos apresentam alto déficit quanto a alfabetização e letramento matemático, científico e em língua portuguesa; com a reforma do EM o que tem ocorrido nas escolas públicas, é a diminuição de ofertas de todas as disciplinas e inclusão dos chamados projetos pela BNCC (Brasil, 2018).

Infelizmente faz parte da realidade cotidiana das escolas públicas do Brasil não oferecerem todas as disciplinas que deveriam, o que afeta a continuação dos estudos e a entrada desses estudantes na graduação. Diante destas dificuldades ressalta-se a importância da vivência escolar, como diz Paulo Freire no seu livro Pedagogia da Autonomia, “*como experiência especificamente humana, a educação é uma forma de intervenção no mundo*” (Freire, 1996).

Outra importante discussão levantada por Mozena e Ostermann, quanto a reformulação das disciplinas de CN e como a disciplina de Física pode ser afetada levando em conta uma reestruturação que os livros didáticos terão que sofrer para adequação das novas exigências da reforma. Para os autores:

“Não nos parece estranho pensar que, com o redesenho curricular, os professores da área de ciências da natureza nas escolas públicas vão continuar trabalhando em suas salas de aulas apenas as suas especificidades de base, deixando a física de lado, o que pode levar os novos livros didáticos, a exemplo do que acontece no ensino fundamental, a privilegiar os conhecimentos de biologia, já que o desconforto com o ensino de física não passaria despercebido pelas editoras. Será o início do fim da tão temida disciplina de física? E vamos

continuar esperando as mudanças acontecerem?” (Mozena e Ostermann, 2014, p. e1403-7)

A falta dessas disciplinas ou a diminuição de números de aula afeta significativamente a construção do conhecimento; para disciplina de Física, muitas das vezes ficando restrita só a apresentação do conteúdo e a resolução de um número pequeno de exercícios matemáticos. O que não resolve as demandas e déficits dos alunos no EM, muito menos possibilita uma educação libertadora, onde o aluno faz-se protagonista da sua educação e do seu conhecimento, tanto dentro quanto fora da escola, tendo meios e métodos de aplicá-lo de forma crítica e prática em sua vida cotidiana (Freire, 1996). Basicamente o que temos instaurado hoje é uma Educação Bancária definida por Paulo Freire como:

“Na concepção “bancária” (...) a educação é o ato de depositar, de transferir, de transmitir valores e conhecimentos, não se verifica nem pode verificar-se esta superação. Pelo contrário, refletindo a sociedade opressora, sendo dimensão da “cultura do silêncio” a “educação” “bancária” mantém e estimula a contradição” (Freire, 1987, pg 35).

De forma sucinta, na educação bancária os conteúdos são passados do professor para o aluno de forma metódica e acrítica, visando a reprodução por parte do aluno para realização de uma avaliação. Como caracteriza Freire:

“Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam que nada sabem. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão - a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro (...)” (Freire, 1987, pg 33).

O termo “bancário” refere-se ao fato do aluno é visto com um “banco” para armazenar o que lhe é ensinado, somente, e esses “pacotes” de informações/conhecimentos adquiridos não se misturam, ou seja, não ocorre a apropriação do conhecimento pelo aluno, que viabiliza a correlação de conceitos entre disciplinas, o entendimento de assuntos por diferentes perspectivas, a análise crítica de temas atuais etc. O corrobora com Freire quando diz que:

“O educador, que aliena a ignorância, se mantém em posições fixas, invariáveis. Será sempre o que sabe, enquanto os educandos são sempre os que

não sabem. A rigidez destas posições NEGA a educação e o conhecimento como processo de busca (...)" (Freire, 1987, pg 34).

Contudo, podemos significar o papel da escola, conforme Santana, afirma que: "Somente uma escola centrada democraticamente no seu educando e na sua comunidade local, vivendo as suas circunstâncias, integrada com seus problemas, levará os seus estudantes a uma nova postura diante dos problemas de seu contexto." (Santana, 2013) Ou seja, o cenário atual que se encontra a educação no Brasil deve ser levado em consideração ao se analisar as percepções prévias dos estudantes e seu contexto social onde está inserido a escola para que a aprendizagem possa ocorrer de modo significativo (Freire, 1996).

3.2 A FÍSICA NO ENSINO FUNDAMENTAL E MÉDIO

O primeiro contato com a disciplina de Física ocorre no 9º ano do Ensino Fundamental, juntamente com a disciplina de química e na maioria das vezes as duas são lecionadas como uma mesma disciplina que compõem a grade curricular. Mas, observa-se que na verdade, os primeiros contatos com os conceitos de Física ocorrem de forma segregadas durante todos os níveis da educação e na vivência cotidiana do indivíduo (Morin, 2000; Santos, Câmara e Fonseca, 2018).

A falta da formalização do que é a Física e suas competências nos anos iniciais pode ser uma barreira para o entendimento da disciplina no EM. A maior parte dos conceitos são apresentados ainda na educação infantil, conceitos como: calor, quente, frio, movimento, pressão, densidade etc., mesmo que de forma superficial. Porém, de forma fragmentada e com um forte apelo do modelo educacional vigente à processos de aprendizagem baseado na memorização. (Ausubel, 2003).

Para ensino de CN, Delizoicov, Angotti e Pernambuco reafirmam:

"em relação ao ensino de ciências da natureza, o fato de o aluno conviver e interagir com fenômenos que são objetos de estudo dessas Ciências para além dos muros das escolas, quer diretamente quer por relações mediadas, desautoriza a suposição de que uma compreensão deles seja obtida apenas por sua abordagem na sala de aula com modelos e teorias científicas." (Delizoicov, Angotti e Pernambuco, 2011, p. 183).

Ao longo da vida escolar tais conceitos são abordados e aprofundados de forma ampla e diversa por muitas disciplinas o que exige do aluno uma boa compreensão e correlação entre as partes. É comum tais conceitos serem apropriados: em Biologia, Pressão Arterial; em Geografia, Densidade Populacional; em Português no uso de conceitos de forma figurada; porém somente no último ano do ensino fundamental que esses conceitos são revisitados, reformulados e matematizados pela ótica da Física, ocasionando o desconforto por parte dos alunos devido à dificuldade com o uso da matemática e a correlação do mesmo conceito em áreas diferentes.

É extremamente importante propiciar ao estudante ferramentas e meios, para que ocorra a correlação entre conceitos de áreas de conhecimentos distintos para uma educação emancipatória e libertadora, promovendo a democratização dos saberes e a possibilidade de uma perspectiva ampla e crítica sobre o mundo a sua volta (Freire, 1996; Ausubel, 2003).

Devido a isso a física pode ser vista, de forma errônea, como apenas uma aplicação matemática, para os alunos “um bicho de sete cabeças”. A reformulação e alinhamento dos conceitos não são possíveis em sua integralidade no 9º ano, devido a quantidade de conteúdo e o tempo disponível no ensino fundamental, além de outras problemáticas que permeia a educação no Brasil como a ausência dos professores de Física e Química no quadro de professores do ensino fundamental. Todo esse recorte da educação atual não pode ser deixado de lado a cada momento da prática pedagógica, para Freire (1996), a educação vai além da transmissão de conhecimento, “(...), mas criar possibilidades para a sua produção ou sua construção”.

Neste cenário, as dificuldades de aprendizagem no EM aumentam, ou seja, os alunos apresentam alto déficit quanto a alfabetização e letramento matemático, científico e em língua portuguesa; com a reforma do EM o que tem ocorrido nas escolas públicas, é a diminuição de ofertas de todas as disciplinas e inclusão dos chamados projetos pela BNCC (Brasil, 2018).

Infelizmente faz parte da realidade cotidiana das escolas públicas do Brasil não oferecerem todas as disciplinas que deveriam, o que afeta a continuação dos estudos e a

entrada desses estudantes na graduação. Diante destas dificuldades ressalta-se a importância da vivência escolar, como diz Paulo Freire no seu livro *Pedagogia da Autonomia*, “*como experiência especificamente humana, a educação é uma forma de intervenção no mundo*” (Freire, 1996).

Outra importante discussão levantada por Mozena e Ostermann, quanto a reformulação das disciplinas que compõem o ensino CNT e como a disciplina de Física pode ser afetada levando em conta uma reestruturação que os livros didáticos terão que sofrer para adequação das novas exigências da reforma. Para os autores:

“Não nos parece estranho pensar que, com o redesenho curricular, os professores da área de ciências da natureza nas escolas públicas vão continuar trabalhando em suas salas de aulas apenas as suas especificidades de base, deixando a física de lado, o que pode levar os novos livros didáticos, a exemplo do que acontece no ensino fundamental, a privilegiar os conhecimentos de biologia, já que o desconforto com o ensino de física não passaria despercebido pelas editoras. Será o início do fim da tão temida disciplina de física? E vamos continuar esperando as mudanças acontecerem?” (Mozena e Ostermann, 2014, p. e1403-7)

A falta dessas disciplinas ou a diminuição de números de aula afeta significativamente a construção do conhecimento; para disciplina de Física, muitas das vezes ficando restrita só a apresentação do conteúdo e a resolução de um número pequeno de exercícios matemáticos. O que não resolve as demandas e déficits dos alunos no EM, muito menos possibilita uma educação libertadora, onde o aluno faz-se protagonista da sua educação e do seu conhecimento, tanto dentro quanto fora da escola, tendo meios e métodos de aplicá-lo de forma crítica e prática em sua vida cotidiana (Freire, 1996). Basicamente o que temos instaurado hoje é uma Educação Bancária definida por Paulo Freire como:

“Na concepção “bancária” (...) a educação é o ato de depositar, de transferir, de transmitir valores e conhecimentos, não se verifica nem pode verificar-se esta superação. Pelo contrário, refletindo a sociedade opressora, sendo dimensão da “cultura do silêncio” a “educação” “bancária” mantém e estimula a contradição” (Freire, 1987, pg 35).

De forma sucinta, na educação bancária os conteúdos são passados do professor para o aluno de forma metódica e acrítica, visando a reprodução por parte do aluno para realização de uma avaliação. Como caracteriza Freire:

“Na visão “bancária” da educação, o “saber” é uma doação dos que se julgam sábios aos que julgam que nada sabem. Doação que se funda numa das manifestações instrumentais da ideologia da opressão - a absolutização da ignorância, que constitui o que chamamos de alienação da ignorância, segundo a qual esta se encontra sempre no outro (...).” (Freire, 1987, pg 33).

O termo “bancário” refere-se ao fato do aluno é visto com um “banco” para armazenar o que lhe é ensinado, somente, e esses “pacotes” de informações/conhecimentos adquiridos não se misturam, ou seja, não ocorre a apropriação do conhecimento pelo aluno, que viabiliza a correlação de conceitos entre disciplinas, o entendimento de assuntos por diferentes perspectivas, a análise crítica de temas atuais etc. O corrobora com Freire quando diz que:

“O educador, que aliena a ignorância, se mantém em posições fixas, invariáveis. Será sempre o que sabe, enquanto os educandos são sempre os que não sabem. A rigidez destas posições NEGA a educação e o conhecimento como processo de busca (...).” (Freire, 1987, pg 34).

Contudo, podemos significar o papel da escola, conforme Santana, afirma que: “Somente uma escola centrada democraticamente no seu educando e na sua comunidade local, vivendo as suas circunstâncias, integrada com seus problemas, levará os seus estudantes a uma nova postura diante dos problemas de seu contexto.” (Santana, 2013) Ou seja, o cenário atual que se encontra a educação no Brasil deve ser levado em consideração ao se analisar as percepções prévias dos estudantes e seu contexto social onde está inserido a escola para que a aprendizagem possa ocorrer de modo significativo (Freire, 1996).

3.3 AS PESQUISAS DO ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

No que diz respeito ao Itinerário formativo de CNT, a reestruturação do EM não trata-se somente de uma mudança nos aspectos físicos, administrativos e políticos da educação, mas sim uma ressignificação que a prática docente irá exigir dos professores das disciplinas de Biologia, Química e Física, visto que o trabalho interdisciplinar não é promovido dentro das suas formações acadêmicas, que tem como foco a hiperespecialização, que dificulta a correlação dos diversos saberes. (Morin, 2003).

Um breve recorte é feito por Santos e Valeiras (2014), com a discussão de uma proposta curricular interdisciplinar para a formação de professores de CN através de uma análise dos componentes curriculares dos cursos de licenciatura que são oferecidos pela UFRGS, onde foram analisados os cursos de licenciatura em Física, Química, Biologia e Pedagogia, cursos que trabalham a área de CN durante a formação do estudante no ensino fundamental e/ou médio, em função das cargas horárias das diferentes categorias de componentes curriculares, presente na tabela abaixo:

Tabela 1 - Carga horária das diferentes categorias de componentes curriculares para alguns cursos de licenciatura da UFRGS

	Pedagogia	Biologia	Física	Química
Educação	1800	285	240	210
Legislação	210	60	60	120
Edu. C&M	240	-	150	90
Biologia	-	1890	-	-
Física	-	60	1695	270
Matemática	-	-	330	240
Química	-	90	60	1350
TIC & Info	45	-	60	-

Fonte: Santos e Valeiras (2014).

De acordo com a Tabela 1, nota-se a disparidade dos componentes curriculares na formação dos professores, sendo possível observar a falta de uma formação conceitual para o ensino da CN desde os anos iniciais do ensino fundamental. Santos e Valeiras (2014) afirmam que:

“A Tabela 1 exibe uma grande assimetria na formação de professores de ciências para o Ensino Fundamental. De um lado, os licenciados em pedagogia não têm qualquer formação científica, uma vez que os conceitos de biologia, física e química, mesmo aqueles mais elementares não estão presentes em qualquer componente curricular. Por outro lado, o caso mais grave talvez seja dos licenciados em biologia que têm pouca formação em física e química e nenhuma formação em matemática.” (Santos e Valeiras, 2014, p. e2504-3)

A fim de exemplificar, tomaremos como parâmetro um professor de Física, que durante toda sua formação aprende sobre a linguagem matemática (umas das principais ferramentas de comprovação utilizada pelo método científico) e aprende os principais conceitos físicos usados de forma conjunta para aplicação nos objetos de estudos, os fenômenos naturais, com a finalidade de explicá-los e descrevê-los. Para o professor de Física, por conta da sua formação, é clara a interação das disciplinas de Física e

Matemática, porém, o mesmo não se aplica quando comparamos a interação das disciplinas de Física e Biologia, como pode ser visto na Tabela 1.

Muitos dos objetos de estudo são os mesmos, mas as abordagens e perspectivas são muito distintas e, por não haver uma preocupação com a interdisciplinaridade entre os cursos de licenciaturas, são tratados como coisas completamente distintas e segregadas (Fazenda, 2011). Na verdade, são dois lados da mesma moeda, pois os mesmos conceitos científicos aprendidos pelo professor de Física em sua formação são aplicáveis em maior ou menor grau, para explicar os objetos de estudos da Biologia. O que reafirma as necessidades da definição de transversalidade entre determinados conceitos e criação de material didático interdisciplinares (Santos, 2018; Santos, 2020).

