INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E MATEMATICA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO DE CARGAS ELETRICAS NO ENSINO MÉDIO

SILVANA DA SILVA COSTA

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos

Rio Branco, Acre.
Abril-2020

INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E MATEMATICA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO DE CARGAS ELETRICAS NO ENSINO MÉDIO

SILVANA DA SILVA COSTA

Orientador(a): Prof. Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Aprovada por:

_____
Prof. Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos
(Presidente)

_____
Prof. Dr. Alejandro Antonio Fonseca Duarte
(Membro Titular Interno)

_____
Prof. Dr. Mateus Bruno Barbosa
(Membro Titular Externo)

Rio Branco, Acre
Abril -2020

MODELO DE FICHA CATALOGRÁFICA

S586p Silva Costa, Silvana

Interdisciplinaridade entre Física e Matemática no estudo da interação de cargas elétricas no ensino médio / Silvana da Silva Costa – Rio Branco: UFAC / AC, 2020.

Volume, p f**.:** il.; ... cm.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos

Dissertação (mestrado) – UFAC / Centro de Ciências Biológicas e da Natureza / Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós Graduação, ano.

Referências Bibliográficas: f. p-p.

1. Ensino de Física. 2. interdisciplinaridade. 3. Sequencia didática I. Silva Costa, Silvana. II. Universidade Federal do Acre, Centro de Ciências Biológicas e da Natureza, Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação. III. Título.

Dedicatória

Dedico esta dissertação a todos que contribuem para o progresso do ensino aprendizagem incentivando uma educação que forme pessoas e não somente, produção de conhecimento sem responsabilidade com uma sociedade melhor.

“Se a educação sozinha não transforma a sociedade, sem ela tampouco a sociedade muda (Paulo Freire)”.

Agradecimentos

Primeiramente a Deus, aos meus familiares, amigos e aos meus professores da pós-graduação; ao meu orientador Prof. Dr. Francisco Eulálio Alves dos Santos que contribui na minha formação como profissional e com um sonho de um país onde a educação seja a prioridade para se obter o bem, e uma sociedade mais fraterna e justa.

Agradeço a Universidade Federal do Acre (UFAC), aos meus professores enquanto acadêmica do curso de licenciatura plena em Física, a Sociedade Brasileira de Física (SBF) que através do Programa de Mestrado Nacional profissional no Ensino de Física (polo-Rio Branco) tornou possível a continuidade dos meus estudos em nível de pós-graduação, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES)- código de financiamento 001. Portaria 206/ 2018, que se fez possível à realização desse trabalho. A Escola Técnica em Saúde Maria Moreira da Rocha (ETSMMR) por permitir aplicação do produto no espaço ao decorrer das aulas Por fim, a cada pessoa durante essa trajetória que me incentivou apesar das dificuldades a permanecer no processo de ser uma profissional melhor.

RESUMO

INTERDISCIPLINARIDADE ENTRE FÍSICA E MATEMATICA NO ESTUDO DA INTERAÇÃO DE CARGAS ELETRICAS NO ENSINO MÉDIO

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Este trabalho apresenta uma sequência didática sobre interação de cargas elétricas para ser aplicada em uma escola pública de ensino Técnico em uma turma de terceiro ano da escola Técnica em saúde Maria Moreira da Rocha com o objetivo de propor e desenvolver procedimentos de ensino para promover a interdisciplinaridade do ensino de física com a matemática, mostrando aos alunos que nenhuma disciplina é isolada, apenas fragmentada, ou seja, todas as disciplinas fazem parte de um todo. O trabalho propõe uma reflexão sobre os desafios para que ocorra a interdisciplinaridade entre estas disciplinas no ensino básico. A proposta tomará como referência as recomendações dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), as Leis de Diretrizes e bases (LDB), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e as Orientações Curriculares para o Ensino da física e a contextualização dos alunos vivida na escola.

Palavras-chave: Ensino de Física, Interdisciplinaridade, sequencia didatica

Rio Branco, Acre
Abril-2020

ABSTRACT

INTERDISCIPLINARITY BETWEEN PHYSICAL AND MATHEMATICS IN THE STUDY OF ELECTRICAL LOAD INTERACTION IN HIGH SCHOOL

Abstract of Master's Thesis submitted to Programa de Pós-Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF) to attend the requirements for the degree of Mestre em Ensino de Física.

This job presents a didactic sequence on the interaction of electric charges to be applied in a third grade team of Maria Moreira da Rocha Technical Health Public School. It aims to promote and develop interdisciplinarity procedures between physics mathematics teachings, showing students that no discipline is isolated, only fragmented, that is, all subjects are part of a whole. This job proposes a reflection on the challenges for interdisciplinarity between these subjects in at elementary school. The proposal is based on the recommendations of the National Curriculum Parameters (PCNs), the Guidelines and Bases Laws (LDB), the Common National Curriculum Base (BNCC) and the Curriculum Guidelines for Physics Teaching and the contextualization of students lived in school.

Keywords: Physics Teaching, Interdisciplinarity, following teaching

Rio Branco, Acre
April- 2020

Sumário

1 INTRODUÇÃO 9

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 12

2.1 O Processo de Construção das Disciplinas Científicas 12

2.1.1 Interdisciplinaridade 19

2.1.2 Interdisciplinaridade no Currículo do Ensino Médio 22

2.1.3 O ensino de física e a interdisciplinaridade 25

2.1.4 Relações Interdisciplinares no Ensino de Física e Matemática. 26

3 INTERAÇÃO ENTRE CARGAS ELÉTRICAS 29

3.1 Atração e repulsão elétrica 30

3.1.1 Carga Elétrica 30

3.1.2 Força entre cargas elétricas pontuais – Lei de Coulomb 32

3.1.3 Campo Elétrico de uma Carga Pontual 35

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 36

4.1 Pensar e Fazer: Elaboração da Sequência didática 36

5 DISCUSSÕES E RESULTADOS 42

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS 48

REFERÊNCIAS ..... **Erro! Indicador não definido.**

Apêndice A 54

1 INTRODUÇÃO

Atualmente A educação brasileira tem sido precária e cada vez mais ineficiente para a construção de uma sociedade, sendo assim a decadência do ensino educacional brasileiro inevitável. Apesar, das vastas pesquisas que são realizadas para encontrar uma solução ou propor um pensamento crítico sobre a realidade, é perceptível que ao decorrer dos anos parece uma utopia sonhar com uma educação dita como de “primeiro mundo”. Com altíssimos índices de analfabetismo, de violência, de corrupção, de hipocrisia e de tantos outros males que todos os dias invadem as mídias.

Em contrapartida, e num flagrante contraste, temos uma Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB) considerada como avançada, acompanhada por Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) bem planejados, e agora com a reforma da Base Nacional Curricular Comum (BNCC) que surge com mudanças para melhor organizar o ensino em todo o território nacional.

Apesar desses instrumentos pedagógicos, não conseguimos, nem de longe, cumprir o Plano Nacional de Educação (PNE), que estabelece metas qualitativas e quantitativas para serem alcançadas no prazo de um decênio (IDEM)(fonte). Sendo cada vez mais aulas descontextualizadas, isoladas e com pouca interação.

No sistema educacional brasileiro a partir de 1961, com o propósito de promover as mudanças necessárias para que a educação do país se modernizasse, aprovou a primeira Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB 4.024/61). Essa Lei foi reformulada em 1996 (LDB 9.394) alterando a base comum complementada por uma parte diversificada impondo ao campo do currículo discussões específicas que se prolongou até 2016 quando foi aprovada um novo texto culminando na Lei nº 13.415/2017, que propõe a: os alunos Reforma do Ensino Médio e que deverá ser implantada de forma gradual a partir de 2018.