Em suma, o fenômeno natural, objeto de estudo em comum das duas disciplinas, aparenta ter uma explicação física e uma biológica, que para o graduando em Física só lhe é apresentada a perspectiva física e para um graduando em Biologia a perspectiva biológica, o que reforça a barreira entre as disciplinas como coisas diferente. Porém, cada uma delas é parte da explicação de um todo e necessitam que sejam integradas para maior compreensão do fenômeno em questão. Ou seja, o ensino fragmentado de forma compartmentalizada entre disciplinas pode não proporcionar aos estudantes uma visão mais ampla do todo (Frigotto, 2018, Santos, 2020).

Autores como Fazenda (2011), Thiesen (2008), Mackedanz e Rosa (2016) apontam a formação disciplinar de professores como dificultador para elaboração de propostas interdisciplinares de ensino e aprendizado na prática em sala de aula. Essa questão também foi abordada por Mozena e Ostermann (2014), que analisando todo o contexto político da educação afirmam e se propõem as indagações:

Não é segredo o fato de que os nossos professores de física do Ensino Médio não estão em sua maioria preparados para reconhecer e utilizar os seus conhecimentos de base para a solução de problemas reais, o que dizer então sobre aqueles pertinentes a química e a biologia? O que aconteceria, então, num ambiente de redesenho curricular como aquele em que o Governo Federal está articulando? (Mozena e Ostermann, 2014, p. e1403-7).

Diante do exposto, torna-se difícil para um profissional especializado em uma disciplina se desvincule dos objetos principais de estudos de sua área, onde já se tem parâmetros e conceitos bem definidos, para investigar o objeto de estudo de outra área

disciplinar e reconhecer os mesmos parâmetros e conceitos de sua área (Mozena e Ostermann, 2014). Isso se deve a formação acadêmica dos professores e seus currículos que segundo Santos e Valeiras “(...) os currículos são elaborados à semelhança dos respectivos bacharelados. Ou seja, são razoavelmente consistentes com o EM tradicional, mas têm pouca aderência pedagógica com o ensino fundamental e com o que se imagina deverá ser o EM do Século 21”. (Santos e Valeiras, 2014)

Para as indagações levantadas por Mozena e Ostermann (2014) a respeito das reformas feitas na educação, Santos e Valeira afirmam: “é impossível que professores de ciências naturais formados com esses currículos atendam as recomendações curriculares do MEC para o EF, que se supõe adequado ao ingresso das novas gerações na revolucionária nanotecnologia” (Mozena e Ostermann, 2014).

4. PRESSUPOSTO TEÓRICO PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Com base nos capítulos anteriores, e no raciocínio de Feynman quando diz: “Primeiro descubra por que quer que os alunos aprendam o tema e o quer que saibam, e o método resultará mais ou menos por senso comum”, elaborou-se nesta monografia, uma SD sobre Termodinâmica, especificamente, o estudo de termologia. Moreira ao pontuar a II Conferência realizada de 1963, elenca as principais razões pelas quais ensinar física para Feynman:

- i) a física é uma ciência básica, que é útil para as outras ciências e para as aplicações tecnológicas;
- ii) a física ensina a manipular as coisas, e as suas diversas técnicas, como fazer cálculos e medir, são usadas em diversas áreas. Para Feynman seria vitalmente importante para a América Latina aprimorar a habilidade técnica das pessoas locais; a importação de pessoal qualificado não lhe parecia uma solução adequada para o desenvolvimento;
- iii) a ciência é um importante elemento da cultura. A física é significativa ‘pela ciência em si’, pelo desenvolvimento do conhecimento em geral e pela apreciação das maravilhas e belezas da natureza que proporciona;
- iv) a física ensina como as coisas podem ser descobertas, e promove o valor de se questionar e de se ter liberdade de pensamento;
- v) a física ajuda a desenvolver o espírito inventivo, o aprendizado do processo de tentativa e erro, e exibe a importância do pensamento livre, que tem imenso valor para a humanidade em todas as áreas. (Moreira, 2018, p. e4203-4)

“(...)porque quer que os alunos aprendam o tema e o quer que saibam”?

Como diz o ditado popular, precisamos “ver pra crer”, a respeito de fenômenos físicos que estão no limiar do que se tem conhecimento científico de física, como no exemplo antagonista entre: o mundo atômico o mundo das partículas muito pequenas e das infinitas probabilidades e entre o mundo relativístico das grandes massas, longas distâncias e velocidades beirando a da luz.

Com isso, se elencarmos os objetos de estudo da Relatividade, estrelas, planetas, satélites naturais, buracos negros, etc., alguns deles são possíveis ser visto a olho nu. Mas quanto aos objetos de estudos da Física Quântica, os átomos, os elementos e suas interações em um sistema termodinâmico, não é possível enxergar um átomo, hoje, só temos um vislumbre de suas oscilações.

Agora, considerando a nossa dimensão, dos fenômenos naturais e das nossas experiências cotidianas mais simples, como algo fisiológico, a sensação de frio; entender, compreender, descrever essas situações que acontecem à nossa volta é necessário, não

aprender Relatividade, Quântica ou Termodinâmica, mas os átomos, suas interações e como podemos usar a compreensão do mundo atômico para descrever quaisquer fenômenos vistos a olho nu sem a necessidade de uma matematização. Ou seja, esta monografia tem por objetivo que os alunos aprendam, visto que o conhecimento acerca do mundo atômico é emancipador; proporcionando ao aluno a compreensão do mundo onde vive.

Agora destaca-se o pensamento de alguns autores, pesquisadores em educação, sobre as SD, suas conceituações e alguns parâmetros para sua elaboração. Como também será apresentado e descrito os Parâmetros Curriculares - normas nacionais e estaduais para educação que são responsáveis pelo EM que delineiam o funcionamento do sistema de educação até a sala de aula; Parâmetros Educacionais Específicos – que regem o funcionamento individual e específico de cada escola e sala de aula como: calendário semanal de aula, análise e condicionamento do calendário anual para elaboração de um planejamento de curso, bimestral ou de uma SD.

4.1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Frente aos contextos educacionais vigentes, a fim de garantir o ensino significativo, interdisciplinar e promovendo o protagonismo do aluno, a educação brasileira vem sofrendo reformas para garantir tais preceitos. A utilização de SD é a aplicação prática que agrupa um conjunto de métodos e técnicas através de situações problemas que organizadas, compõem um planejamento a ser executado com a finalidade da promoção do ensino e aprendizagem significativa sobre o conteúdo a ser abordado. Por meio de atividades devidamente organizadas e com os objetivos claros e etapas de aprendizagem bem definidos e esclarecidos para o professor e os alunos (Zabala, 1998; Oliveira, 2013; Franco, 2018).

A SD tem também como objetivo reunir conhecimentos de diferentes disciplinas para construir o entendimento acerca do objeto de estudo, de forma ampla, possibilitando a maior correlação entre o conteúdo e o aluno, apresentando situações problemas que estejam dentro da vivência cotidiana dos alunos e sobre diferentes perspectivas. “A SD pode se tornar um instrumento mais significativo do ponto de vista das atitudes sociais e

interpessoais, no relacionamento entre professor/aluno, aluno/aluno e professor/aluno/instituição de ensino". (Nogueira, 2020)

Segundo Zabala, podemos definir SD como sendo um “conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais que têm um princípio e um fim conhecido tanto pelo professor como pelos alunos”. (Zabala, 1996).

Uma SD não tem como proposta um modelo metodológico inalterável e garantido de ensino significativo. Na verdade, trata-se de um planejamento, algo feito antes da prática de fato, que delineia uma sequência a ser seguida, montada baseada no desenvolvimento do conhecimento, recordando e aprendendo saberes para construção de um conceito maior o processo de aprendizagem, visa a favorecer a percepção do aluno a respeito de suas capacidades de “aprender a aprender” (Duarte, 2001). Desta forma, todas as etapas planejadas de uma SD estão suscetíveis a adequação diante a uma demanda específica apresentada pela turma durante a prática, objetivando melhor o processo de aprendizagem do conteúdo.

O planejamento de uma SD deve ter como objetivo o desenvolvimento das potencialidades do aluno para a construção de significados. De acordo com Zabala (2018) acerca da construção de uma SD, defende que é necessário que durante seu desenvolvimento estejamos atentos para algumas questões que devem ser atendidas.

- Somos capazes de determinar quais conhecimentos prévios os alunos possuem?
- Os novos conteúdos constroem novos significados e funcionalidades?
- Respeitamos o nível de desenvolvimento dos alunos?
- Os alunos serão capazes de se desenvolverem com essas atividades?
- Existem relações cognitivas entre os novos conteúdos e os conhecimentos prévios?
- Criamos situações motivadoras para novos aprendizados?
- Valorizamos o esforço do aluno para fortalecer a autoestima?
- Desenvolvemos as habilidades relacionadas com a autonomia dos alunos?

De acordo com Nogueira Neto, 2022, o objetivo principal de um SD em EF “não é que uma única SD atenda a todas essas questões simultaneamente, mas sim que deva haver um esforço para que o maior número possível dessas questões seja atendido para que a sequência esteja apropriada e que cumpra com seu objetivo.” A aprendizagem torna-se significativa quando amplia “as potencialidades de cada estudante, dando-lhes segurança não só para responder às questões propostas pelo professor, como para elaborar novos questionamentos e investigá-los de maneira autônoma” (Nogueira, 2020).

4.2 CRITÉRIOS PARA A ELABORAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Ao que diz respeito aos parâmetros educacionais, veremos aqui como estão organizadas as diretrizes que regem o ensino da CNT e do EF nas esferas nacional e estadual. Na esfera Federal, foi promulgado em 2018 a BNCC, com as competências e habilidades destinadas ao ensino à CNT, de acordo com as propostas de reformas que vêm sendo fomentadas desde 2014, que agrupa as disciplinas nos itinerários formativos. Consta no Anexo I, a Tabela com as habilidades e competências de CNT pela BNCC, onde pode-se conferir que todas as habilidades e competências são destinadas aos três anos de EM.

Na esfera Estadual, está em sua versão preliminar de 2022, o currículo mínimo do estado do Rio de Janeiro, o qual se adequa à reforma do EM. Nesta versão, as habilidades e competências para a disciplina de Física estão dispostas durante dois anos somente, o mesmo acontece com as disciplinas de Biologia e Química. Ou seja, entende-se que dentro do itinerário formativo de CNT, as disciplinas que a compõem (Biologia, Física e Química) serão organizadas durante os três anos de EM sendo ministradas durante dois anos cada e não há menção ou referência a uma ordem de quais disciplinas serão ministradas em quais anos. Contudo, ao analisar o Quadro de Horários 2023 das Escolas do Rio de Janeiro, que pode ser acessado pelo portal eletrônico da Secretaria Estadual de Educação do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ), verificou-se que a disciplina de Física está sendo oferecida nos três anos do EM. Com isto, conclui-se que o currículo mínimo vigente no ano de 2023 é o Curriculo Mínimo de 2012 – SEEDUC-RJ.

Quadro 1- Habilidades e competências para física currículo mínimo do Rio de Janeiro para os dois primeiros bimestres

1º BIMESTRE	
Campo	Maquinas térmicas
Habilidades e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. - Compreender que o surgimento das primeiras máquinas térmicas na Inglaterra no século XVIII, as máquinas a vapor, está diretamente relacionado com a Primeira Revolução Industrial. - Compreender que o surgimento das máquinas térmicas provocou profundas mudanças na sociedade da época, seja nas relações entre patrões e empregados, seja revolucionando os transportes. - Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos. - Compreender a diferença entre temperatura e calor a partir do modelo atomista da matéria. - Relacionar o modelo atomista da matéria com os conceitos de calor, temperatura e energia interna. - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Compreender os conceitos de trabalho e potência a partir de uma máquina térmica. - Compreender a relação entre variação de energia térmica e temperatura para avaliar mudanças na temperatura e/ou mudanças de estado da matéria, em fenômenos naturais ou processos tecnológicos.
2º BIMESTRE	
Campo	Termodinâmica
Habilidades e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos. - Reconhecer que trabalho e calor são diferentes formas de transferência de energia. - Reconhecer os processos de transmissão de calor e sua importância para compreender fenômenos ambientais. - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Identificar a participação do calor e os processos envolvidos no funcionamento de máquinas térmicas de uso doméstico ou para outros fins, tais como geladeiras, motores de carro etc., visando sua utilização adequada. - Identificar o calor como forma de dissipação de energia e a irreversibilidade de certas transformações para avaliar o significado da eficiência em máquinas térmicas. - Compreender a degradação da energia evidenciada em todos os processos de troca energética. - Identificar regularidades, invariantes e transformações. - Compreender a conservação de energia nos processos termodinâmicos

Fonte: Adaptado de SEEDUC-RJ - 2012

Diante das unidades temáticas escolhidas, que compreende o estudo de Termologia (termometria, dilatação térmica, calorimetria, mudanças de estado de agregação, transmissão de calor e gases perfeitos) para serem abordado na SD, averiguou-se que os conteúdos estavam compreendidos dentre as habilidade e competências dos dois primeiros bimestres, apresentado na Quadro 1, selecionado do Currículo Mínimo de 2012 - SEEDUC RJ.

5. “FÍSICA EM 12 LIÇÕES FÁCEIS E NÃO TÃO FÁCEIS”

Está monografia baseia-se na obra de Feynman, “*Física em 12 lições fáceis e não tão fáceis*”, buscando destacar os principais motivos que justificam a abordagem adotada para realização do curso de Física de dois anos para alunos da Caltech, que o levaram a escrever a obra *Leituras em Física* e acrescentando outras informações que complementem ou exemplifiquem o tema trabalhado, a fim de tornar palpável a interpretação do fenômeno físico e compreensão dos conceitos.

Importante relembrar que o livro referenciado é na verdade um compilado de capítulos retirados do livro *Leitura em Física*, que é destinado a alunos de graduação, mas a “forma idiossincrática” de Feynman, “isso significava evitar formalismos existentes e desenvolver sua própria abordagem altamente intuitiva” (Davies, 1994, apud Feynman, 2017), possibilitou a sua formulação destinada para a divulgação científica. Seu livro hoje é reconhecido como um clássico da divulgação científica. Davies na introdução de dedicada ao livro de Feynman, define que a “ciência é uma atividade, como todo empreendimento humano, e igual sujeita à moda e ao capricho” o que contradiz do que é de “norma” o público entender o que é a Ciência:

O público tem uma ideia equivocada de que a ciência é um empreendimento impessoal, desapaixonado e totalmente objetivo. Enquanto a maioria das outras atividades humanas é dominada por modas e personalidades, supõe-se que a ciência seja restrita por regras de procedimentos consagrados e testes rigorosos. São os resultados que contam, não as pessoas que as produzem. (Davies, 1994, apud Feynman, p.11, 2017)

Porém, não deixa de ser compreensível as razões pelas quais a maioria das pessoas comprehendem ciência dessa maneira, porque deriva de uma relação que teve com a ciência durante a vida. Davies quanto ao método de abordagem de Feynman, ressalta que é incomum do que se espera de um físico: “Enquanto a maioria dos Físicos teórico recorre a cuidadosos cálculos matemáticos como guia e muleta para levá-los a território desconhecido, a atitude de Feynman era quase informal” (Davies, 1994, apud Feynman, 2017) e que esse método, basicamente, consegue suprir o que um leitor, leigo, de divulgação científica, minimamente pode esperar: “Tem-se a impressão de que ele conseguia ler a natureza como um livro e simplesmente relatar o que encontrara, sem o tédio da análise complexa” (Davies, 1994, apud Feynman, 2017).