Em 2000, com a reforma instituída pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação de 1996 e a implementação das Diretrizes Curriculares Nacionais para

o Ensino Médio (DCNEM), a interdisciplinaridade que antes era um desafio tornou-se um princípio norteador da educação brasileira e a fazer parte da vida escolar de forma oficial. O conhecimento na atualidade tem sido construído por meio da integração de culturas e campos científicos diversos. Com a facilidade de acesso a informação, o aluno, precisa fazer uma relação dos fatos para ser capaz de pensar e agir de forma crítica. A interdisciplinaridade é uma condição necessária para estudos dos fenômenos sociais, econômicos, científicos na escola facilitando uma contextualização do ensino na vida do aluno (DCNEM, 2012).

A BNCC (Base Nacional Comum Curricular) propõe a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, o estímulo à sua aplicação na vida real, a importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida. Com isso, a educação precisa buscar novas metodologias para avançar no processo de ensino. No currículo do sistema educacional atual possui fortes características multidisciplinares, o que acaba sendo uma forma estanque e fragmentada de formação, não sendo mais compatível com os requisitos que a sociedade atual possui (BNCC,2012).

Na LDB (Lei de Diretrizes e Bases) atualizada em março de 2017, a educação nacional, tem como finalidade: “Desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”. Com essa finalidade apresentada é interessante que a aprendizagem do aluno não seja isolada, sem contextualização ou sem nenhuma relação objetiva com sua realidade. Não se trata de apresentar ao jovem a física para que ele simplesmente seja informado de sua existência, mas para que esse conhecimento se transforme em uma ferramenta a mais em suas formas de pensar e agir (PCN+ física, p.4).

Segundo Japiassú a interdisciplinaridade é uma das maneiras encontradas que permite a superação do ensino fragmentado entre as disciplinas, pois o ensino fragmentado pouco contribui a quem se pretende ensinar, afastando-o da realidade em que vive. Uma das características da interdisciplinaridade é a

posição contrária a um ensino fragmentado, que se apresenta aos pedaços, principalmente com o aparecimento de novas disciplinas que se retém aos seus conteúdos, por isso não oportunizar troca de conhecimento (JAPIASSU, 1976).

Seguindo essa tendência Olga Pombo (2004), defende que: “Assim podemos dizer que a interdisciplinaridade se trata de uma proposta onde a forma de ensinar leva em consideração a construção do conhecimento pelo aluno, que visa integrar os saberes disciplinares e não os eliminar. Não se tratar de unir as disciplinas, mas é fazer do ensino uma prática em que todas demonstrem que fazem parte da realidade do educando”.

Para Carlos, trata-se de uma prática que não dilui as disciplinas no contexto escolar, mas que amplia o trabalho disciplinar na medida em que promove a aproximação e a articulação das atividades docentes numa ação coordenada e orientada para objetivos bem definidos (CARLOS, 2006 p.7).

Para o aluno é necessário que ele tenha um objetivo traçado e que as disciplinas realizem o papel do desenvolvimento de suas habilidades com uma relação com seu cotidiano. Estudar conteúdo sem nenhuma relação com a realidade faz que o discente saiba lidar com situações abstratas e numa grande maioria não compreender o processo do ensino, mas apenas repetir modelos.

A contextualização que enfatizamos também é reforçada pelos PCNs:

> A insatisfação revela que há problemas a serem enfrentados, tais como a necessidade de reverter um ensino centrado em procedimentos mecânicos, desprovidos de significados para o aluno. Há urgência em reformular objetivos, rever conteúdos e buscar metodologia compatíveis com a formação que hoje a sociedade reclama. (BRASIL, 1997, p.15)

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O Processo de Construção das Disciplinas Científicas

Na idade média, o conhecimento científico subordinava-se às crenças religiosas, em mundo teocêntrico. Nestes termos, o ato de leitura e de escrita se limitavam ao espaço do mosteiro, na medida que apenas os monges realizavam os estudos em livros filosóficos religiosos, bem como produziam outros livros. A Igreja incumbia-se do encargo de educar, responsabilizava-se pelas escolas monaícas, escolas catedrais e palatinas. As universidades dos séculos XVII e XVIII surgiram por influência das catedrais que funcionaram sob jurisdição eclesiástica. Com a influência de Carlos Magno, o monge Alcuíno elaborou um projeto escolar, onde buscou o saber clássico, com programas de estudo a partir das sete artes liberais – o trivium, ou ensino literário, sendo, gramática, retórica e a dialética – quadrivium ou ensino científico a aritmética, geometria, astronomia e música. Além dele outros cientistas contribuíram para a ciência nesta época, que foram:

> Robert Grosseteste (1168-1253) foi considerado o fundador do pensamento científico de Oxford. Escreveu sobre temas variados como som, astronomia, óptica e geometria. Afirmava que os experimentos deveriam ser usados para verificar uma teoria, testando suas conseqüências. Alberto Magno (11931280) virou um dos Santos da Igreja Católica, obtendo o título de Doutor da Igreja. Ficou famoso por ter um conhecimento vasto e por defender a interação da ciência com religião. Em uma de suas frases famosas afirmou: “a ciência não consiste em ratificar o que outros disseram, mas em buscar as causas dos fenômenos”. Roger Bacon (1214-1294) propagou o conceito de leis da natureza e atribuiu seus conhecimentos nas áreas de mecânica e geografia. Tomás de Aquino (1227-1274) foi um frade dominicano e teólogo. Sua contribuição para a ciência do período foi ter sido responsável pela integração aristotelismo e escolástica. Duns Scot (1266-1308), membro da Ordem Franciscana formou no ambiente acadêmico da Universidade de
> Oxford um grande enfoque da relação Razão e Fé. William de Occam (1285- 1350) defendia o princípio da parcimônia. “Se há várias explicações igualmente válidas para um fato, então devemos escolher a mais simples”. Esta frase se tornou base para os conhecimentos metodológicos científico. Jean Buridan (1300-1358) foi um filósofo e religioso francês famoso e influente na Idade Média 0tardia. Sua contribuição para o período foi o desenvolvimento da teoria do Ímpeto, que explicava o desenvolvimento dos projéteis e objetos em queda livre. Nicole d’Oresme (c.1323-1382) foi um dos principais propagadores das ciências modernas. Oresme combateu fortemente a astrologia e especulou a possibilidade de haver outros mundos no espaço.

No período entre os anos de 1550 e 1770, deu-se início, a revolução científica. Nesse período foi marcado por mudanças na forma do pensamento e da fé aceitos na Europa. A ciência, até essa época, estava interligada com a filosofia. Entretanto, a necessidade de produzir explicações para os fenômenos naturais resultou em um progressivo distanciamento e separação entre filosofia e ciência, corroborados pela elaboração do modelo heliocêntrico, concebido por Nicolau Copérnico que em sua proposição advogava que o Sol está no centro do sistema solar e não a Terra. Em contraposição ao modelo geocêntrico preconizado por Claudio Ptolomeu, que representava a Terra no centro do sistema, sendo orbitada por outros planetas. O modelo geocêntrico estava em consonância com a perspectiva política e social da época e vigorou por muitos séculos. Todavia, a aceitação do modelo heliocêntrico não ocorreu sem controvérsias, sem conflitos, sobretudo, com a igreja católica, uma vez que essa concepção científica abalava o pensamento hegemônico, ao momento de sua proposição, assim como situava o ser humano em um novo patamar hierárquico no universo.