Feynman sobre seu método, acaba por descrever como se baseia o ensino de ciências hoje, que ainda muito dependente de rigores matemáticos assim como os livros didáticos e os critica:

Você pode perguntar por que não podemos ensinar física apenas escrevendo as leis básicas em uma página e então mostrando como elas funcionam em todas as possíveis circunstâncias, tal qual fazemos na geometria Euclidiana, onde enunciarmos os axiomas e fazemos todo o tipo de deduções. (Feynman, p.33, 2017)

Foram dois motivos apontados por Feynman para o ensino de física não se prender as formulações matemáticas, o primeiro é que a uma fronteira no conhecemos até hoje, baseado no avanço da matemática e de equipamentos experimentais que limita até onde conseguimos deduzir e comprovar experimentalmente e o segundo motivo é que “enunciado correto das leis da física envolve algumas ideias pouquíssimo familiares que exigem uma matemática avançada para sua descrição” (Feynman, 2017). Ou seja, Feynman define o que chama do “princípio da ciência” como a experimentação, a observação, coleta de informações e de dados, “*O teste de todo o conhecimento é o experimento.* O experimento é o único juiz da ‘verdade’ científica” (Feynman, 2017).

No EF, Feynman aponta um dilema quanto a prática educativa, a “práxis” de Paulo Freire, do ponto de vista do que é pesquisado hoje em Física o que conhecemos e estudamos no colégio não dá conta de descrever os fenômenos que exigem uma base avançada de matemática; muitos deles não são observados, ou seja, está totalmente fora da relação cotidiana do aluno tem de percepção prévia do mundo, isso ocorre na abordagem de temas que estão além da física clássica e/ou quando observamos fenômenos que estão em uma escala de dimensão diferente do habitual, como Relatividade, que trata de grandes distâncias, altas velocidades e corpos massivos; e a Termodinâmica e a Física Quântica, que estuda a perspectiva do não se pode ser visto a olho nu, trata do “mundo atômico” e as suas interações. Com relação ao que se deve ensinar e como ensinar, Feynman se questiona sobre o que “devemos ensinar primeiro? (...) Devemos ensinar a lei *correta*, mas pouco usual, com essas ideias conceituais estranhas e difíceis (...) Ou devemos ensinar a simples lei de “massa-constante” que é apenas aproximada, mas não envolve tais ideias difíceis?”. Para os questionamentos Feynman responde:

A primeira é mais empolgante, mais maravilhosa e mais divertida, porém a segunda é mais fácil para se ter primeiro e é um primeiro passo para uma real compreensão da segunda ideia. Esse dilema surge sempre e sempre no ensino de física. Em diferentes tempos, teremos que resolver isso de diferentes formas, mas em cada estágio é válido aprender o que é conhecido agora, quão preciso é, como isto se encaixa em todo resto e como isto pode mudar quando aprendermos mais. (Feynman, 2017, p.35)

5.1 LÍQUIDO – UM MUNDO NUMA GOTA D’ÁGUA

A discussão inicial da proposta de Feynman de construir um curso de física básica para alunos de graduação em física, foi discutir sobre o que todas as coisas são formadas é um ponto de partida interessante, e serve como base para construção dos conceitos de física mais fundamentais. Ou seja, ao observarmos e descrevermos o micro, o mundo atômico, será possível reconhecer, compreender e aplicar melhor as interações e conceitos físicos em nossa dimensão e na nossa experiência cotidiana com os fenômenos que acontecem à nossa volta (Feynman, 2017).

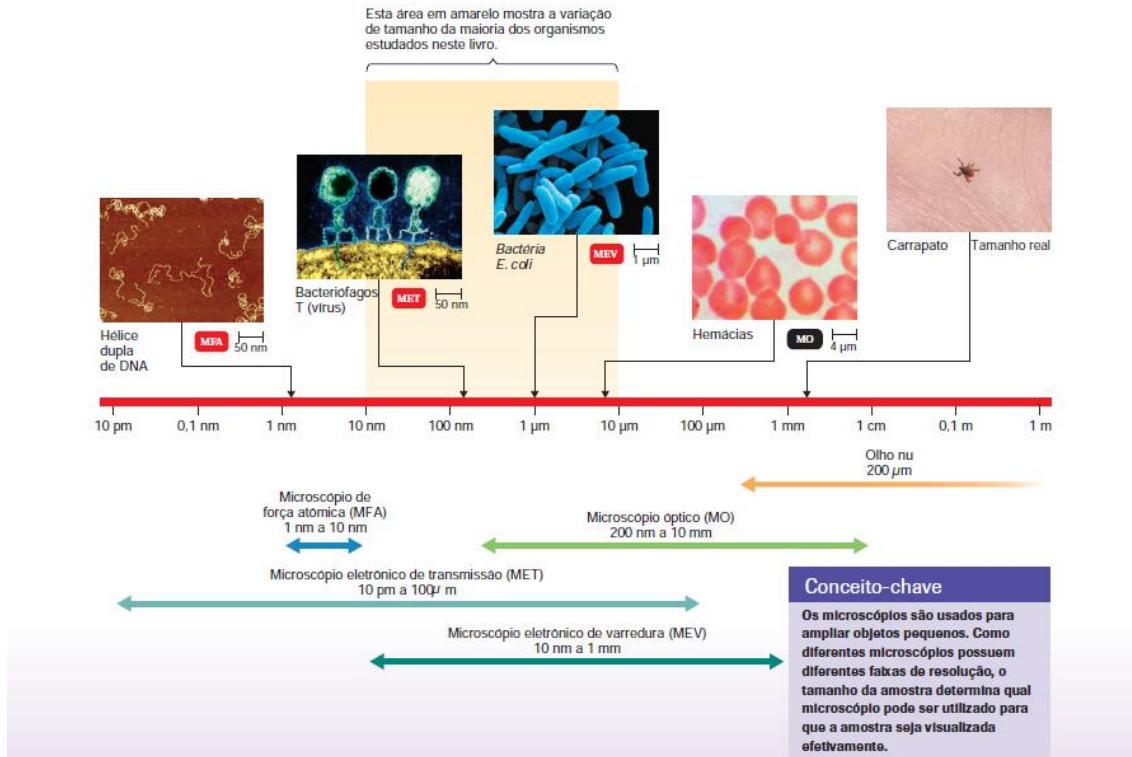
A fim de ilustrar a ideia atômica, Feynman toma como ponto de partida, algo concreto no imaginário de qualquer pessoa, uma gota d’água. E a partir dela começa sua aventura para demonstrar que a “A matéria é composta de átomos” – Título do subcapítulo que é a base da SD apresentada. Feynman começa descrevendo as relações de tamanho com exemplos concretos do imaginário popular, até chegar à dimensão onde seria possível observar os átomos e suas interações. Com isso buscou-se relacionar os fragmentos citados com as suas respectivas escalas como está na Tabela 2. Com a Figura 1, podemos analisar os modelos de microscópios hoje existentes e que auxiliam os avanços tecnológicos e científicos e correlacionar qual microscópio é adequado para observar cada fragmento citado.

Tabela 2 - Unidades métricas de comprimento e equivalentes métricos

Unidade métrica	Significado do prefixo	Equivalente métrico
1 quilômetro (km)	quilo = 1.000	1.000 m = 103 m
1 metro (m)		Unidade-padrão de medida
1 decímetro (dm)	deci = 1/10	0,1 m = 10-1 m
1 centímetro (cm)	centi = 1/100	0,01 m = 10-2 m
1 milímetro (mm)	milí = 1/1.000	0,001 m = 10-3 m
1 micrômetro (μm)	micro = 1/1.000.000	0,000001 m = 10-6
1 nanômetro (nm)	nano = 1/1.000.000.000	0,000000001 m = 10-9 m
1 picômetro (pm)	pico = 1/1.000.000.000.000	0,000000000001 m = 10-12 m

Fonte: Adaptado de Tortora, Funke & Case, (2011).

Figura 1 - Tamanhos e resoluções



Fonte: Tortora, Funke & Case, (2011)

Partindo da dimensão do que pode ser visto, Feynman, “para ilustrar o poder da ideia atomística, suponha que temos uma gota de água de aproximadamente cinco milímetros de tamanho. Se olharmos para ela bem de perto, não veremos nada a não ser água – água uniforme, contínua.” (Feynman, 2017).

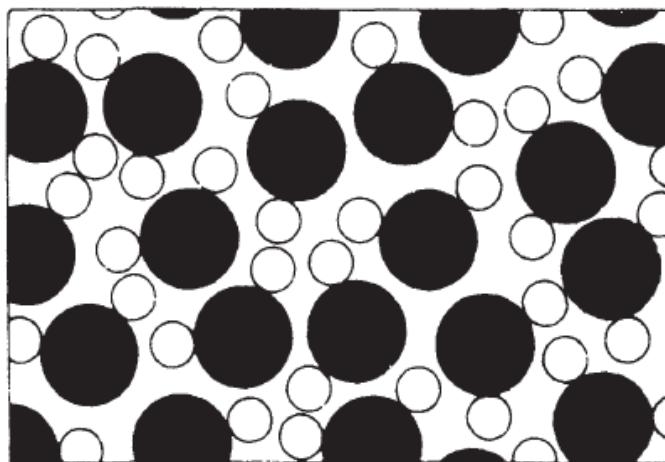
Ampliando-se duas mil vezes, utilizando um microscópio óptico, pela figura 2 com equivalente métrico de 10^{-4} , Feynman cita que:

(...)aproximadamente duas mil vezes – então a gota de água pareceria ter aproximadamente dez metros, quase do tamanho de uma grande sala, e se olhássemos bem de perto, *ainda* veríamos uma água relativamente uniforme – mas aqui e ali veríamos pequenas coisas no formato de bola de futebol americano nadando de um lado para outro. Muito interessante. Existem paraméncias. Você pode parar neste ponto e ficar tão curioso sobre as paraméncias com seus cílios se ondulando e corpos se contorcendo que você não irá adiante, exceto talvez para ampliar ainda mais a paramécia e vê-la por dentro. (Feynman, 2017, p 36).

Posteriormente Feynman, ampliar o “próprio material aquoso” mais cinquenta mil vezes, agora em equivalente métrico de 10^{-10} que é possível ser observado com a utilização de microscópios eletrônicos de transmissão e de varredura, e cita:

Agora a gota de água se estende a cerca de vinte quilômetros e se olharmos muito próximo veremos uma espécie de granulação, algo que não tem mais uma aparência uniforme – se parece com uma multidão em um jogo de futebol vista de uma distância muito grande. Na tentativa de ver do que essa granulação é feita, iremos ampliá-la mais duzentos e cinquenta vezes. (Feynman, 2017, p 36)

Figura 2 - Água ampliada um bilhão de vezes.



Fonte: Feynman (1997).

Para descrever as relações entre os átomos e moléculas de água, Feynman tendo a Figura 2 como base, afirma:

Uma outra coisa que não pode ser ilustrada em um desenho é o fato de que as partículas são "unidas" – que elas se atraem mutuamente, uma sendo puxada pela outra, etc. O grupo todo está "grudado junto", por assim dizer. Por outro lado, as partículas não se comprimem umas sobre as outras. Se você tentar comprimir duas delas muito próximas uma da outra, elas se repelirão. (Feynman, 2017, p. 36)

Após situar o leitor em qual dimensão está seu objeto de análise, Feynman expressa matematicamente como se descreve cientificamente os parâmetros do átomo como raio, que é medido em Angstrom, 10^{-8} cm. Mas o que isso realmente significa para o leitor, leigo?

Para o estudante e futuro professor cientista, saber que a escala que se mede o tamanho de raios atômicos é em angstrons é essencial, o uso do termo, angstrons já expressa o significado que foi descrito quando Feynman, no qual situa o leitor em qual é a dimensão do seu objeto observado. Mas para leitor leigo “angstrons” não passa de “apenas mais um nome” e cita outra forma de lembrar seu tamanho por meio de analogia: “Se uma maçã for aumentada até ficar do tamanho da Terra, os átomos da maçã terão aproximadamente o tamanho da maçã original” (Feynman, 2017).

Para Feynman, é importante a criação de significados novos, juntamente com novos vocábulos a fim de compreender os conceitos de leis básicas, que tendem a ser ideias sintetizadas em poucas palavras, mas que exprime um significado muito profundo. “é preciso uma boa dose de treinamento preparatório até aprender o que as palavras significam. (...) Só podemos avançar passo a passo.” (Feynman, 2017).

Não é fácil imaginar uma maçã do tamanho da terra, mas a proposta de refletir sobre, possibilita ao leitor relacionar, correlacionar, intuir, atribuir suas próprias definições sobre a dimensão em que se propõe analisar e até mesmo ressignificar o que é a palavra “Angstrons”, como algo além de só uma unidade de medida de 10^{-8} cm.

É notório que Feynman não se limitou ao que antes já tinha intitulado como “auto propagação” do conhecimento; onde coloca-se em seu livro, não como um narrador observador ou onisciente, mas sim, como narrador personagem, apresentando as indagações e às respondendo junto ao leitor num processo de investigação. Para isso se faz uso da 1^a pessoa do singular e do plural, se aproxima assim do leitor, prática essa de escrita que não é usual dentro do meio acadêmico, onde o método científico exige uma escrita na 3^a pessoa. Ou seja, destaca uma preocupação maior sobre, *pra quem eu estou escrevendo?* do que sobre o que está sendo descrito. Basicamente, é o que Feynman expressa em sua primeira conferência no Brasil em 1952 e que Gerry Neugebauer no prefácio do livro cita como “síntese de sua filosofia educacional” (Feynman, 2017): “Primeiro descubra por que quer que os alunos aprendam o tema e o que quer que saibam, e o método resultará mais ou menos por senso comum” (Feynman, 1952).

Tendo uma vez construído imágicamente o mundo átomo, Feynman começa a descrever e investigar as interações que nele acontecem e o que podemos notar do ponto de vista observacional. De forma sutil começa a elencar conceitos como: volume, calor, temperatura, movimento, força, aquecimento, resfriamento, pressão dentre outros de formas abstratas e correlacionando-as, sem definir conceitualmente o significado de nenhuma palavra, Feynman relaciona os conceitos de formar de suas definições estão ali presentes, basta um pouco de “imaginação”:

Agora imagine essa grande gota d’água com todas essas partículas ziguezagueantes agarradas e seguindo de perto umas às outras. A água mantém seu volume; ela não se quebra em pedaços, por causa da atração das moléculas

entre si. Se a gota está em um declive, onde pode se mover de um lugar para outro, a água vai fluir, mas não desaparecerá – as coisas não se desfazem simplesmente – devido à atração molecular. Ora, o movimento ziguezagueante é o que representamos por *calor*: quando aumentamos a temperatura, aumentamos o movimento. Se aquecermos a água, o zigue-zague aumentará e o volume entre os átomos aumentará, e, se o aquecimento prosseguir, chegará um momento em que a atração entre as moléculas não será suficiente para mantê-las coesas e elas se afastarão e ficarão separadas umas das outras. Claro está que é assim que produzimos vapor a partir da água – aumentando da temperatura; as partículas se afastam devido ao aumento do movimento. (Feynman, 2017, p. 37)

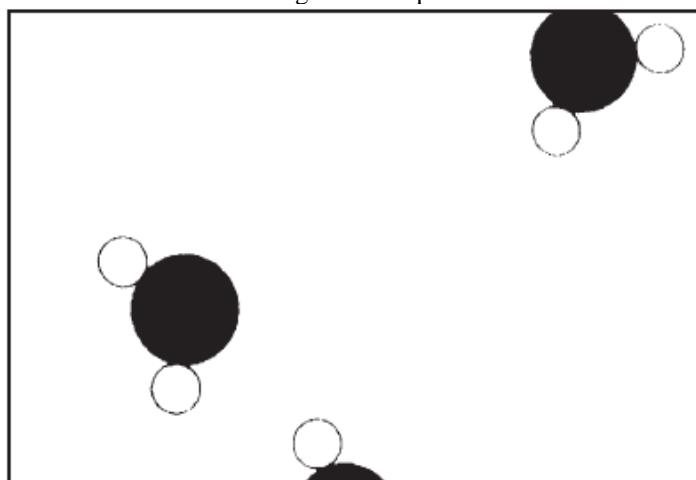
Tais conceitos, mesmo estando presente em nosso cotidiano, são visitados e revisitados em vários momentos da vida acadêmica e em diferentes disciplinas, o que dificulta uma boa compreensão, dado que são vistos de forma segregada por óticas diferentes e descorrelacionadas. Exemplo disso é o estudo de mecânica clássica nas escolas, feito de forma analítica, matematizada, os mesmos conceitos usados para descrever o mundo atômico também estão presente no ensino de mecânica clássica, mas da forma habitual ensinado há uma certa resistência por parte dos alunos, por exemplo, de correlacionar os conceitos de movimento e energia, o que Feynman conseguiu correlacionar em um parágrafo em seu livro citado acima (Feynman, 2017).

Esta dificuldade de correlação entre os conceitos da Física deve-se ao ensino ser pautado na aprendizagem e aplicação de conceitos para resoluções de problemas matemáticos desde o primeiro contato do aluno com a disciplina de Física, e não pautado nos conceitos e como se relacionam para uma compreensão de um fenômeno do ponto de vista conceitual, para sim depois, matematizar lós.

5.2 GASOSO - OS GASES PERFEITOS

Aqui iremos correlacionar os trechos de Feynman com os referentes axiomas matemáticos e conceitos. Para estudar um gás primeiramente faz-se necessário a compreensão do conceito de pressão. Dentro do método adotado de construção do raciocínio por Feynman uma construção imagética e lúdica, sem a formulação matemática. Toma-se como objeto de estudo o que é vapor, descrito ao apontar na Figura 3 as falhas de tentar reproduzir em imagens o que veríamos realmente, “imagem do vapor falha em um aspecto: na pressão atmosférica usual haveria apenas poucas moléculas em uma sala inteira e certamente não existiriam tantas moléculas, como três, nessa figura.”

Figura 3 - Vapor



Fonte: Feynman (1997).

Uma vez explicado a imagem, é apresentado em dois parágrafos o conceito de Pressão e algumas propriedades de um gás, sem uma conceituação textual definida e irrefutável. De onde serão destacados como Feynman apresenta alguns conceitos e descreve as relações matemáticas que podem ser obtidas. Feynman de forma lúdica escreve:

Imagine uma sala com um número de bolas de tênis (centenas ou mais) pulando em perpétuo movimento. Quando elas bombardearem uma parede, isso irá empurrá-la para fora. (Claro que teremos que empurrar a parede de volta). Isto significa que o gás exerce uma força de agitação, que nosso senso comum (já que não fomos aumentados um bilhão de vezes) sente apenas como um *empurrão médio*. (Feynman, 2017, p.38)

Onde podemos encontrar alguns conceitos nas entrelinhas como o conceito de Força e da 3º lei de Newton: “Quando elas bombardearem uma parede, isso irá empurrá-

la para fora. (Claro que teremos que empurrar a parede de volta). Isto significa que o gás exerce uma força de agitação”; sendo a força F , a massa m e a aceleração a , podemos descrever a força como:

$$F = m \cdot a \quad (1)$$

Para confinar um gás devemos aplicar uma pressão. A Figura 4 mostra um recipiente padrão para confinar gases, usado comumente em livros texto de física, um cilindro com um pistão sobre ele, “não faz diferença qual a forma das moléculas de água, então por simplicidade as desenhamos como bolas de tênis ou pequenos pontos” (Feynman, 2017)

Feynman define pressão quando cita:

Então muitos deles estão batendo no pistão durante todo o tempo, que para ficar parado mesmo sendo empurrado para fora devido a esse tiroteio contínuo, devemos ficar segurando o pistão com uma certa força, a qual chamamos de *pressão*. (Feynman, 2017, p. 38)

Quanto a força e sua relação com a pressão podemos descrevê-la como a pressão, P , vezes a área A do pistão é a força, F , matematicamente como:

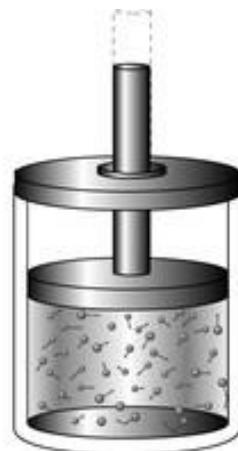
$$F = P \cdot A \quad (2)$$

$$P = \frac{F}{A} \quad (3)$$

E Feynman a descreve,

Claramente, a força é proporcional a área, pois se aumentarmos a área, mas mantivermos o mesmo número de moléculas por centímetro cúbico, aumentaremos o número de colisões como pistão na mesma proporção em que a área foi aumentada. (Feynman, 2017, p.38)

Figura 4 - Cilindro adiabático



Quanto a densidade, Feynman relata “se mantivermos o mesmo número de moléculas por centímetro cúbico, aumentaremos o número de colisões com o pistão na mesma proporção em que a área foi aumentada.” (Feynman, 2017). Interpretando o número de moléculas como massa m , podemos

Fonte: Feynman (1997).

descrever a densidade D em função de sua massa m e seu volume V , como:

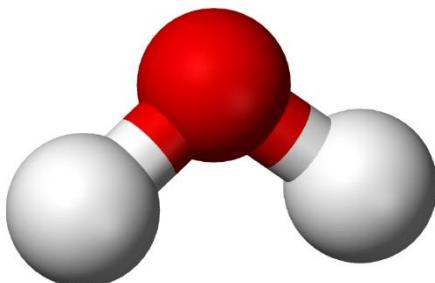
$$D = \frac{m}{V} \quad (4)$$

5.3 SOLIDO – O ‘ZERO’ ABSOLUTO

Tendo visto a perspectiva atômica das interações dos átomos e moléculas nos estados líquido e gasoso, nesta sessão abordaremos o estado sólido. Ao diminuir a temperatura o que ocorre é que movimentação ziguezagueantes das moléculas de água diminui sua velocidade, ciente que há forças de atração entre os átomos e moléculas de água, o processo de solidificação da água pode ser interpretado como a superação da força de atração sobre a movimentação das moléculas que aumenta em altas temperaturas, fazem com que haja mais espaço livre entre paras as moléculas se deslocarem. Ou seja, no estado sólido a força de atração entre as moléculas faz que as se organizem a modo a constituir um arranjo, denominado arranjo cristalino.

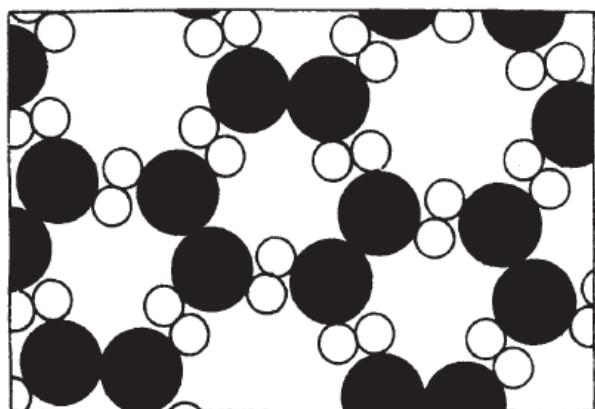
O arranjo cristalino do gelo, quando observamos a Figura 6, apresenta um arranjo hexagonal, tal arranjo só é obtido devido a estrutura geométrica das moléculas de água, que formadas a partir de duas ligações covalentes entre um hidrogênio e o oxigênio que se dispõem numa estrutura tetraédrica como ilustrado na Figura 5. Como aponta Barbosa (2015), “essas duas ligações não se posicionam linearmente como no caso da maioria dos materiais, mas formam um ângulo de 104° como se apontassem para os vértices de um tetraedro” (Barbosa, 2015). Feynman descreve a diferença entre o estado líquido e sólido é que, em um sólido os átomos estão dispostos em um certo tipo de arranjo(...), e não tem uma posição aleatória a longas distâncias; a posição dos átomos em um lado do cristal é determinada pela de outro átomo a milhões de átomos de distância no outro lado do cristal” (Feynman, 2017).

Figura 5 - Estrutura geométrica da água.



Fonte: Bem Mills

Figura 6 - Gelo



Fonte: Feynman (1997)

Devido seu arranjo cristalino o gelo tem um comportamento diferente da maioria das substâncias, “a maioria das substâncias simples, com exceção da água e de alguns tipos de metal, expande-se ao se derreter, porque os átomos estão comprimidos no cristal sólido” (Feynman, 2017), ou seja, em seu estado sólido quando colocado em dentro de um recipiente contendo seu estado líquido, que submergem.

Ao solidificar, “a água tende a se estruturar formando agrupamentos de moléculas conectadas por ligações de hidrogênio. A baixas pressões e baixas temperaturas isto dá origem a uma estrutura aberta, de baixa densidade” (Barbosa, 2015) o que faz que o gelo flutue sobre a água. O processo de derretimento é descrito por Feynman, quando a organização dos arranjos cristalinos se desfaz e os espaços livres, “buracos” na estrutura sólida do gelo, podem ser ocupados por moléculas que precisam de mais espaços para ziguezaguearem.

Porém, a água apresenta anomalias ao se solidificar, tendo duas fases líquidas a baixas temperaturas, onde a organização e fixação das moléculas de água é lenta no arranjo cristalino, conhecido como gelo amorfo, que é mais comum, do que se espera ao pensar de uma cristalização organizada. Existindo duas formas de baixa e alta densidade. Outro caso anômalo de solidificação, é o do vidro que pode ser considerado como um sólido não cristalizado, pois suas moléculas se organizam, mas não se fixam formando uma estrutura “rígida”, não sendo considerado nem sólido nem líquido.

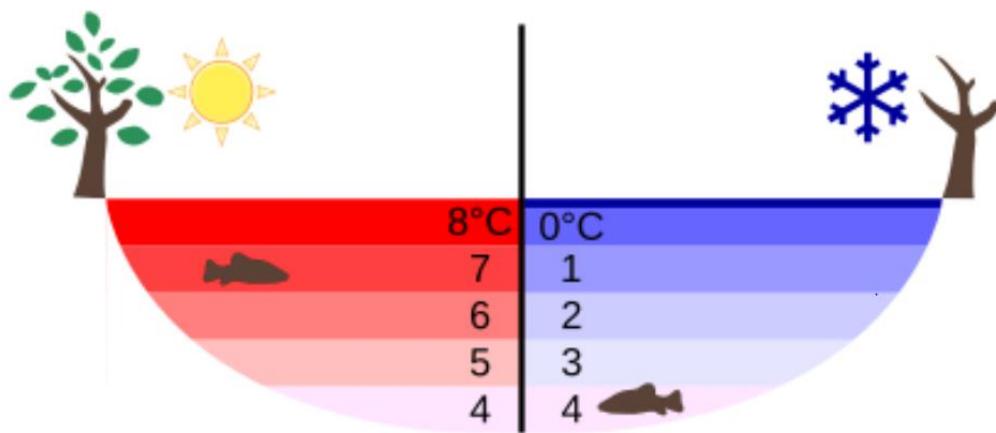
Como vimos nas seções anteriores, podemos definir calor como a movimentação ziguezagueante das moléculas e o grau de agitação dessas moléculas é possível ser

mensurada através da temperatura, porém ao se solidificar o gelo possui uma forma cristalina “rígida”, o que nos leva questionar: Se as moléculas estão fixas na estrutura sólida, não há movimentação livre de moléculas. Há calor no gelo? Feynman explica que:

os átomos não estão parados(...), todos os átomos estão vibrando ‘no lugar’. À medida que aumentamos a temperatura, vibram com amplitude crescente, até saírem do lugar. À medida que a diminuímos a temperatura, a vibração vai diminuindo até que, a zero absoluto, os átomos atingem a vibração mínima possível e não zero. Essa vibração mínima que os átomos podem ter não é suficiente para derreter uma substância, com uma exceção o Hélio. (Feynman, 2017, p. 41)

Outra curiosidade sobre a água e que será abordada na proposta de atividade nos próximos capítulos é fato do congelamento da superfície água em rios e lagos em regiões de temperaturas negativas ocorre da superfície para o fundo o que permite a sobrevivência de peixes e plantas no fundo dos rios e lagos onde a água está a 4°C como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Ilustração do que ocorre com a temperatura sob à superfície de um lago congelado.



Fonte: Klaus-Dieter

Em outras palavras o que ocorre é que com a diminuição da temperatura, a água vai se tornando menos densa, ou seja, as moléculas mais “frias”, mais lentas, vão ocupando as camadas mais superficiais dos rios e lagos ocasionando a o congelamento a partir da superfície para o fundo. A temperaturas maiores 4°C a água comporta-se como um líquido normal, em temperaturas menores tem o comportamento contra intuitivo de se expandir. “A água tem, portanto, um máximo de densidade a $T = 4^{\circ}\text{C}$ e 1 atm” (Barbosa, 2015). Quanto a manutenção da vida durante os períodos em que os rios e lagos estão congelados, é possível porque esses sistemas são dinâmicos, nos rios congelados há

presença de correntes e nos lagos através do calor obtido do leito e do solo abaixo e da camada superficial que se encontra em 4°C, ocorre o fenômeno térmico de propagação de calor, denominada convecção que é responsável pela constante troca de massas de água frias e quente.

6. PRESSUPOSTOS METODOLÓGICOS PARA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

6.1 CRITÉRIOS PARA O DESENVOLVIMENTO

Na elaboração de uma SD precisa-se de um roteiro esquematizado, com etapas interligadas, dando continuidade uma à outra, com propostas de métodos e técnicas eficazes para possível promoção de um ensino e aprendizado significativo, e ainda, de adaptação a partir do momento que posto em prática. A escolha do melhor método e técnica adequada vai depender de algumas características específicas da turma.