> Era geralmente aceito na Europa medieval que a terra ficava no centro de um universo finito e o sol, planetas e estrelas orbitavam em torno dela. A Física e a cosmologia que forneciam a moldura na qual estava disposta esta astronomia era basicamente aquelas desenvolvidas por Aristóteles no século IV a.C. No século II d. C, Ptolomeu projetou um sistema astronômico detalhado que especificava as orbitas da lua, do sol e de todos os planetas. Nas primeiras décadas, do Século XVI, Copérnico projetou uma nova astronomia, uma astronomia envolvendo uma terra móvel, que desafiava o sistema aristotélico e Ptolemaico. De acordo com a visão copernicana, a terra não é estacionaria no centro do universo, mas orbita o sol junto com os planetas (CHALMERS, 2000, p.99).

Como consequência dessa mudança de pensamento, passou-se a ser questionadas as posições estabelecidas pela igreja e novos estudos foram realizados para que essa visão de Copérnico fosse aceita. Surgiram então novas propostas de Galileu Galilei, René Descartes, Christiaan Huygens e Isaac Newton e nesta mesma época que ocasionaram o surgimento do renascimento cultural, da imprensa, da reforma protestante e do hermetismo que nada mais é que o estudo e a prática da filosofia oculta e da magia.

Com o surgimento do renascimento, vieram correntes de pensamento que pregavam o uso do senso crítico mais aprofundado, assim como uma atenção maior às necessidades humanas. Com esse senso crítico, o homem passou a ver mais os fenômenos naturais ao invés de levar tudo pelo que a Igreja Católica dizia.

Entre muitas mudanças que essa revolução trouxe para a ciência, está a percepção de que quando estudamos a natureza da Terra, também estamos conhecendo como ela é no Universo. A observação das manchas solares feita por Galileu em torno do ano de 1610 foi o que mais determinou a mudança de pensamento quanto ao movimento da Lua em torno da Terra, assim como dos planetas ao redor do Sol.

Ele descobriu que as manchas não pareciam estar estacionadas, movendo-se pelo disco solar com aparência irregular variando, diariamente, na opacidade e em número. Passou ainda a lançar-se contra tudo que se acreditava até então, contra a crença tradicional e argumentando sobre a doutrina ortodoxa, afirmando que esta deveria também ser testada por meio de observações confiáveis e deduções matemáticas.

Uma pessoa também muito importante para este momento foi Francis Baccon, que contribuiu para a evolução do conhecimento através da Filosofia, destacou-se com uma obra onde a ciência era exaltada como benéfica para o homem. Em suas investigações, ocupou-se especialmente da metodologia científica e do empirismo, sendo muitas vezes chamado de "fundador da ciência moderna". Sua principal obra filosófica é o Novum Organum.

Além disso, a ciência passou a ser mais aceita e ganhou muitas outras ferramentas, ganhando espaço e removendo as influências místicas da Idade Média nos pensamentos. A imprensa foi inventada por Johannes Gutenberg e, com isso, as releituras foram eliminadas, mantendo cópias dos originais a todos que a quisessem, sem interpretações equivocadas.

No entanto, um fato interessante é que o método cientifico já teria sido aplicado por Ibn al-Haytham (965-1040), nascido na cidade iraquiana de Basra durante o califado abássida. Ele viveu cerca de 100 anos após a criação da Casa da Sabedoria, em Bagdá. Sem dúvida, a cultura de aprendizagem e progresso presente no mundo muçulmano na época tinha um grande impacto sobre ele a partir de uma idade precoce. Ele estudou ciências islâmicas e logo se tornou prefeito da cidade de Basra. Durante este tempo, ele continuou a estudar, com foco em ciências e outras disciplinas empíricas

A metodologia científica se reforça no pensamento de Descartes de um raciocínio dedutivo “penso, logo existo”, que foi posteriormente desenvolvido de forma empírica pelo físico inglês Isaac Newton. Descartes propôs chegar à verdade através da dúvida sistemática e da decomposição do problema em pequenas partes, características que definiram a base da pesquisa científica: “compreendendo-se os sistemas mais simples, gradualmente se incorporam mais e mais variáveis, em busca da descrição do todo”.

Descartes em seu livro “O Discurso do Método” defende o pensamento positivista que é baseado no pensamento dedutivo. Descartes defende que a verdade é racional, objetiva e não considera o observador. Se é então o fim do positivismo, acredita-se que o novo paradigma é baseado na complexidade, ou seja, na ideia de que tudo é conduzido por princípios que permitem e defendem a existência de caos e do ruído e das emoções na busca da verdade a partir do momento em que se admite a inseparabilidade dessas do ser humano, o observador.

O princípio da fragmentação foi que a prática pedagógica se organizar nos moldes da disjunção dos pares binários: simples-complexo, parte-todo, local-global, unidade-diversidade, particular-universal; em contrapartida, cristalizou-se a subdivisão do conhecimento em áreas, institutos e departamentos, cada qual delimitado pelas fronteiras epistemológicas. Segundo Morin (1991, p. 123), a soma do conhecimento das partes não é suficiente para se conhecer as propriedades do conjunto, pois o todo é maior do que a soma de suas partes.

Morin diz que no desenvolvimento da maneira de pensar da modernidade, formou-se uma concepção de razão que ele denomina de “razão fechada”. Essa é a razão que se prende ao simples ou, mais precisamente ao simplificado por modelos de pensamento redutores. Diz que, segundo Bachelard, “não há nada simples na natureza, só há o simplificado.” (1998, p. 176). “A razão fechada era simplificadora.” (Idem, p. 168). É o tipo de razão que rejeita “tudo o que não está submetido ao estrito princípio de economia e de eficácia.” (idem, p. 167). É uma maneira de pensar que leva a visões redutoras e fragmentadoras que, por isso mesmo, são simplificadoras do real. Essa norma curricular tem provocado a incapacidade de estabelecer relações entre os conhecimentos obtidos. Como consequência dessa estrutura curricular, os alunos saem do curso com uma cabeça bem cheia (Morin, 2000) de conhecimentos justapostos.

Segundo David Bohm (1980), muitos dos nossos problemas se devem à tendência de fragmentar o mundo e ignorar a interligação dinâmica entre todas as coisas, desconhecendo o fato de que o universo é constituído como um holograma. Esta maneira de pensar especializada, nascida no Século XIX leva, no Século XX, á hiperespecialização :

> A especialização stricto sensu nasce apenas no Século XIX da aceleração galopante dos conhecimentos e da sofisticação crescente das novas tecnologias. Na segunda metade do Século XX, surge e rapidamente se impõe a hiperespecialização, provocando a multiplicação indefinida de disciplinas e subdisciplinas cada vez mais focadas em reduzidos objetos de estudo. (...) As disciplinas se tornam fechadas e estanques, fontes de ciúme, glória, arrogância, poder e atitudes dogmáticas (JAPIASSU, 2006, p. 21).

Na mesma direção diz Morin:

> A hiperespecialização contribui fortemente para a perda da visão ou concepção de conjunto, pois os espíritos fechados em suas disciplinas não podem captar os vínculos de solidariedade que unem os conhecimentos. Um pensamento cego ao global não pode captar aquilo que une elementos separados. O fechamento disciplinar, associado à inserção da pesquisa científica nos limites tecnoburocráticos da sociedade, produz a irresponsabilidade em relação a tudo o que é exterior ao domínio especializado (MORIN, 2005, p. 72-73).

Japiassu (19 76) e Fazenda (1979) estão entre os primeiros, no Brasil, a apontar para esta problemática. A crítica não é tanto à especialização, mas à especialização sem limites que Morin denomina de superespecialização ou hiperespecialização.

Às idéias de Japiassu e de Fazenda se somaram as ideias dos grupos que se dedicam ao estudo do Pensamento Complexo que tem em Edgar Morin um de seus pensadores. Ele indica como os estudos sobre interdisciplinaridade e transdisciplinaridade, no âmbito do pensamento complexo, podem trazer contribuições para a superação da fragmentação e da simplificação do saber.

A teoria da complexidade conhecida como pensamento complexo foi sistematizado por Edgar Morin (1991), e a transdisciplinaridade, por Basarab Nicolescu (1999). ao propor a religação dos saberes, oferece uma perspectiva de superação do processo de atomização. Libâneo, classifica a teoria da complexidade como uma corrente holística, ou seja, que busca um conhecimento integral dos fenômenos. A diversidade de modalidades apontada nessa corrente reflete a variedade de construções em relação ao contexto contemporâneo, o holismo propriamente dito, a teoria naturalista do conhecimento, a ecopedagogia e o conhecimento em rede. Sugere a superação do modo de pensar dicotômico das dualidades proveniente da visão disseminada por Descartes (1973), estimulando um modo de pensar marcado pela articulação. Aranha (1996) identificava suas características nomeando-as de paradigmas emergentes, e Gadotti (2003) chamou-os de paradigmas holonômicos.

A construção de conhecimento, segundo Morin (1998), apoia-se nos movimentos retroativos e recursivos. O autor atenta para o fato de que não há uma única maneira de aprender. O processo cognitivo é um processo complexo, uma vez que o sujeito vê o objeto em suas relações com outros objetos ou acontecimentos. As relações cerebrais estabelecem-se entretecendo-se em teias, em redes.

Como observou Machado (1999, p. 138), “a ideia de conhecer assemelha-se à de enredar. Dilema que os obriga a se exercitarem na transdisciplinaridade, termo criado por Jean Piaget, que chegou inclusive a afirmar que, um dia, a interdisciplinaridade seria superada por transdisciplinaridade (Nicolescu, 2003).

Heisenberg, através do princípio da incerteza ressalta a importância de considerar o todo para se ter uma afirmativa ideal, e nesse caso seria impossível de ocorrer. O princípio da Incerteza diz “Não é possível determinar ao mesmo tempo a posição e a quantidade de movimento de uma partícula atômica” (VÁLIO et al. , 2013, p. 251). Para a geração de físicos daquela época não foi fácil abandonar velhos conceitos da física clássica e passar a descrever os fenômenos físicos com base em conceitos sugeridos pela teoria quântica. (HEISENBERG, 1996).

Na Física Quântica, de acordo com o princípio da Incerteza, a indeterminação não pode ser desconsiderada. O ato de medir acarreta, em geral, uma mudança irreversível no sistema, que não deixa pista sobre seu estado anterior à realização da medição.

Em relação construção de conhecimento, segundo Morin (1998), apoia-se nos movimentos retroativos e recursivos. O autor atenta para o fato de que não há uma única maneira de aprender. O processo cognitivo é um processo complexo, uma vez que o sujeito vê o objeto em suas relações com outros objetos ou acontecimentos. As relações cerebrais estabelecem-se entretecendo-se em teias, em redes. Como observou Machado (1999, p. 138), “a ideia de conhecer assemelha-se à de enredar”.

Dilema que os obriga a se exercitarem na transdisciplinaridade, termo cunhado por Jean Piaget, que chegou inclusive a afirmar que, um dia, a interdisciplinaridade seria superada por transdisciplinaridade (Nicolescu, 2003). Um termo aplicado também seria, o conceito de complementaridade para descrever os fenômenos da natureza. Para a geração de físicos daquela época não foi fácil passar aos novos conceitos sugeridos pela teoria quântica. Relutou-se muito em abandonar velhos conceitos da física clássica (Heisenberg, 1996).

Assim como não foi fácil a mudança conceitual para aqueles físicos, o homem também enfrenta um ambiente que reproduz velhos conceitos, e ele

próprio é educado nos moldes duais, interpretando o mundo em termos polares e reducionistas.

2.1.1 Interdisciplinaridade

O movimento interdisciplinar surgiu na Europa, mais especificamente na França e na Itália em meados da década de 1960, época em que surgiam movimentos estudantis que colocavam em discussão a necessidade de um novo estatuto para a universidade e para a escola (FAZENDA, 1994, p. 18). Os europeus almejavam o rompimento de uma educação por fragmentos, pois estavam sentindo a necessidade de romper com uma tendência desarticulada do processo do conhecimento, justificando-se pela compreensão da importância da interação e transformações reciprocas entre diferentes áreas do saber. Objetivava-se superar o pensamento positivista da superespecialização. Assim, a prática interdisciplinar superaria o que ficou conhecido como crise da modernidade.

A crise da modernidade reveladora um tipo de relação ao mundo tradicional, que deixou de existir. A análise da crise da educação revela que os valores da “trindade romana – a religião, a autoridade e a tradição” – foram progressivamente postos em dúvida, na idade moderna, tendo depois sido erradicados no mundo atual.

> No relatório do CERI/HE/CP/69.01 (CERI é um órgão com finalidade de encorajar e desenvolver a cooperação entre os países-membros da OCDE (Organization de Cooperation et de Développement Economique) no campo da pesquisa e da inovação no ensino), organizado em dezembro de 1969 denotou basicamente a falta de uma precisão terminológica pelo preconceito no trato de questões referentes à integração e pelo desconhecimento mesmo da necessidade de certos pressupostos básicos para a interdisciplinaridade (FAZENDA, 2011, p. 53).

Guy Michaud com uma reflexão epistemológica quis esclarecer esses problemas de terminologia, com uma proposta de uma distinção terminológica em quatro níveis: multi, pluri, inter e transdisciplinar. 1970, um grupo de especialistas de alto nível, entre eles C. C. Abt, dos Estados Unidos, e E. Jantsch (perito da

OCDE — Áustria), procurou aprofundar as conclusões do encontro dando origem as definições abaixo:

> **Disciplina** — Conjunto específico de conhecimentos com suas próprias características sobre o plano do ensino, da formação dos mecanismos, dos métodos, das matérias.
> **Multidisciplina** — Justaposição de disciplinas diversas, desprovidas de relação aparente entre elas. Ex.: música + matemática + história.
> **Pluridisciplina** — Justaposição de disciplinas mais ou menos vizinhas nos domínios do conhecimento. Ex.: domínio científico: matemática + física.
> **Interdisciplina** — Interação existente entre duas ou mais disciplinas. Essa interação pode ir da simples comunicação de ideias à integração mútua dos conceitos diretores da epistemologia, da terminologia, da metodologia, dos procedimentos, dos dados e da organização referentes ao ensino e à pesquisa. Um grupo interdisciplinar compõe-se de pessoas que receberam sua formação em diferentes domínios do conhecimento (disciplinas) com seus métodos, conceitos, dados e termos próprios.
> **Transdisciplina** — Resultado de uma axiomática comum a um conjunto de disciplinas (FAZENDA, 2011, p.54).