As características a serem analisadas diz respeito ao contexto escolar e de vida dos alunos como: a disponibilidade de tempo para sua execução; cada turma, cada sala de aula é diferente uma das outras, e estão diretamente relacionadas a fatores geográficos, econômicos, sociais etc., por exemplo a acessibilidade a ferramentas tecnológicas como: celular, computador e internet, tanto em casa como dentro do ambiente escolar – os recursos disponíveis. Tais fatores são muito relevantes para a construção da visão de mundo do aluno e cabe ao professor analisar as percepções prévias e com isso adequar à SD a realidade da turma.

Quadro 2 - Distribuição bimestral das habilidades a serem desenvolvidas no 2º ano do ensino médio pelo currículo mínimo de 2012 e do tempo disponível no calendário anual de 2023

	Nº de Habilidades Currículo Mínimo	Unidades Temáticas	Tempo Disponível Calendário Anual
1º Bimestre	9 habilidades	Maquinas Térmicas	06/02 a 05/05 59 dias 13 semanas
2º Bimestre	9 habilidades	Termodinâmica	06/05 a 07/07 44 dias 9 semanas
3º Bimestre	8 habilidades	Usinas termelétricas e hidrelétricas - Energia Térmica e Mecânica - Conservação e Transformação de Energia	24/07 a 27/09 47 dias 10 semanas
4º Bimestre	9 habilidades	Energia Nuclear - Usinas Nucleares - Reações Nucleares	28/09 a 22/12 58 dias 12 semanas

Fonte: Adaptado de SEEDUC-RJ (2012; 2022)

Para constatação da disponibilidade de aula e escolha de qual momento dentro do bimestre melhor se alocaria a SD, foi esquematizado o Quadro 2. Para sua elaboração verificou-se o Calendário Escolar de 2023 das Escolas Estaduais do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ, 2022), onde contabilizou o número de semanas por Bimestre a partir do

Curriculo Mínimo do Estado do Rio de Janeiro (SEEDUC-RJ, 2012) e se verificou o quantitativo de habilidades e competências a serem desenvolvidas no 2º ano do EM.

Para o desenvolvimento da SD, foi escolhido o 1º Bimestre do 2º ano do EM. As turmas de EM do estado do Rio de Janeiro, possuem dois tempos de aulas semanais destinadas à disciplina de física, cada tempo de aula tem duração de 50 minutos. A SD foi elaborada considerando que as aulas semanais são ministradas no mesmo dia da semana e em sequência, cada aula será de dois tempos, totalizando 100 min por aula.

Logo, de acordo com o Quadro 2, o 1º Bimestre terá 13 semanas ao total, porém não significa que será a mesma quantidade de aulas ministradas. Do total dessas semanas, precisa analisar qual dia da semana foi destinado para a disciplina de física pela escola; dos meses que compreende o bimestre, descontar os dias da semana as das que são feriados, dias destinados a provas ou outras atividades ou eventualidades que possam vir ocorrer.

Com a finalidade da SD ser adequada e possível de aplicação diante dos calendários escolares de qualquer ano e localidade, foi pressuposto um bimestre que tenha disponíveis 9 dias de aulas. O que totaliza 900 min, 15 h de aula no bimestre.

6.2 HABILIDADES E COMPETÊNCIAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A SD foi, primeiramente, planejada e elaborada empiricamente para ser devolvida durante o 1º Bimestre do 2ºano do EM, simultaneamente com as demais aulas conceituais e de resolução de exercícios, comumente ministradas. Um estudo de temas introdutórios está previsto como base para construir a conceituação da termodinâmica e de suas leis. As unidades temáticas comumente encontradas nos livros didáticos são: termometria, dilatação térmica, calorimetria, mudanças de estado de agregação, transmissão de calor e gases perfeitos.

Com base nos conteúdos, selecionamos as habilidades e competências a serem contempladas na SD. O Quadro 3 abaixo, foi construído tendo como base a BNCC e

destacada das habilidades e competências para o ensino de CNT organizadas e apresentadas no Anexo I.

Quadro 3 - Seleção de habilidades e competências abordas na sequência didática presente na BNCC

Cód. Hab	Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
EM13CNT101	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
EM13CNT102	Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.
EM13CNT105	Analizar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
EM13CNT201	Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
EM13CNT203	Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT205	Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
EM13CNT206	Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
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.
EM13CNT302	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
EM13CNT303	Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.

EM13CNT309	Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.
-------------------	---

Fonte: Adaptado de BNCC (2018)

Dos parâmetros Curriculares Mínimo pelo estado do Rio de Janeiro, foi reorganizado as habilidades e competências dos dois primeiros bimestres, selecionado os que serão abordados no 1º Bimestre e apresentados no Quadro 4. É importante destacar que as habilidades e competências previstas para o 1º bimestre pelo Currículo Mínimo (2012), não selecionadas, devem ser contempladas no 2º bimestre.

Quadro 4 - Seleção de habilidades e competências abordadas na sequência didática presente no currículo mínimo - SEEDUC RJ – 2012

1 º BIMESTRE - Termodinâmica	
Bimestre SEEDUC RJ	Habilidades e Competências
1º Bimestre	<ul style="list-style-type: none"> - Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social. - Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos. - Compreender a diferença entre temperatura e calor a partir do modelo atomista da matéria. - Relacionar o modelo atomista da matéria com os conceitos de calor, temperatura e energia interna. - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Compreender a relação entre variação de energia térmica e temperatura para avaliar mudanças na temperatura e/ou mudanças de estado da matéria, em fenômenos naturais ou processos tecnológicos.
2º Bimestre	<ul style="list-style-type: none"> - Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos. - Reconhecer os processos de transmissão de calor e sua importância para compreender fenômenos ambientais. - Compreender fenômenos naturais ou sistemas tecnológicos, identificando e relacionando as grandezas envolvidas. - Identificar regularidades, invariantes e transformações.

Fonte: Adaptado de SEEDUC-RJ (2012)

Uma vez organizada e apresentadas as habilidades e competências, abordaremos a construção da SD. Com a finalidade de síntese e compreensão, será inicialmente apresentada uma versão reduzida da SD, que pode ser usada como base para adequação do professor de física à sua realidade de escolar a respeito do quantitativo de aula no bimestre.

Nessa seção será analisado os objetivos geral e específicos que se espera alcançar em cada momento da SD, desenvolvendo e descrevendo suas etapas e atividades propostas. Posteriormente, será apresentada uma proposta de adequação da SD ao Bimestre, com o detalhamento da SD e descrição das etapas e atividades, e das contribuições à relação professor/aluno e às dinâmicas das aulas tradicionais conceituais e de resolução de exercícios.

7. PROPOSTA DE ATIVIDADE

7.1 DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A SD foi segmentada em quatro etapas, nesta seção apresentam-se os objetivos de cada uma. Em suma, podemos ver no Quadro 5 como foi esquematizada e o tempo mínimo destinado à cada etapa.

Quadro 5 - Proposta Metodológica

Etapa 1- Apresentação da proposta didática e dos recursos educacionais.	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação da Proposta de Atividade e Formação dos Grupos; • Aplicação do Questionário Investigativo • Problemático e levantamento de hipótese • Apresentação dos recursos didáticos: Fluxograma (mapa Conceitual) e utilização de Applets – (Software de Simulação)
Duração Mínima	2 tempos de aula de 50 min – 100 min
Etapa 2 - Fundamentação Teórica	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Aula expositiva sobre Primeiras Noções de Termodinâmica – O mundo atômico • Orientação aos Grupos
Duração Mínima	2 tempos de aula de 50 min – 100 min
Etapa 3 – Parte Prática	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Apresentação dos Grupos;
Duração Mínima	2 tempos de aula de 50 min – 100 min
Etapa 4 – Consolidação e Apresentação de Resultados	
Objetivos	<ul style="list-style-type: none"> • Construção do material paradidático a partir da produção textual dos grupos; • Reaplicação do Questionário Investigativo
Duração Mínima	2 tempos de aula de 50 min – 100 min

Fonte: Autor (2023)

Na Etapa 1, pretende-se que os alunos entendam a proposta da SD, os seus momentos e objetivos de cada um deles. Será realizado um Questionário Investigativo, o detalhamento das atividades e apresentação dos recursos didáticos que deverão ser usados no trabalho em grupo.

Na Etapa 2, será realizada uma aula expositiva com base no texto paradidático escolhido, trecho do livro: *12 Lições de Física Fáceis e não tão fáceis*, de Richard Feynman, com objetivo de apresentar e definir o comportamento do mundo atômico. O trabalho em grupo é baseado na interpretação atômica dos conteúdos a ser ministrado no bimestre.

A Etapa 3, consiste na apresentação dos Grupos. Os trabalhos em grupos e seus temas foram pensados com a finalidade de trazer a perspectiva dos alunos acerca dos conteúdos iniciais do estudo da Termodinâmica: Termometria; Dilatação Térmica, Calorimetria, Mudança de estado de agregação, Propagação de Calor e Estudos dos Gases.

Na etapa 4, será novamente aplicado o questionário investigativo, a fim do professor avaliar a aplicação da SD e o desenvolvimento do conhecimento do aluno. E também compilar, a partir dos trabalhos dos próprios alunos, um material paradidático que servirá como um roteiro de estudos sobre os conteúdos introdutórios de Termodinâmica e revisão da disciplina.

A SD tem como objetivo condicionar aos alunos construírem suas próprias interpretações do mundo ao redor pela ótica do mundo atômico. Toda a base do conhecimento de termodinâmica foi concebido de forma empiria, desde os primórdios como as primeiras contribuições filosóficas pré-socráticas que moldaram a hipótese atômica e as contribuições a respeito do calor, teoria do flogisto ou flogístico do século XVII e teoria do Calórico do século XVIII, concepções de abortavam o calor, respectivamente, como essência e substância.

7.2 DETALHAMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

De acordo com a Quadro 2 foi estipulado o tempo mínimo destinado a cada etapa, e como foi dito anteriormente neste capítulo e de acordo com o calendário anual do estado do Rio de Janeiro para 2023, nessa sessão será feito a adequação da SD ao tempo disponível no 1 bimestre de 2023 para escolas estaduais do Rio de Janeiro.

Com a finalidade de corroboração da SD, como algo possível de aplicação, será apresentado nas tabelas a seguir cada etapa dividida em seus momentos e a destinação

sugerida para quando SD compreender todo o bimestre, como também o tempo estipulado para cada momento dentro de um dia de aula de dois tempos cada de 50 minutos cada um, totalizando 100 minutos por dia, durante 9 dias de aula, 9 semanas.

Na etapa 1, foi confeccionado o Quadro 6, como também são os primeiros contatos entre professor /aluno e do aluno com o tema de estudo da disciplina, é planejada uma aula expositiva com os objetivos de apresentar aos alunos a disciplina, a proposta didática do período e os recursos didáticos que deverão usar para montar seus trabalhos; e aplicação de um questionário investigativo a fim de fazer um levantamento das percepções prévias dos alunos. Que funciona como uma forma do professor reconhecer e atribuir características da turma, como: escrita, conhecimento de noções básicas teóricas e conceituais da física, entrosamento com a disciplina etc.

Quadro 6 - Etapa 1

Aula 1 - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 20 min	Apresentação da disciplina e da Proposta de Atividade de todo o Bimestre (Apêndice A); Formação dos Grupos;
2º Momento 20 min	Aplicação do Questionário Investigativo (Apêndice B) - Levantamento das concepções prévias dos alunos a respeitos dos conteúdos que serão estudados no Bimestre
3º Momento 30 min	Apresentação do livro: 12 lições de física: Fáceis e não tão Fáceis e do site: Phet Colorado. Será exposto aos alunos o texto paradidático utilizado no bimestre e o uso de simuladores como ferramenta didática e orientando para que sejam estudados simultaneamente.
4º Momento 30 min	Problemático e levantamento de hipótese - Mapa Conceitual: Fenômenos Termodinâmicos (Apêndice - C). Os alunos serão orientados a debater sobre fenômenos sugerir hipóteses e pesquisar informações que possam corroborar ou refutar suas hipóteses
Atividade Aula 1	Fazer um levantamento de palavras que não conhecem o significado a partir da leitura do texto paradidático e trazer as definições encontradas no dicionário;

Fonte: Autor (2023)

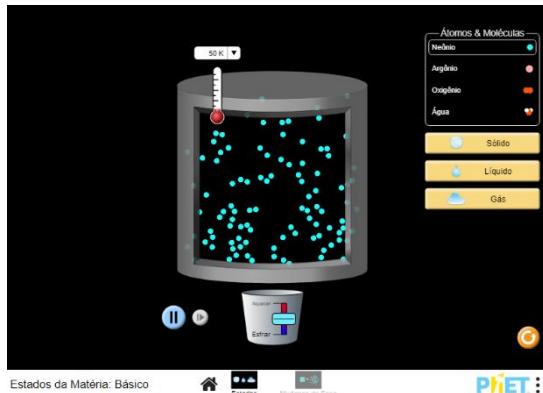
No primeiro momento será apresentado a proposta de SD e das atividades do bimestre. Para isso elaborou-se um arquivo com um resumo da SD e dos trabalhos a serem realizados pela turma (individualmente e em grupo) Apêndice I. O detalhamento de cada trabalho feito será feito em cada momento específico aqui apresentado.

No segundo momento será aplicado o questionário investigativo, sobre as percepções dos alunos a respeito dos principais conceitos da termodinâmica: temperatura, calor, energia, pressão, sensação térmica etc. O mesmo questionário será aplicado em dois momentos, no primeiro a fim de levar as concepções prévias e no segundo a fim de avaliar o desenvolvimento do conhecimento dos alunos. Vale destacar a presença de linhas em todas as questões, mesmo as múltiplas escolhas. Nesse primeiro momento não será uma exigência que os alunos descrevam e justifiquem as respostas com um número mínimo de linhas.

No terceiro momento, será apresentado o texto paradidático, como também uma breve apresentação sobre o autor, suas contribuições para a ciência e sua forma de escrita lúdica, abstrata e contextualizada. Nesse momento é descrito também a primeira atividade – Atividade 1 dos alunos baseado no texto e uso de *software, applets* que possibilitam a simulação de fenômenos físicos. Será apresentado o site Phet Colorado, site produzido pela *University of Colorado Boulder*, que reunia vários applets com simulações na área de CN e matemática.

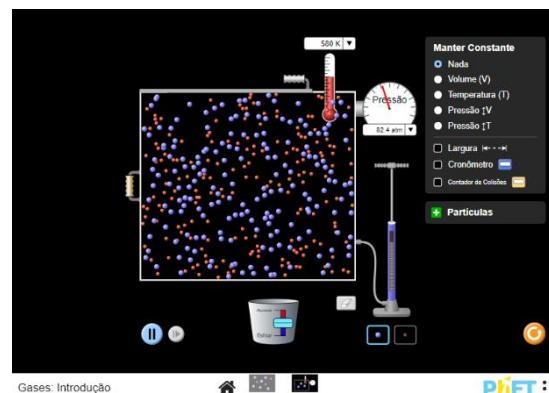
A atividade 1 consiste em fazer a leitura do texto paradidático usando simultaneamente os simuladores, *Applets*: “Estados da Matéria: Básico”, Figura 8 e “Gases: Introdução”, Figura 9; e fazer um levantamento das palavras encontrada no texto que não sabem o significado. Em relação a simulação os alunos devem descrever o que acharam do uso do *applet*, como também as suas observações ao tentarem simular o que está descrito no texto paradidático, e em relação às palavras os alunos devem tomar nota de suas definições no dicionário.

Figura 8 - Simulador - Estados da matéria: Básico



Fonte: Phet Colorado (2023).

Figura 8 - Simulador - Gases: Introdução



Fonte: Phet Colorado (2023).

A atividade 2 consiste em um trabalho em Grupo, onde a turma será dividida em cinco grupos de forma aleatória, cada grupo será distribuído pelos temas de cada conteúdo a ser trabalho no bimestre: Termometria, Dilatação Térmica, Calorimetria, Mudança de estado de Agregação e Propagação de Calor.

Cada grupo deverá apresentar: uma breve introdução a certa do seu tema, contendo sua descrição atomística; escolher um fenômeno físico a respeito e montar um fluxograma que descreve o fenômeno; e selecionar quatro exercícios a respeito do tema e de natureza distinta, por exemplo: matemáticos, teórico-conceitual, análise de fenômenos naturais, interpretação de tabelas e gráficos etc. e montar seus gabaritos. E elaborar uma apresentação que poderá ou não ser feita utilizando o *Applet* como recurso didático.

No quarto momento, a partir da quinta questão do questionário investigativo, será demonstrado com base nas respostas dos alunos como montar um fluxograma a partir de uma pergunta de sim ou não. Será feita uma dinâmica a respeito do fenômeno da natureza descrito na questão: “Em locais onde as temperaturas médias são abaixo de 0°C, os lagos congelam totalmente?”, onde os alunos serão divididos entre os que responderam sim e os que responderam não e orientados a levantar argumentos que corroboram ou refutam hipóteses. O objetivo principal dessa prática é apresentar o fluxograma, como funciona um mapa mental e como fazer as correlações de ideias. Não se tem como objetivo fazer com que os alunos cheguem à descrição física exata, ou seja, o objetivo é que eles criem as suas próprias hipóteses e que ao final da dinâmica tenham construído junto ao professor um fluxograma de abram margens para diversos caminhos.

A etapa 2, será dividida em dois momentos como está expresso no Quadro 7, onde serão levantadas as palavras selecionadas pelos os alunos e as mesmas serão abordadas durante os dois momentos da aula.

Quadro 7 - Etapa 2

Aula 2 - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 80 min	Apresentação Primeiras Noções de Termodinâmica - O Mundo Atômico
º Momento 20 min	Orientação aos Grupos: Tomar nota do desenvolvimento do grupo e de como estão buscando montar suas apresentações

Fonte: Autor (2023)

No primeiro momento foi destinado a aula expositiva baseada no texto paradidático proposto, para essa aula foi montado um plano de aula que se encontra no apêndice. Para essa aula o professor fará a exposição dos fenômenos térmicos a respeito dos gases perfeitos com o auxílio do simulador, onde deverá esclarecer dúvidas sobre o uso dos *applets* e suas limitações quanto software e quanto a descrição de um fenômeno real.

No segundo momento, a turma será dividida pelos grupos formados e o professor destina atenção às escolhas dos fenômenos e de como abordarão o tema para apresentação. Nas Etapa 3 e 4, onde serão desenvolvidas: as apresentações dos grupos, a elaboração do trabalho final e apresentados os resultados e *feedback* da proposta didática, tais etapas são as que mais sofrem alterações ao condicionar a SD ao bimestre em termos de quantitativo de aula e planejamento comum das aulas tradicionais dos professores e outras propostas de atividade para compor o bimestre, que podem serem feitas pelos professores ou exigidas pela escola.

Na etapa 3, primeiramente, a fim de sintetizar e demonstrar que a SD pode ser realizada num tempo mínimo de aula, foi esquematizado o Quadro 8, que reúna as apresentações em um dia. Posteriormente traremos a etapa 3 distribuída pelo bimestre, compreendendo mais dias.

Quadro 8 – Etapa 3 – Apresentações compreendida em um dia de aula

Aula - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 1 - Tema: Termometria
2º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 2 - Tema: Dilatação Térmica.
3º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 3: Tema: Conceito de Calor e Teorias antecessoras ao calor: Flogisto e Calórico.
4º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 4 - Tema: Calorimetria e Mudança de Estado de Agregação
5º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 5 - Tema: Transferência de Calor
6º Momento 25 min	Considerações do Professor
Dia para entrega da parte textual do trabalho em Grupo	

Fonte: Autor (2023)

Com a finalidade de potencializar as dinâmicas de aula e estreitar a relação professor/aluno, para as apresentações dos trabalhos em grupos, a ideia principal do desenvolvimento da SD é que cada apresentação seja feita como a introdução de uma nova unidade temática do conteúdo, como aparece esquematizado no Quadro 9.

Quadro 9 - Etapa 3 - Apresentações compreendidas ao longo das aulas bimestrais

Aula 3 - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 1 - Tema: Termometria
1º Momento 55 min	Aula ministrada pelo Professor Temperatura; Sensação Térmica; Medida de Temperatura, Escalas Termométricas, O termômetro; Escala Kelvin - O zero Absoluto
1º Momento 30 min	Resolução de Exercícios.
Aula 4 - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 2 - Tema: Dilatação Térmica.
2º Momento 40 min	Aula ministrada pelo Professor: Dilatação Linear, Superficial e Volumétrica; Gráficos de dilatação.
3º Momento 30 min	Resolução de Exercícios.
4º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 3: Tema: Conceito de Calor e Teorias antecessoras ao calor: Flogisto e Calórico.
Aula 5 - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 4 - Tema: Calorimetria e Mudança de Estado de Agregação
2º Momento 55 min	Aula ministrada pelo Professor: Calor, Capacidade térmica, Calor Específico e Latente, Curvas de Aquecimento e Resfriamento. Trocas de calor
3º Momento 30 min	Resolução de Exercícios
Aula 6 - (2 tempos de 50 min)	
1º Momento 50 min	Resolução de Exercícios
2º Momento 15 min	Apresentação do Grupo 5 - Tema: Transferência de Calor
3º Momento 55 min	Aula ministrada pelo Professor: Processos de transmissão térmica: Condução, Convecção e Irradiação Térmica;

Fonte: Autor (2023)

Com a finalidade de que a aula seja realizada desde o princípio com a participação ativa dos alunos e que as interpretações dos fenômenos partam dos próprios alunos para os alunos, afastando assim o papel do professor de detentor e reproduutor do conhecimento, atribuído então ao professor o papel de mediador durante todo o bimestre.

Deve-se lembrar também que a presença de propostas metodológicas inovadoras não exclui o uso do modo tradicional de ministrar aula, como base na exposição de conteúdo e resolução de exercícios matemáticos e preparação dos alunos para realização de provas vestibulares. Ou seja, a SD não pode atrapalhar o desenvolvimento do conteúdo como um todo, nem a preparação prática para realização de avaliações.

Com isso, o planejamento das aulas fora organizada pelas unidades temáticas a serem abordados no bimestre, e cada unidade dividida em três momentos: No primeiro momento será realizada a introdução do conteúdo e a investigação de algum fenômeno feito pela apresentação do grupo; no segundo momento foi destinado à aula ministrada pelo professor, onde será abordado o conteúdo, formulação matemática etc.; e o terceiro momento destinado a correção de exercícios. O planejamento sequencial das aulas está destacado na tabela abaixo.

As apresentações dos cinco grupos podem ser feitas cada um em um dia, ou seja, destinando cinco dias para apresentações, porém as apresentações dos grupos 3, 4 e 5, foram reorganizados para serem ministradas em quatro dias, a fim de viabilizar um dinâmica na próxima aula após a última apresentação e condicionar a SD ao número de aulas no bimestre. Mas a organização e o tema de cada grupo ficam a cargo do professor.

A quarta etapa consiste na produção de um material didático, um roteiro de estudo sobre os conteúdos do primeiro bimestre usando o próprio aluno como referência, Apêndice III. A motivação por trás dessa etapa é dar sentido, significado ao trabalho em grupo, método didático comum usado por professores, mas em sua maioria das vezes o sentido, significado atribuído aos alunos a prática é meramente a obtenção de um conceito, uma nota.

A intenção é que esse material didático não seja totalmente comunicado aos alunos, o importante é que saibam que nas aulas destinada nessa etapa, receberam uma revisão do conteúdo, um roteiro de estudo para a prova bimestral e uma lista de exercícios.

Porém todo esse material deverá ser produzido a partir das contribuições dos alunos e dos grupos.

A quarta etapa foi elaborado para ocorrer nas 7^a e 8^a aulas, como descrito no Quadro 10, A primeira aula terá dois momentos, no primeiro momento, será reaplicado o questionário investigativo proposto, porém agora será exigido um mínimo de linhas para as respostas, as mesmas contribuíram para compor o material didático produzido pelo professor. No segundo momento, os alunos irão revisitar os conceitos teóricos da disciplina, foi destinado a um dia de aula para execução (pela tabela abaixo, sétima aula do bimestre) e também é o último dia prazo para a entrega da parte textual do último grupo.

Quadro 10 - Etapa 4

		Aula 7 - (2 tempos de 50 min)
E	1º Momento 50 min	Reaplicação do Questionário Investigativo
T	2º Momento 50 min	Gincana com resolução de exercícios de vestibular. Atividade pensada para fazer uma revisão teórica de todo conteúdo ministrado até então. Os exercícios de transmissão de calor se mostram ideal (os exercícios não exigem formulação matemática), pois são baseados em fenômenos naturais e tecnológicos que entrelaçam todos os conceitos abordados até a presente aula.
A	Aula 8 - (2 tempos de 50 min)	
4	1º Momento 60 min	Aula ministrada pelo Professor: Gases Perfeitos. Comportamento térmico e Lei geral dos Gases Perfeitos. Transformações Térmicas; Mol e Massa Molar; Equação de Clapeyron
	2º Momento 40 min	Resolução de Exercícios
	Apresentação do texto formulado a partir dos resumos de cada grupo acerca de cada tópico da disciplina, contendo: a introdução de cada tópico, conceitos, significados de palavras e interpretações de fenômenos, usando os próprios alunos como referência.	
	Aula 9 - (2 tempos de 50 min)	
	100 min	Última aula antes da avaliação Bimestral. Revisão e Resolução dos exercícios
	Aula 10	
	Prova Bimestral	

Fonte: Autor (2023)

Nessa aula será realizada uma gincana de respostas e perguntas baseado em questões de vestibular, a organização da dinâmica fica a cargo do professor e da turma. A proposta não é que haja um ganhador, mas que seja uma proposta diferente de aula, ou seja, não há a necessidade de um prêmio ou atribuição de notas a atividade. Mas pode sim ter um reforço positivo atribuído à realização da dinâmica.

A dinâmica foi escolhida para ocorrer depois da aula destinada ao conteúdo de Propagação de Calor, devido esse conteúdo ser fundamentalmente teórico e baseado na interpretação de fenômenos cotidianos. Ou seja, os exercícios abordam todo o conteúdo estudado no bimestre e entrelaçam os conceitos estudados com exemplos do dia a dia, uma forma do professor fazer uma revisão conceitual e tomar nota das dificuldades dos alunos para auxiliá-lo na produção do material didático.

Sobre o material didático, é importante que o mesmo contenha as mesmas características e modelo e escrita acadêmica: capa, dedicatória, sumários, introdução do professor de como o foi elaborado o material etc. Para cada grupo será destinado um capítulo que deverá conter a introdução do tema do grupo, a descrição do fenômeno escolhido, sua interpretação atomista dos fenômenos e o mapa conceitual ou fluxograma que o descreve. Um último capítulo será compilado os exercícios e as resoluções do grupo, a fim de montar uma lista de exercícios com um gabarito descriptivo. Um breve guia de como deve ser montado o material está presente no apêndice III.

A segunda aula também será dividida em dois momentos, no primeiro é a finalização do conteúdo com o tema de gases perfeitos. Esse tema será abordado desde as primeiras aulas do bimestre e no texto paradidático, sua formulação matemática e exercícios será realizada pelo professor. E no segundo momento será destinado a apresentação do material didático feito a partir das contribuições individuais (Questionário Investigativo) e em grupo.

A SD foi pensada para ser adequada a um bimestre de nove dias de aula, com isso a sequência foi elaborada para ter sua conclusão na 8º aula e a 9º aula destinada a revisão para a prova bimestral. É importante que o planejamento anual, bimestral ou de um SD, seja elaborado destinando tempos de exercícios durante as aulas e revisão de conteúdo para prova e tempo de folgas para qualquer eventualidade que possa acontecer e que acarrete na diminuição do quantitativo de tempo disponível.

Em relação ao método de avaliação dos alunos quanto as atividades e a SD não foi sugerida nenhuma ficando a cargo do professor defini-los com base em sua dinâmica durante a execução da SD e realidade escolar. Tais fatores que foram analisados nesse presente trabalho, pois consiste só na sugestão e descrição da sequência didático, num trabalho futuro é possível abordar sua execução de fato, dificuldades encontras diante a turma, a escola e os percalços de sua aplicação.

8. PERSPECTIVAS E CONCLUSÕES

Para efeitos de comparação, nesta monografia fez-se um recorte da educação no Brasil em duas épocas diferentes, baseado na revisão bibliográfica sobre as visitas de Richard P. Feynman ao Rio de Janeiro entre 1949 e 1966 e sua percepção sobre o ensino de ciência no Brasil e na análise dos textos que compõem a bases da educação brasileira e que norteiam a reforma do EM e com alguns trabalhos de pesquisas no ensino de ciência.

Vemos que as Feynman lança crítica principalmente quanto ao EM baseado na memorização e que o ensino não levava em conta que os estudantes não pretendiam continuar em carreiras acadêmicas, como ressalta Moreira (2018), e outras críticas específica a graduação de físicos e engenheiros, mas que podem ser estendidas sobre o ensino fundamental e médio: a pouca flexibilidade curricular, a pouca interação entre as relações entre professor/aluno e de ambos como o fenômeno estudado, a ausência de atividades experimentais, a má qualidade de dos livros didáticos e a má remuneração salarial dos professores.

Atualmente vemos que a educação no Brasil passa por várias reformulações quanto a seus documentos oficiais e reguladores de ensino, neles estão contidos a premissa de um ensino integrado, interdisciplinar e determinando o papel do aluno como protagonista do seu conhecimento. Porém quando analisamos os impactos que cada disciplina irá sofrer para se adequar aos itinerários formativos em sua área específica do conhecimento é perceptível que tais mudanças não estão de acordo com o que as pesquisas em ensino apontam e nem se condiciona ao professor que hoje atua nas escolas.

De acordo com o referencial teórico, neste trabalho apresentado, ao que diz respeito a área de CNT, que reúne as disciplinas de Biologia, Física e Química, nota-se um despreparo na formação dos professores para se adequar a essa nova realidade. Segundo Mozena e Osterman, a interdisciplinaridade pode “acabar de uma vez por todas com um EM propedêutico apenas focado em listas enormes” (Mozena e Ostermann, 2014) e os mesmo defende a interação e a colaboratividade entre as disciplinas e entre os personagens que compõem a dinâmica escolar, mas não defendem a extinção das disciplinas com a integração curricular por área.