Outra sugestão de definição e estruturação foi elaborada por Heinz Heckhausen, que fundamentou uma proposta de distinção terminológica embasandose nas disciplinas empíricas, indicando cinco formas de relações interdisciplinares. De forma sintética, os tipos de interdisciplinaridade defendidos por Heckhausen são:

> **Interdisciplinaridade heterogênea** – este tipo é dedicado à combinação de programas diferentemente dosados, em que é necessário adquirir-se uma visão geral não aprofundada, mas superficial (poderia dizer-se de caráter enciclopédico); dedicado a pessoas que irão tomar decisões bastante heterogêneas, e que precisarão de muito bom senso. Ex: professores primários e assistentes sociais.
> **Pseudo-interdisciplinaridade** – para realizar a interdisciplinaridade, partem do princípio que uma interdisciplinaridade intrínseca poderia estabelecer-se entre as disciplinas que recorrem aos mesmos instrumentos de análise. Ex.: Uso comum da matemática.
> **Interdisciplinaridade auxiliar** – utilização de métodos de outras disciplinas. Admite um nível de integração ao menos teórico. Ex: A Pedagogia, ao recorrer aos testes psicológicos para fundar suas decisões em matéria de ensino, como também, colocar à prova as teorias da educação, ou avaliar o interesse de um programa de estudos.
> **Interdisciplinaridade complementar** – certas disciplinas aparecem sob os mesmos domínios materiais, juntam-se parcialmente, criando, assim, relações complementares entre seus respectivos domínios de estudo. Exemplo: Psicobiologia, Psicofisiologia.
> **Interdisciplinaridade unificadora** – esse tipo de interdisciplinaridade advém de uma coerência muito estreita, dos domínios de estudo de duas disciplinas. Resulta na integração tanto teórica quanto metodológica. Ex: biologia + física = biofísica (HECKHAUSEN, 1972 *apud* FAZENDA, 1992, p. 30).

O termo transdisciplinaridade também recebeu contribuição do francês Edgar Morin, o qual considera que as disciplinas fechadas, encerradas em si mesmas, impedem a compreensão dos problemas do mundo. Nesse sentido, o caráter disciplinar do ensino formal dificulta a aprendizagem do aluno, não estimula ao desenvolvimento da inteligência, a capacidade de resolver problemas e estabelecer conexões entre os fatos e conceitos. Isto é, pensar sobre o que está sendo estudado implica produzir conexões e sentidos sobre os fenômenos e os objetos estudados. “O parcelamento e a compartimentação dos saberes impedem apreender o que está tecido junto”(MORIN, 2000, p. 45).

No caso brasileiro, Hilton Japiassú foi o principal investigador do termo interdisciplinaridade. Durante dois anos frequentou o espaço onde a teoria da Interdisciplinaridade estava sendo gestada, o laboratório de Jean Piaget. Foi Piaget que propôs o conceito de transdisciplinaridade, imaginando com ele, a possibilidade de transgressão dos principais paradigmas fechados das ciências convencionais da época O nível da transdisciplinaridade, como evoca a própria nomenclatura, seria o nível mais alto das relações iniciadas nos níveis multi, pluri e inter. Trata-se de um “sonho”, no dizer de Piaget, mais que de uma realidade (Fazenda, 2011, p.70).

Para Japiassú definir o termo interdisciplinaridade precisa apresentar primeiro os conceitos de multidisciplinaridade e pluridisciplinaridade. Jantsch (apud Japiassú, 1976) caracteriza o termo *multidisciplinaridade* como uma atuação simultânea de uma gama de disciplinas de mesmo nível hierárquico com objetivos múltiplos, mas sem cooperação entre si. Já o termo *pluridisciplinaridade* é definido como a justaposição de diversas disciplinas situadas geralmente no mesmo nível hierárquico e agrupadas de modo a fazer aparecer as relações existentes entre elas. Finalmente, em relação a interdisciplinaridade podemos dizer que:

> nos reconhecemos diante de um empreendimento interdisciplinar todas as vezes em que ele conseguir incorporar os resultados de várias especialidades, que tomar de empréstimo à outras disciplinas certos instrumentos e técnicas metodológicos, fazendo uso dos esquemas conceituais e das análises que se encontram nos diversos ramos do

> saber, a fim de fazê-los integrarem e convergirem, depois de terem sido comparados e julgados (Japiassú, 1976, p. 74 e 75 *apud*).

Dando continuidade aos estudos de Japiassú, a interdisciplinaridade, por sua vez, procura compreender a partir das práxis do professor, da ação coletiva num projeto em parceria. Para esta autora, a interdisciplinaridade é um processo que precisa ser vivido e exercido e se expressa como sendo uma relação de reciprocidade ou, melhor dizendo, um regime de co-propriedade, de interação, que possibilitará o diálogo entre os interessados (Fazenda,1994).

2.1.2 Interdisciplinaridade no Currículo do Ensino Médio

Ganhando força com os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, para os quais a prática deve estar aliada à contextualização do conhecimento a ser ensinado, constitui-se no princípio da nova estruturação curricular do ensino nacional.

> Os PCNs do Ensino Médio buscam dar significado ao conhecimento escolar mediante a contextualização, e evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade. (...) A reorganização curricular em áreas de conhecimento tem o objetivo de facilitar o desenvolvimento dos conteúdos, numa perspectiva de interdisciplinaridade e contextualização (PCNEM,1999, P.12;18).

Fica evidente, no entanto, que a proposta de interdisciplinaridade desses documentos não é a de extinguir o ensino disciplinar, ao contrário, é a de fortalecer a disciplinar idade, como se pode ver na seguinte citação:

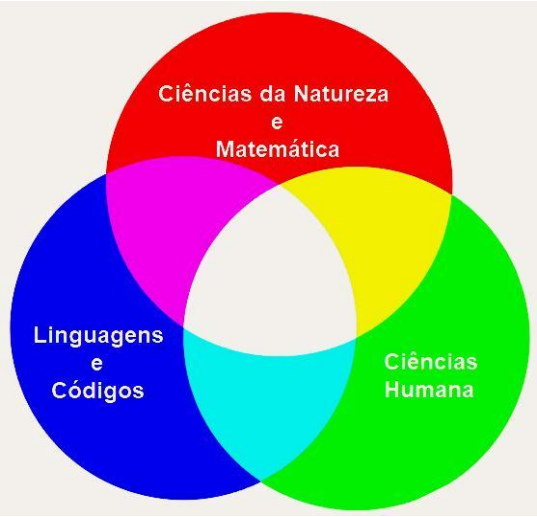
> As linguagens, ciências e humanidades continuam sendo disciplinares, mas é preciso desenvolver seus conhecimentos de forma a constituírem, a um só tempo, cultura geral e instrumento para a vida, ou seja, desenvolver, em conjunto, conhecimentos e competências. Contudo, assim como a interdisciplinaridade surge do contexto e depende da disciplina, a competência não rivaliza com o conhecimento; ao contrário, se funda sobre ele e se desenvolve com ele (PCNEM + 2002, p. 13).

Se conseguirmos trazer estas reflexões para dentro da escola, problematizaremos a ideia de que o conhecimento e o próprio mundo são fragmentados, assim como contribuindo para questionar o mundo regido por

especialistas. Vivemos num mundo em que os especialistas são os únicos consagrados a decidir sobre os problemas de sua área de atuação.

À primeira vista, documentos oficiais como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei n° 9.394/96) e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica (2002), nos dão indícios para compreendermos a interdisciplinaridade como um elemento necessário para a formação de professores. Para que se possa ter uma ilustração visual da interdisciplinaridade entre as áreas dos saberes curriculares foi elaborado um diagrama baseado no conceito da composição das cores (Figura 1).

FIGURA 1: Utilização dos diagramas da composição das cores para ilustrar que da mesma forma, a interdisciplinaridade reproduzir as novas cores do conhecimento.



FONTE: Elaborada pelo autor, 2018.

Nos estudos realizados para elaboração da organização curricular ressalta que :

> "Toda proposição de áreas ou critérios de agrupamento dos conteúdos curriculares carrega certa dose de arbítrio, todo projeto ou proposta pedagógica traduz um esforço para superar esse arbítrio e adaptar um desenho curricular de base, mandatório e comum, às características de seus alunos e de seu ambiente socioeconômico recorrendo, entre outros recursos, à interdisciplinaridade e à contextualização como recursos para lograr esse objetivo" (DCNEM,1998).

Nessa organização os Saberes das Áreas Curriculares as disciplinas foram agrupadas em três grandes áreas assim estabelecidas: Linguagens e Códigos,

Ciências da Natureza e Matemática e Ciências Humanas. Os princípios estabelecidos na organização dos Saberes das Áreas Curriculares devem seguir as orientações a seguir definidas:

Na **área de Linguagens e Códigos** estão destacadas as competências que dizem respeito à constituição de significados que serão de grande valia para a aquisição e formalização de todos os conteúdos curriculares, para a constituição da identidade e o exercício da cidadania.

Na área das **Ciências da Natureza e Matemática** incluem-se as competências relacionadas à apropriação de conhecimentos da Física, da Química, da Biologia e suas interações ou desdobramentos como formas indispensáveis de entender e significar o mundo de modo organizado e racional, e também de participar do encantamento que os mistérios da natureza que desperta a curiosidade, a indagar e descobertas. Destaca-se que a presença da Matemática nessa área se justifica pelo principal recurso de constituição e expressão dos conhecimentos, e finalmente pela importância de integrar a matemática com os conhecimentos que lhe são mais afins.

Na **Área das Ciências Humanas**, da mesma forma, destacam-se as competências relacionadas à apropriação dos conhecimentos dessas ciências com suas particularidades metodológicas, nas quais o exercício da indução é indispensável.

FIGURA 2: Visão ilustrativa do agrupamento das disciplinas organizadas por áreas de saberes.

FONTE: Ilustração elaborada pelo autor.

2.1.3 O ensino de física e a interdisciplinaridade

Um novo sentido foi dado à física no Ensino Médio com as diretrizes apresentadas no PCN, a Física, tem como finalidade construir uma visão voltada para a formação de um cidadão atuante, contemporâneo e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse contesto, a Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos (PCNs + - Ensino médio, pág.1).

No entanto, as competências para lidar com o mundo físico não têm qualquer significado quando trabalhadas de forma isolada. Competências em Física para a vida se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos. Elas passam a ganhar sentido somente quando colocadas lado a lado, e de forma integrada, com as demais competências desejadas para a realidade desses jovens. Em outras palavras, a realidade educacional e os projetos pedagógicos das escolas, que expressam os objetivos formativos mais amplos a serem alcançados, é que devem direcionar o trabalho de construção do conhecimento físico a ser empreendido (PCNs + - Ensino médio). Neste momento, a Física, abandona a ideia de apenas ser tida como memorização de formulas ou repetição para conquistar uma relação mais concreta e contextualizada com a realidade do aluno. Sendo impulsionado a um novo caminho com convergência para o desafio da interdisciplinaridade no ensino de Física.

No artigo “Interdisciplinaridade E Ensino De Física: Quais As Possibilidades?” de Erika Zimmermanna e Jairo Gonçalves Carlos, apresenta uma citação de Delizoicov e Angotti (1991) que propõem, em seu livro *Física*, uma abordagem metodológica de ensino de física para ensino médio a partir de um tema geral – *Produção, distribuição e consumo de energia elétrica*. No qual, os

autores discorrem fazendo um comentário que tal proposição traz consigo a vantagem de possibilitar a construção do conhecimento em física de forma mais integrada, uma vez que o conteúdo é organizado a partir de uma mesma problemática geral.

2.1.4 Relações Interdisciplinares no Ensino de Física e Matemática.

Os desafios do mundo contemporâneo refletidos na rápida evolução da ciência e da tecnologia demandam urgentes e profundas inovações tanto na forma, quanto nos conteúdos ensinados em todos os níveis. Isso é reflexo direto de uma sociedade cada vez mais inserida em um ambiente tecnológico e globalizado que exige que todas as pessoas recebam formação científica que lhes permitam o discernimento dos riscos e benefícios envolvidos nas inovações tecnológicas, bem como no preparo mínimo para usufruir dos produtos da tecnologia.

A necessidade da melhoria da qualidade do ensino, verificada na educação brasileira e, em particular, a melhoria da qualidade do ensino de Física, tem levado professores e pesquisadores, nas academias ou fora delas, a discutir o papel do ensino de Física no Ensino Médio e a buscar estratégias de ensino capazes de produzir resultados que permitam ao aluno adquirir uma educação escolar de qualidade. Nesse contexto, é indispensável buscar metodologias que permitam explorar da forma mais eficiente possível cada conteúdo em particular.

Nesse sentido, a interdisciplinaridade no ensino da Física vem sendo um campo de pesquisa há anos. Nas décadas de sessenta e setenta do século passado parecem ter sido propícias para que pesquisadores brasileiros das áreas de Ciências Exatas e Naturais, apoiados por colegas da Educação, Psicologia, História e Filosofia da Ciência, bem como outras áreas do conhecimento, passassem a se preocupar em estudar mais sistematicamente o ensino e a aprendizagem das Ciências e da Matemática, conforme mostram estudos que vêm sendo divulgados em diversas instâncias (NARDI, 2005, 2007; NARDI; ALMEIDA, 2004).

Os fatores que contribuíram para a constituição da área de Ensino de Ciências e Matemática no Brasil, bem como as origens e características da pesquisa que se faz nesta área, têm sido estudados com base em vários enfoques e referenciais e com o uso de diversas metodologias. O vasto conhecimento acumulado na área, resultados de trabalho de matemáticos, físicos, químicos e outros profissionais que têm estudado academicamente essas questões, vem sendo sistematicamente mapeado e analisado por diversos autores (FERES, 2001, KAWAMURA 2010; SALEM, 2008; LEMGRUBER, 1999; MEGID NETO, 1990, 2014; NARDI; ALMEIDA, 2004, 2007; NARDI; GONÇALVES, 2014; SCHENETZLER, 2002; SLONGO, 2004; TEIXEIRA, 2012).

No ensino médio, o professor de Física atua basicamente na explicação das teorias, postulados e fenômenos, aplicando o tema estudado em resolução de problemas voltados a preparar o aluno para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) ou vestibular. Na maior parte das vezes esses exercícios são meramente mecânicos, ou seja, as fórmulas são usadas em combinações com outras e algumas variáveis recebem determinados valores que são manipulados em equações que levam a um resultado específico devendo ser corretamente interpretado de acordo com a exigência do enunciado.

Muitas vezes o professor e o estudante de ensino médio não percebem a profunda ligação entre a Física e matemática. Como é possível que operações, relações e teoremas matemáticos consigam descrever com alta precisão os fenômenos do universo? A linguagem da Matemática está presente em praticamente todas as estruturas da Física, de modo que é inconcebível pensar em separá-las. Na verdade, é inconcebível pensar na Física como totalmente independente ou desvinculada do universo matemático. São questões profundamente filosóficas, porém quando corretamente refletidas e exploradas, revelam um amplo espectro de concepções que iluminam a forma como estudamos a realidade.

Pois bem, diante dessa reflexão, o professor de Física tem em mãos a tarefa relativamente difícil de mostrar aos estudantes como as diferentes

ferramentas da matemática podem explicar uma ampla variedade de fenômenos da natureza. Isso poderia ser feito por meio de perguntas que estimulem a reflexão, o questionamento e a capacidade de raciocinar logicamente. Por exemplo, como a Lei de Coulomb descreve a eletricidade estática quando os objetos são friccionados entre si? Como foi possível prever com precisão o módulo da carga elementar? De que maneira a Matemática contribuiu para a descoberta da estrutura atômica? Qual a importância da Matemática no aprimoramento das teorias físicas ao longo do tempo? Perguntas desse cunho ajudam o estudante a compreender a íntima ligação da Física com a Matemática. Dessa forma, as equações e cálculos não devem ser vistos como meras aplicações repetitivas e mecânicas, mas como uma linha auxiliar e estruturante para o entendimento da natureza.