Do ponto de vista legal, a integração curricular já é uma realidade nas escolas brasileiras e já existem propostas públicas a respeito do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e dos livros didáticos que deverão ser reformulados para reforçar a integração curricular. Mas em contrapartida, não há propostas públicas que auxiliem os professores já formados a essa nova realidade, muito menos uma reformulação do ensino superior quanto a formação de novos professores. É possível encontrar pesquisas em educação a respeito de currículo interdisciplinar para licenciatura em CN, preocupação que parte dos pesquisadores de educação e não das organizações governamentais. Mozena e Ostermann conclui-se que a interdisciplinaridade é apropriada e a respeito da disciplina e conteúdo de Física, “esse papel de integração caberá aos professores, em sua maioria não formados em física e que não estão preparados para o ensino interdisciplinar” e fazem a seguinte indagação: “Será mesmo esse destino que queremos?” (Mozena e Ostermann, 2014)

Com base nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica e nas pesquisas em EF é fato que novas abordagens de ensino surgiram junto a ela as críticas dos pesquisadores a essa nova realidade. E é notório que das críticas feitas por Feynman ainda são atuais, muito já foi pensado e feito para atendê-las, porém todas ainda se fazem presente em menor ou maior grau. Como ironiza Moreira (2018): “o lema ‘na prática na teoria é outra’ ainda se aplica grande parte ao EF das escolas brasileiras” e ressalta que aspectos como o “salário dos professores” e um “ensino que se massificou” tiveram suas “intensidades ampliadas”.

A SD pode ser considerada como um recurso didático eficiente para o processo de aprendizagem, pois possibilita a integração curricular e a interdisciplinaridade, premissas que foram adotadas para nortear as reformas educacionais brasileiras nos últimos anos. A SD desenvolvida neste estudo baseou-se na obra “*12 lições de física fáceis e não tão fáceis*” (2017) de Feynman, objetivou-se promover maior interação entre o professor/aluno/conteúdo, aproximar aluno do estudo de ciências, colocá-lo como protagonista de seu conhecimento norteando aula sugerindo exemplos fenomenológico e iniciando a discussão de cada tema de aula. Ou seja, a intenção neste trabalho é afastar o professor do seu papel de mediador e fazer com que as situações-problemas trabalhadas em cada aula partam dos interesses dos alunos.

A breve análise dos referenciais teóricos resultou na proposta desenvolvida que teve como foco estudar as turmas de segundo ano do EM e preocupação em construir uma sequência viável de aplicação, que não exijam a necessidade de laboratório experimental, laboratório de informática entre outros recursos didáticos, só a utilização do celular para executar a simulação e que pode ser realizado em casa. Outra preocupação a ser suscitada é a detalhamento da elaboração da SD e possibilidade de adequação a diversos cenários de calendários anuais.

A SD objetivou investigar as percepções prévias dos alunos sobre os principais conceitos de ciências, conceitos usuais e presente desde muito novo no cotidiano do aluno e desenvolver essas percepções no decorrer de sua execução, fomentando-os a contribuirativamente durante as aulas que compõem o primeiro bimestre e o estudo das primeiras noções de Termodinâmica. Em destaque, preocupou-se em estruturar a base teórica fundamental para compreender o mundo atômico e construir os conceitos físico para possibilitar os alunos sugerirem suas próprias hipóteses de interpretações de fenômenos e as discutirem suas perspectivas dentro de sala de aula promovendo a interação entre os alunos e seus próprios conhecimentos.

Dessa forma, pretende se com esse trabalho contribua para percepção do cenário atual da educação, a fim de promover um debate mais crítico de professores, que possa servir para servir como ponto de partida de práticas pedagógicas, contribuir com o desenvolvimento das percepções dos alunos a respeito dos temas abordados e como os desenvolvimentos de mais trabalhos de pesquisas com sugestões de SD e novas propostas pedagógicas para o EF no ensino fundamental e médio.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Ministério da Educação. Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei de Diretrizes e Bases Da Educação Nacional. Brasília, DF: Senado Federal. 1996. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/70320/65.pdf>>. Acesso em: 21 de janeiro de 23.

BRASIL. Ministro da Educação. Plano Nacional de Educação Lei nº 13.005/2014. 2014. Disponível em: <<http://pne.mec.gov.br/18-planos-subnacionais-de-educacao/543-plano-nacional-de-educacao-lei-n-13-005-2014>>. Acessado em: 21 de janeiro de 23.

BRASIL. Ministério da Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília. 2000. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro04.pdf>>. Acessado em: 21 de janeiro de 23.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria Nº 521, De 13 De Julho De 2021. Brasília. 2021. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-n-521-de-13-de-julho-de-2021-331876769>>. Acesso em: 21 de janeiro de 23.

BRASIL. Ministério da Educação. Portaria no - 592, de 17 de junho de 2015. Diário Oficial da União, [s.l.], p. 1, 2015. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=21361-port-592-bnc-21-set-2015-pdf&Itemid=30192>. Acessado em: 21 de janeiro de 23.

BRASIL. Ministério da Educação. Base nacional comum curricular: educação é a base. Brasília: MEC/SEF, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf>. Acesso em: 21 de janeiro de 23.

COSTA, W. L. DA; RIBEIRO, R. F.; ZOMPERO, A. D. F. **Alfabetização Científica: diferentes abordagens e alguns direcionamentos para o Ensino de Ciências.** Revista de Ensino, Educação e Ciências Humanas, [s.l.], v. 16, no 5, p. 528-532, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.17921/2447-8733.2015v16n5p528-532>>. Acesso em: 06 de junho de 2023.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2011.

DUARTE, Newton. **Vigotski e o "aprender a aprender": crítica às apropriações neoliberais e pós-modernas da teoria vigotskiana.** 2ª Edição. Campinas: Editora Autores Associados, 2001.

DUARTE, Newton. **Luta de classes, educação e revolução. Germinal: Marxismo e Educação em Debate.** Londrina, v. 3, n. 1, p. 128-138; fev. 2011. DOI: <<https://doi.org/10.9771/gmed.v3i1.9499>>. Acesso em: 11 de junho de 2023.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa.** [s.l.]: Papirus, 1994. 18–19 p. 37.

FAZENDA, I. C. A. **Desafios e perspectivas do trabalho interdisciplinar no Ensino Fundamental: contribuições das pesquisas sobre interdisciplinaridade no Brasil: o reconhecimento de um percurso.** Revista Interdisciplinaridade. Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade. [s.l.], nº. 1, p. 10-23, 2011. Disponível em: <<https://revistas.pucsp.br/index.php/interdisciplinaridade/article/view/16202>>. Acesso em: 11 de junho de 2023.

FERRETTI, Celso João. **A reforma do Ensino Médio e sua questionável concepção de qualidade da educação.** Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.5935/0103-4014.20180028>>. Acesso em: 08 de maio de 2023.

FEYNMAN, Richard P. **Deve ser brincadeira, Sr. Feynman! As excêntricas aventuras de um Físico;** 1º ed. editora Intrínseca, Rio de Janeiro, 2019. p.233 – 239. Acesso em: 11 de junho de 2023.

FEYNMAN, Richard P. **Física em 12 Lições Fáceis e não tão fáceis; Série Clássicos de Ouro;** Introdução: DAVIES, Paul e PENROSE, Roger – 2º ed. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 2017.

FEYNMAN, Richard P. **Lições de física de Feynman, Vol. I;** Edição definitiva, Bookman Porto Alegre, 2008.

FEYNMAN, Richard P. **Lições de física de Feynman, Vol. III;** Edição definitiva, Bookman Porto Alegre, 2008.

FRANCO, D. L. **A importância da sequência didática como metodologia no ensino da disciplina de física moderna no ensino médio.** Revista Triângulo, [s.l.], v. 11, no 1, p. 151-162, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.18554/rt.v0i0.2664>>. Acesso em: 23 de abril de 2023.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários para à prática educativa.** 25ª ed., Paz e Terra, São Paulo, 1996

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido.** 17ª ed., Paz e Terra, Rio de Janeiro, 1987.

FRIGOTTO, G. **A interdisciplinaridade como necessidade e como problema nas ciências sociais.** Ideação, [s.l.], v. 10, no 1, p. 41–62, 2008. DOI: <<https://doi.org/10.48075/ri.v10i1.4143>> Acesso em: 11 de junho de 2023.

GLEICK, James. **Richard Feynman,** Biography. Britannica, 1998. Disponível em: <<https://www.britannica.com/biography/Richard-Feynman>>. Acessado em: 01 de agosto de 2023.

GOMES, João Gabriel. **O Novo Ensino Médio começa com críticas de professores e alunos.** CTE – Centro de Tecnologia Educacional da UERJ, 2022. Disponível em:

<<https://www.cte.uerj.br/noticias/novo-ensino-medio-comeca-com-criticas-de-professores-e-alunos/>>. Acesso em: 19 de agosto de 2022.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber.** Rio de Janeiro: Imago editora, 1976. 48–49 p.

KARAM, Ricardo. **O que diferencia as Feynman lectures de livros tradicionais?** Revista Ensino de Física, 40 (4), e4204 2018. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2018-0071>>. Acessado em: 30 de maio de 2023.

KELLER, Klaus-Dieter. **Anomalous expansion of water Summer Winter, Creative Commons.** Disponível em: <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Anomalous_expansion_of_waterSummerWinter.svg>. Acessado em: 3 maio de 2023.

MARANDINO, Martha. **Tendências teóricas e metodológicas no Ensino de Ciências.** São Paulo, USP, 2002. Disponível em: <<https://edisciplinas.usp.br/mod/resource/view.php?id=231282>> Acesso em: 08 abril de 2023.

MILLS, Bem. Water 3D-balls, **Creative Commons Attribution/Share-Alike License.** Disponível em: <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Water-3Dballs.png>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

MORIN, Edgar. **Os sete saberes necessários à educação do futuro.** São Paulo: Ed. 2000.

MORIN, Edgar. **A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento.** Tradução Eloá Jacobina. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. v. 8. 128 p.

MOREIRA, Ildeu C. **Feynman e suas conferências sobre o ensino de física no Brasil.** Revista Brasileira de Ensino de Física 40. e4203 (2018). DOI: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2017-0374>>. Acesso em: 11 de setembro de 2022.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. **Integração curricular por áreas com extinção das disciplinas no Ensino Médio: Uma preocupante realidade não respaldada pela pesquisa em ensino de física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.l.], v. 36, no 1, p. 01-08, 2014a. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000100018>>. Acessado em: 22 de março de 23.

MOZENA, E. R.; OSTERMANN, F. **Uma Revisão Bibliográfica Sobre a Interdisciplinaridade no Ensino das Ciências da Natureza.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte, [s.l.], v. 16, no 2, p. 185–206, 2014b. DOI: <<https://doi.org/10.1590/1983-21172014160210>>. Acessado em: 22 de março de 23.

NOBEL PRIZE. **The Nobel Prize in Physics 1965.** Disponível em: <<https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1965/summary/>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

NOGUEIRA NETO, Joaquim Augusto. **Desenvolvendo uma sequência didática para o ensino do princípio de Arquimedes.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://www.cp2.g12.br/blog/propgpec/files/2020/12/JOAQUIMNETO2020TCC.pdf>>. Acesso em: 22 de março de 23.

OLIVEIRA, M. M. **Sequência didática interativa no processo de formação de professores.** Petrópolis, RJ: Editora Vozes, 2013. 288 p.

PHET COLORADO. **Estados da matéria: básico, Simulação Computacional.** Disponível em: <https://phet.colorado.edu//sims/html/states-of-matter-basics/latest/states-of-matter-basics_all.html?locale=pt_BR>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

PHET COLORADO. **Gases – Introdução, Simulação Computacional.** Disponível em: <https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=pt_BR>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

POMBO, O. **Epistemologia da Interdisciplinaridade.** Ideação, [s.l.], v. 10, no 1, p. 9–40, 2008. Disponível em: <https://www.academia.edu/31993489/Epistemologia_da_Interdisciplinaridade_1>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

ROSSINE, Maria Clara. **O Nobel de Física que deu aulas no Brasil – e entrou para uma escola de samba.** Revista Super Interessante, 2022. Acessado em: <<https://super.abril.com.br/sociedade/o-nobel-de-fisica-que-deu-aulas-no-brasil-e-entrou-para-uma-escola-de-samba>>. Acesso em: 21 de maio de 2023.

SANTANA, Marcelo da Fonseca. **Aprendizagem significativa em David Ausubel e Paulo Freire: regularidades e dispersões.** 2013. 84 f. Dissertação (Mestrado em Educação). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/tede/4712>>. Acesso em: 09 de novembro de 2022.

SANTOS, C. A. **Desafios para a interdisciplinaridade no ensino das ciências da natureza.** Revista Thema, [s.l.], v. 15, no 2, p. 363–370, 2018. 014. DOI: <<https://doi.org/10.15536/thema.15.2018.363-370.9>>. Acesso em: 11 de junho de 2023.

SANTOS, C. A.; VALEIRAS, N. **Curriculum interdisciplinar para licenciatura em ciências da natureza.** Revista Brasileira de Ensino de Física, [s.l.], v. 36, no 2, p. 1–12, 260. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S1806-11172014000200021>>. Acesso em: 21 de maio de 2023.

SANTOS, Fabíola de Almeida. **Um breve panorama sobre a interdisciplinaridade na área de ciências da natureza e sua contribuição na elaboração de uma sequência didática.** Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <<http://www.cp2.g12.br/blog/propgpec/files/2020/12/FABIOLOASANTOS2020TCC.pdf>>. Acesso em: 13 de agosto de 22.

SEEDUC-RJ. **Curriculum Mínimo 2012.** Disponível em: <<https://cedcrj.files.wordpress.com/2018/03/fc3adsica.pdf>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

SEEDUC-RJ. **Resolução SEEDUC Nº 6138-07-12-2022 Calendário Escolar 2023.** Disponível em: < <https://www.seeduc.rj.gov.br/cidad%C3%A3o/calend%C3%A1rio-escolar>>. Acesso em: 05 de junho de 2023.

STUDART, Nelson. **Professor Ricardo' Feynman: contribuições ao ensino de física.** Revista Física na Escola, v. 16, n. 2, 2018. Disponível em: <<http://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num2/a03-low.pdf>>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2023.

ZABALA, Antoni. **A Prática Educativa: Como Ensinar.** Porto Alegre: Artmed, 1998.

**10. ANEXO I - HABILIDADES E COMPETÊNCIAS DA ÁREA DE CIÊNCIAS
DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PREVISTA PELA BNCC**

Cód. Hab	Habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias
EM13CHS606	Analisar as características socioeconômicas da sociedade brasileira - com base na análise de documentos (dados, tabelas, mapas etc.) de diferentes fontes - e propor medidas para enfrentar os problemas identificados e construir uma sociedade mais próspera, justa e inclusiva, que valorize o protagonismo de seus cidadãos e promova o autoconhecimento, a autoestima, a autoconfiança e a empatia.
EM13CNT101	Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.
EM13CNT102	Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.
EM13CNT103	Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.
EM13CNT104	Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.
EM13CNT105	Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.
EM13CNT106	Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

EM13CNT107	Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos - com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais -, para propor ações que visem a sustentabilidade.
EM13CNT201	Analizar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
EM13CNT202	Analizar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT203	Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT204	Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).
EM13CNT205	Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
EM13CNT206	Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
EM13CNT207	Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
EM13CNT208	Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.