Essa não é uma iniciativa fácil, pois envolve uma série de reflexões, discussões e um certo treinamento filosófico para compreender como a natureza obedece às descrições matemáticas. É fato que muitas dessas descrições são construídas a partir de modelos ideais, simplificados e algumas vezes reducionistas para melhor entendimento, mas vale destacar que até mesmo modelos ideais revelam dados muito próximos do fenômeno real, o que mostra mais uma vez como a Matemática possui uma notável ligação com o universo.

O estudante de ensino médio não pode estudar Física sem refletir e sem procurar perceber essas relações, sob pena de ser um mero repetidor de exercícios e condicionado a resolver problemas sem uma intuição mais profunda. Ele deve ser treinado a perceber em sua volta como a Matemática explica o mundo, o universo e seus eventos. Assim, ele desenvolverá o seu espírito científico, a sua intuição, o raciocínio e perceberá como a Física está tão presente na sua vida.

3 INTERAÇÃO ENTRE CARGAS ELÉTRICAS

Quando falamos de átomo, logo nos vêm à mente os diferentes **modelos atômicos** propostos ao longo da história da ciência. Os filósofos gregos, Leucipo e Demócrito primeiramente propuseram a ideia de que a matéria era formada de partículas bem pequenas e que essas partículas eram indivisíveis. Essas partículas foram denominadas de átomos.

Embora tenha ficado por muito tempo no esquecimento, a ideia de átomo, ou melhor, a ideia da existência de uma partícula que fosse indivisível, reapareceu nos estudos realizados sobre as reações químicas no século XIX.

Com a finalidade de explicar alguns fatos experimentais observados nas reações químicas, no ano de 1808, o cientista John Dalton introduziu a ideia de que todo e qualquer tipo de matéria seria formado por partículas indivisíveis, denominadas de átomos.

Com o passar do tempo, os estudos ficaram cada vez mais profundos na busca de uma explicação concreta, um modelo atômico útil, pois um modelo só é útil enquanto explica de forma correta determinado fenômeno ou experimento sem entrar em conflito com experimentos anteriormente realizados.

Na busca por um modelo plausível, ou seja, um modelo que melhor explicasse um fenômeno, vários modelos foram elaborados, mas somente três deles ganharam destaque. São os Modelos de Thomson, Rutherford e Bohr.

Os átomos são constituídos pelo elétron, pelo próton e pelo nêutron. Esses elementos apresentam uma propriedade especial denominada carga elétricos.

-O elétron apresenta carga elétrica negativa

-O próton apresenta carga elétrica positiva.

-O nêutron apresenta carga elétrica nula.

A estrutura do átomo e representada da seguinte forma:

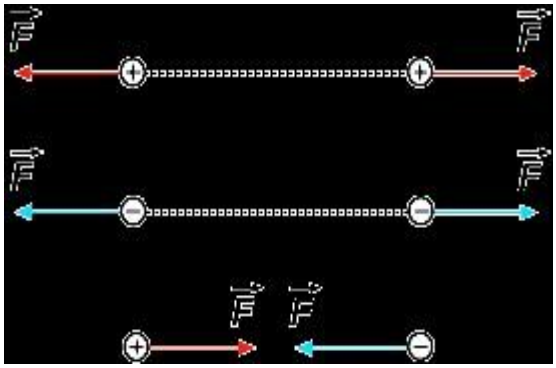
- os prótons e os nêutrons encontram - se uma região central chamado núcleo.

- os elétrons encontram- se numa região chamada eletrosfera. Quando o número de prótons no núcleo é igual ao número de elétrons na eletrosfera, podemos dizer que o átomo possui carga elétrica nula, ou seja, o átomo é eletricamente neutro.

3.1 Atração e repulsão elétrica

Se um corpo está carregado negativamente, possui excesso de elétrons. Se um corpo está carregado positivamente ele possui um número menor de elétrons. Se um corpo está eletrizado negativamente, possui elétrons em maior quantidade. Quando dois corpos eletrizados negativamente forem colocados próximo um do outro, surge entre eles uma força de repulsão. O mesmo ocorre com dois corpos eletrizados positivamente. Quando um corpo eletrizado negativamente for colocado em presença de um corpo eletrizado positivamente, surgirá uma força de atração entre eles. Então, podemos concluir que cargas elétricas de mesmo sinal se repelem e cargas elétricas de sinal contrário se atraem **(**Figura 6**).**

FIGURA 6- Atração e Repulsão Entre Cargas Elétricas



FONTE: e-fisica.

3.1.1 Carga Elétrica

Carga elétrica é uma propriedade física característica dos prótons e elétrons, responsável pelos chamados fenômenos elétricos. A carga elétrica de um elétron ou de um próton é uma propriedade intrínseca da partícula, assim como o spin e a massa (TIPLER; MOSCA, 2006).

As cargas elétricas do próton e do elétron são as menores existentes, ou seja, iguais em valor absoluto e chamadas cargas elementares. A carga de um elétron *e* ou de um próton possui valor em módulo de $e = 1{,}602 \times 10^{-19}C$, onde *C* é a representação da unidade de carga elétrica, o *coulomb.*

Assim, podemos escrever:

$$\text{Carga do elétron } (-e)\text{: } 1{,}602 \times 10^{-19} C.$$
$$\text{Carga do próton } (+e)\text{: } 1{,}602 \times 10^{-19} C.$$

A matéria é constituída por átomos que são eletricamente neutros, ou seja, o número de elétrons é numericamente idêntico ao número de prótons, desde que a distribuição de cargas não sofra perturbações internas ou externas. Dadas essas condições, para efeito de simplificação e clareza, a matéria não manifesta nenhuma propriedade elétrica. É possível, porém, retirar ou acrescentar elétrons na eletrosfera do átomo, tornando-o um íon. Uma das formas mais usuais e práticas de provocar fenômenos elétricos são por meio do atrito entre diferentes materiais ou substâncias.

Assim sendo, friccionando materiais como plástico, vidro etc., é possível retirar elétrons de tal forma que esses materiais passam a ser eletricamente carregados. Entretanto, não há que se falar em destruição de cargas elétricas, pois uma vez estabelecido o princípio de conservação das cargas, a saber, que a soma algébrica das quantidades de cargas negativas e positivas é sempre constante, e levando-se em conta que o sistema onde se encontram os objetos friccionados está eletricamente isolado da sua vizinhança, as cargas são transferidas entre os corpos, de modo que a quantidade total de cargas é a mesma.

Dessa forma, do ponto de vista atômico, se um átomo eletricamente neutro perder elétrons de sua eletrosfera, o número de prótons passará a predominar e o átomo torna-se um íon positivo (cátion). Por outro lado, se o átomo eletricamente neutro receber um ou mais elétrons na eletrosfera, torna-se um íon negativo (ânion).

A quantidade de carga elétrica Q de um corpo corresponde à quantidade total de elétrons que esse corpo ganhou ou perdeu em relação ao seu estado

eletricamente neutro; para calculá-la, multiplicamos a quantidade de elétrons em excesso ou em falta pelo valor absoluto da carga elementar:

$$\boldsymbol{Q = n \cdot e}$$

Onde *n* é o número total de prótons em excesso (*Q* > 0) ou de elétrons em excesso (*Q* < 0).