EM13CNT209	Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como <i>softwares</i> de simulação e de realidade virtual, entre outros).
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.
EM13CNT302	Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
EM13CNT303	Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
EM13CNT304	Analizar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
EM13CNT305	Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
EM13CNT306	Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
EM13CNT307	Analizar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.

EM13CNT308	Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.
EM13CNT309	Analizar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.

11. APÊNDICE I – ATIVIDADES E PROPOSTA PARA O BIMESTRE

Atividade 1: Estudo Dirigido sobre o Texto Paradidático

A atividade consiste na leitura do texto paradidático, fragmento retirado do livro: “*12 Lições de Física, fáceis e não tão fáceis*”, escrito por Richard P. Feynman. Simultaneamente como a utilização da simulação: “*Gases: Introdução*”. acessado pelo site: phet.colorado.edu/pt_BR/. Da leitura, deverá se tomar nota das palavras e termos desconhecidos e buscar seus significados.

O texto paradidático pode ser dividido pela descrição de três fenômenos físicos, o comportamento atômico da Água (líquido), do Vapor (gasoso) e do Gelo (sólido). A turma vai ser dividida em três partes iguais, cada parte será responsável por um estado físico da água. Cada aluno deverá elaborar seu próprio fluxograma, que descreve o estado da matéria sorteado e o explicar com suas palavras

A parte textual deve conter:

- Palavras e termos desconhecidos e seus significados;
- Mapa conceitual;
- Descrição sobre o estado da matéria, com base no fluxograma.

Atividade 2: Trabalho em Grupo

Cada grupo será responsável por um dos conteúdos a ser abordado no bimestre. A atividade é dividida em dois momentos, a apresentação e a parte textual:

A apresentação deve conter:

- Introdução descritiva-argumentativa sobre o tema;
- Apresentação e análise de um fenômeno físico e sua interpretação atomística;
- Fluxograma que descreve o fenômeno.

PS.: A apresentação deve ser montada em slide. Para auxiliar a produção da apresentação, é sugerido que utilizem software, simulações interativas, como recurso didático, os applets podem ser acessados pelo site: phet.colorado.edu/pt_BR/

A parte textual deve conter:

- Introdução descriptiva-argumentativa sobre o tema;
- Objetivos Geral e Específicos;
- Apresentação e análise de um fenômeno físico e sua interpretação atomística;
- Fluxograma que descreve o fenômeno;
- Dicionário de termos e conceitos;
- Quatro exercícios sobre o tema; deve se modelos distintos: conceitual, matemático, interpretação de gráfico e/ou tabela etc.;
- Referências Bibliográficas.

PS.: O documento deve ser feito e entregue em word e deve ser padronizado através do método científico, seguindo as normas da ABNT. Cada grupo terá que apresentar uma prévia da parte textual no dia destinado à apresentação, onde será analisado e feito considerações e apontamento pelo professor para formalização. Após o dia da apresentação o grupo terá o prazo de uma semana para entregar a versão final da parte textual.

Distribuição e Organização dos Grupos

3º Aula Apresentação do Grupo 1 - Tema: Termometria

4º Aula Apresentação do Grupo 2 - Tema: Dilatação Térmica.

5º Aula Apresentação do Grupo 3: Tema: Conceito de Calor e Teorias antecessoras ao calor: Flogisto e Calórico.
Apresentação do Grupo 4 - Tema: Calorimetria e Mudança de Estado de Agregação

6º Aula Apresentação do Grupo 5 - Tema: Transferência de Calor

12. APÊNDICE II – PLANO DE AULA – PRIMEIRAS NOÇÕES DE TERMODINÂMICA

Informações Institucionais
Instituição de Ensino:
Professor(a):
Duração da atividade: 2 aulas de 50 minutos cada, 1 hora e 40 minutos.
<input type="checkbox"/> Ensino Fundamental <input checked="" type="checkbox"/> Ensino Médio <input type="checkbox"/> Ensino Superior
Série ou Período: 2º Ano Disciplina: Física
Conteúdos: Primeiras Noções de Termodinâmica: Perspectiva Atômica; Termologia; Calor, Temperatura e Energia Térmica.

Objetivos
Objetivo Geral
<ul style="list-style-type: none"> ● Apresentar e compreender o mundo microscópio e conceituar calor, temperatura e energia térmica, analisar o desenvolvimento histórico do conhecimento científico sobre termologia, reconhecer fenômenos em escala atômica e distinguir propriedades dos estados físicos;
Objetivos específicos:
<ul style="list-style-type: none"> ● Investigar a Termologia sobre a perspectiva microscópica em escala atômica, reconhecendo as principais interações entre os átomos; ● Identificar, compreender e distinguir as propriedades dos átomos da água em cada estado físico: sólido, líquido e gasoso; ● Identificar, conceituar e compreender propriedades dos gases: pressão, densidade e temperatura; dos sólidos: rede cristalina e energia mínima de um corpo; ● Reconhecer a evolução do conhecimento científico sobre termologia e reforçar a importância do método científico apresentando percepções históricas sobre os conceitos da termologia (metafísicas, alquímicas e etc); ● Compreender e conceituar a Calor, Temperatura e Energia Térmica.

Conteúdos
1. Microscopia: o mundo atômico, Hipótese Atômica - Perspectiva da história da ciência.

- | |
|--|
| <ol style="list-style-type: none"> 2. Os átomos numa gota de água – Calor, Temperatura e Energia Térmica; 3. Os átomos no Vapor de Água, algumas propriedades dos Gases; 4. Os átomos no Gelo; algumas propriedades dos Sólidos; 5. Zero Absoluto; 6. Teoria do Flogisto e Teoria do Calórico - Perspectiva da história da ciência; |
|--|

Metodologia

- Aula dialogada abordando curiosidades do mundo microscópico, experiências mentais e apresentando a perspectiva da história da ciência e de avanços científicos sobre a terminologia;
- Aula Expositiva com auxílio slide; Apresentação atômica de uma gota d'água e de seus estados físicos.
- Conteúdo digital: imagens e vídeos para exemplificação de fenômenos.

Recursos

- Notebook ou Computador
- Projetor de Imagem

Avaliação

Os alunos serão avaliados quanto à participação na discussão sobre o conteúdo e execução das atividades propostas durante a aula.

Bibliografia

- Livro texto:** Richard P Feynman. Física em 12 Lições, Fácil e não Tão Fáceis; Nova Fronteira, 2ºEd, 2017
- Resolução SEEDUC N° 6138-07-12-2022 Calendário Escolar 2023.
- Acesso:<http://www.rj.gov.br/secretaria/NoticiaDetalhe.aspx?id_noticia=11053&pl=seduc-publica-calend%C3%A1rio-do-ano-letivo-de-2021>
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- SEEDUC, Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. Currículo Mínimo 2012 Física. Rio de Janeiro, 2012.

13. APÊNDICE III – QUESTIONÁRIO INVESTIGATIVO

1. Leia atentamente a notícia reportada na página do Centro de Operações do Rio, no dia 05/02/2023:

Recordes dos recordes: Sensação térmica de 58°C é a maior já registrada pelo Sistema Alerta Rio

Segundo o Alerta Rio, a sensação térmica de 58°C registrada neste sábado (04/02) na estação de Santa Cruz é a maior desde 2009, quando o órgão começou a fazer a medição.

De acordo com a meteorologista do Alerta Rio Juliana Hermsdorff “a presença de ar quente em vários níveis da atmosfera, juntamente com a temperatura e umidade elevada em superfície, ocasionaram a sensação térmica na estação de Santa Cruz de 58°C. A sensação térmica é um cálculo realizado com variáveis meteorológicas medidas, para quantificação da temperatura que o corpo humano sente, de forma generalizada.”

Fonte:<https://cor.rio/recordes-dos-recordes-sensacao-termica-de-58c-e-a-maior-ja-registrada-pelo-alerta-rio/#:~:text=Recordes%20dos%20recordes%3A%20Sensa%C3%A7%C3%A3o%20t%C3%A9rmica,Rio%20%E2%80%93%20Centro%20de%20Opera%C3%A7%C3%A3o%20es%20Rio>

O que é temperatura?

O que é sensação térmica?

O que é o Calor?

Há diferenças entre temperatura e sensação térmica e/ou correlações entre elas? Caso sim, diga quais.

Histórico das sensações térmicas:

58°C no dia 04/02/2023 em Santa Cruz

55,4°C no dia 25/02/2020 em Santa Cruz

55°C no dia 21/12/2014 em Guaratiba

Maiores temperaturas registradas nas estações do Alerta Rio neste verão:

41,1°C no dia 04/02

40,3°C no dia 15/01

39,6°C no dia 31/01

Maiores sensações térmicas registradas nas estações do Alerta Rio neste verão:

58°C no dia 04/02

54°C no dia 15/01

51,1°C no dia 14/01

2. Em dias quentes as pessoas gostam de pisar em chão coberto com cerâmica pois "sentem" que é mais frio que carpete. Esta "sensação" significa que a cerâmica se encontra a uma temperatura inferior à do carpete? Porque?

() Sim

() Não

3. Escolha um dos fenômenos naturais citado abaixo e formule a sua interpretação de que explique o fenômeno, lembre-se de citar argumentos que corrobore sua explicação. A sua interpretação não precisa ser baseada em dados científicos, mas em suas experiências de vida, logo, a ideia e ser criativo e formular sua própria hipótese sobre o fenômeno natural.



() Granizo



() Neve



() Nevoeiro



() Orvalho

4. Responda as perguntas a seguir:

Porque sai fumaça do gelo ou ao abrir a porta de um frízer?

Por que, em dias frios, quando falamos, sai fumaça de nossa boca?

Para saber o sentido do vento, um escoteiro umedece o dedo e o levanta. Explique o procedimento.

Num piquenique, para esfriar uma garrafa de cerveja, é mais eficiente envolve-la com um pano úmido do que mergulhá-la em água fria. Você sabe o porquê?

Se derramarmos café quente num prato, ele esfriará mais depressa do que for mantido na xícara. Por quê?

5. Em alguns locais da Terra é normal os lagos congelarem no inverno devido a queda de temperatura. Lagos onde habitam fauna e flora aquáticas.



(Foto: Paul Zizka, Caters News)

Sobre a afirmação lhe pergunto:

O lago congela totalmente?

Sim ()

() Não

Caso sim:

O que acontece com as plantas e ou peixes, todos morrem?

() Sim

() Não

Caso não:

Porque a água não congela totalmente mesmo em locais que a temperatura média é abaixo de zero graus Celsius durando todo o inverno?

Mas se lhe afirmar que nesses lagos quando descongelam existe a presença de fauna e flora, qual a explicação para os peixes não morrerem?

14. APÊNDICE IV – GUIA PARA ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

INFORMAÇÕES SOBRE A UNIDADE ESCOLAR

(Nome e logo)

Título

Nome do Professor

Nome dos Alunos

Município – Estado – Ano

AGRADECIMENTOS

Apontamentos e agradecimentos do professor à interação dos alunos e da comunidade escolar, para a aplicação da proposta didática.

RESUMO

O resumo deve ser estruturado, isto é, a informação requerida deve estar organizada em seções e identificada por divisões do texto em negrito, entre 500 e 750 caracteres.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO
2. MOTIVAÇÕES E METODOLOGIA
3. A MATÉRIA É COMPOSTA DE ÁTOMOS
 - 3.1. Líquido
 - 3.2. Gasoso
 - 3.3. Sólido
4. ATIVIDADES DOS GRUPOS
 - 4.1. Termometria
 - 4.1.1. Introdução temática
 - 4.1.2. Apresentação do fenômeno
 - 4.1.3. Fluxograma e Interpretação Atômica
 - 4.2. Dilatação Térmica.
 - 4.2.1. Introdução temática
 - 4.2.2. Apresentação do fenômeno
 - 4.2.3. Fluxograma e Interpretação Atômica
 - 4.3. Conceito de Calor e Teorias antecessoras ao calor: Flogisto e Calórico
 - 4.3.1. Introdução temática
 - 4.3.2. Apresentação do fenômeno
 - 4.3.3. Fluxograma e Interpretação Atômica
 - 4.4. Calorimetria e Mudança de Estado de Agregação
 - 4.4.1. Introdução temática
 - 4.4.2. Apresentação do fenômeno
 - 4.4.3. Fluxograma e Interpretação Atômica
 - 4.5. Transferência de Calor
 - 4.5.1. Introdução temática
 - 4.5.2. Apresentação do fenômeno
 - 4.5.3. Fluxograma e Interpretação Atômica

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES
6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO
7. ANEXO 1 - DICIONÁRIO DE PALAVRAS
8. ANEXO 2 - LISTA DE EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

1. INTRODUÇÃO

Descrever objetivamente, com fundamentação teórica, a proposta didática para o bimestre, sua relevância e originalidade no contexto e sua importância específica para o avanço do conhecimento.

2. MOTIVAÇÕES E METODOLOGIA

Explicitar os objetivos e metas a serem desenvolvidas no projeto, descrevendo os objetivos geral e específico. E um resumo com a descrição metodológica do desenvolvimento.

3. A MATÉRIA É COMPOSTA DE ÁTOMOS

Apresentar a proposta e desenvolvimento da atividade 1. A partir das produções dos alunos, compilar um único mapa conceitual e uma breve descrição e organizar nos subcapítulos abaixo

3.1. Líquido

3.2. Gasoso

3.3. Sólido

4. ATIVIDADES DOS GRUPOS

Apresentar um resumo sobre proposta e desenvolvimento da atividade 2.

Para cada grupo será destinado um subcapítulo que será dividido em três seções: Introdução temática; Apresentação do Fenômeno; Fluxograma e Interpretação Atômica.

4.1. Termometria

4.1.1. Introdução temática

4.1.2. Apresentação do fenômeno

4.1.3. Fluxograma e Interpretação Atômica

4.2. Dilatação Térmica.

4.2.1. Introdução temática

4.2.2. Apresentação do fenômeno

4.2.3. Fluxograma e Interpretação Atômica

4.3. Conceito de Calor e Teorias antecessoras ao calor: Flogisto e Calórico

4.3.1. Introdução temática

4.3.2. Apresentação do fenômeno

4.3.3. Fluxograma e Interpretação Atômica

4.4. Calorimetria e Mudança de Estado de Agregação

4.4.1. Introdução temática

4.4.2. Apresentação do fenômeno

4.4.3. Fluxograma e Interpretação Atômica

4.5. Transferência de Calor

4.5.1. Introdução temática

4.5.2. Apresentação do fenômeno

4.5.3. Fluxograma e Interpretação Atômica

5. CONSIDERAÇÕES E CONCLUSÕES

Descrever objetivamente resultados esperados e obtidos no desenvolvimento da SD.

6. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

Relacionar as obras da literatura citadas, de acordo com as normas da ABNT.

7. ANEXO 1 - DICIONÁRIO DE PALAVRAS

Reunir as palavras e as definições selecionadas pelos alunos durante a execução das atividades 1 e 2.

8. ANEXO 2 - LISTA DE EXERCÍCIOS RESOLVIDOS

Reunir os exercícios selecionados por cada grupo na atividade 2 e compilar uma lista de exercícios