3.1.2 Força entre cargas elétricas pontuais – Lei de Coulomb

Considere duas cargas elétricas pontuais separadas por uma distância *d* (diz que as cargas são pontuais, pois suas dimensões são desprezíveis quando se leva em conta a distância que as separam). Verifica-se experimentalmente que as cargas elétricas interagem entre si à distância. Essa interação é definida em termos de **intensidade da força elétrica,** que é ***proporcional ao produto do módulo das cargas elétricas e inversamente proporcional ao quadrado da distância que as separam.*** Foi Charles Augustin Coulomb (1736-1806) quem determinou experimentalmente essas interações e estabeleceu umas das leis mais fundamentais da eletrostática: a Lei de Coulomb, tal como enunciada acima. Matematicamente, a intensidade da força elétrica *F* pode ser representada, em módulo, da seguinte forma:

FIGURA 7 : intensidade da força elétrica

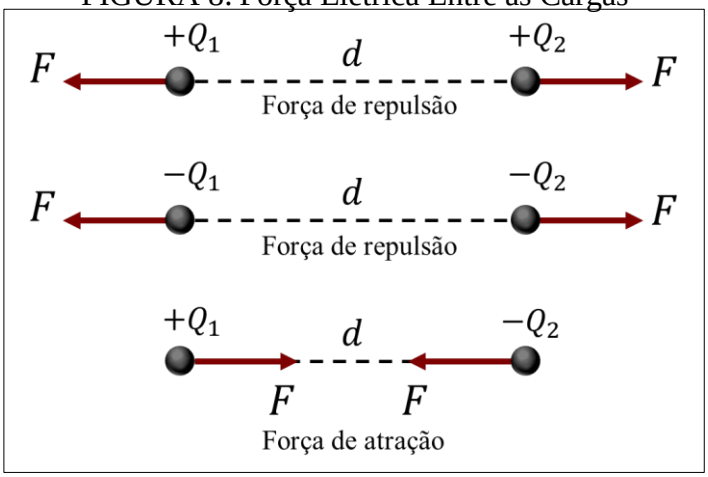
$$F = k \cdot \frac{|Q_1| \cdot |Q_2|}{d^2}$$

FONTE: Elaborada pelo autor, 2019

Onde k é uma constante de proporcionalidade conhecida como **constante eletrostática**. Seu valor, no Sistema Internacional (SI), vale $8{,}99 \times 10^9 N.m^2/C^2$.

De acordo com a Lei de Coulomb, a força elétrica pode ter natureza **repulsiva** ou **atrativa**. Se as cargas que interagem entre si são ambas negativas ou ambas positivas, a força elétrica será de **repulsão**. Entretanto, se uma carga for positiva e a outra for negativa, a força elétrica será de **atração**. Assim, cargas elétricas de sinais iguais se repelem, e cargas de sinais contrários se atraem. Vale destacar que a noção de força elétrica não se restringe apenas a duas cargas, mas ela pode ser estendida a duas ou mais cargas pontuais distribuídas.

FIGURA 8: Força Elétrica Entre as Cargas



FONTE: Elaborada pelo autor, 2019.

Considere novamente uma carga elétrica pontual *Q* em uma dada região. Para verificar se há existência de força elétrica, adiciona-se uma *carga de prova* q_0 nas proximidades da carga *Q.* Verifica-se, então, uma força elétrica que é devida a ação da carga Q sobre a carga q_0. Essa ação à distância é explicada a partir do conceito de campo elétrico. Por definição, o campo elétrico é uma região do espaço onde uma carga de prova, ao ser colocado nessa região, sofre a ação de uma força elétrica devido à presença da carga *Q.* Matematicamente, o campo elétrico é representado por:

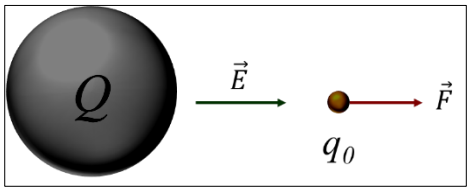
Figura 8: Equação vetor campo elétrico

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{|q|}$$

Fonte: Só Física, 2019.

Onde → E representa o vetor campo elétrico, → F a força elétrica e *q* é a carga elétrica de prova. A unidade do campo elétrico é o Newton por Coulomb (*N/C*).

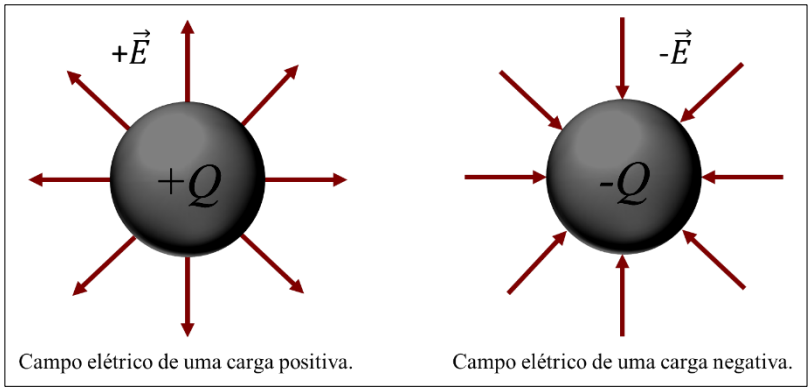
FIGURA 9: Vetor Campo Elétrico



FONTE: Elaborada pelo autor, 2019.

O vetor campo elétrico pode ter sentido positivo ou sentido negativo. Por convenção, cargas positivas têm o vetor campo elétrico se afastando das cargas. Cargas negativas têm o vetor campo elétrico “entrando” nas cargas.

FIGURA 10: Campo Elétrico de Cargas (+) e (-)



FONTE: Elaborada pelo autor, 2019.

3.1.3 Campo Elétrico de uma Carga Pontual

Ao colocar uma carga de prova q_0 próxima a uma região onde se encontra uma carga elétrica pontual Q, a carga de prova ficará submetida a uma força de intensidade.

$$F = q_0 \cdot E$$

De acordo com a Lei de Coulomb, a intensidade da força elétrica entre as cargas é dada por :

$$F = k \cdot \frac{Q \cdot q_0}{d^2}$$

Igualando ambas as equações, temos:

$$q_0 \cdot E = k \cdot \frac{Q \cdot q_0}{d^2}$$

O que nos leva ao seguinte resultado de uma equação que nos permite determinar o módulo do campo elétrico produzido por uma carga pontual fixa no espaço.

Figura 11: Equação para determinar o modulo do campo elétrico produzido por uma carga pontual fixa no espaço.

$$E = k \cdot \frac{Q}{d^2}$$

FONTE: Elaborada pelo autor, 2019.

Essa equação nos permite determinar o módulo do campo elétrico produzido por uma carga pontual fixa no espaço.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 Pensar e Fazer: Elaboração da Sequência didática

A escola Técnica Maria Moreira da Rocha foi selecionada por ser o campo de atuação da professora pesquisadora para que possam ser acompanhados os resultados obtidos durante o processo. Com o suporte da Coordenação de ensino as sequencias foram planejadas com uma abordagem interdisciplinar em relação a demais disciplinas, assim que possível. As aulas foram elaboradas considerando a realidade escolar dos educandos.

Na Escola, onde foi desenvolvida a proposição metodológica que resultou na presente sequência didática, contou com a ajuda dos coordenadores de área que fazem o acompanhamento. As aulas são planejadas quinzenalmente (com um intervalo de tempo de 50 min) baseadas na matriz curricular **(Figura 1)**, na qual, os conteúdos são correlacionados com a matriz dos cursos ofertados na escola e o Instrumento Bimestral elaborado pelas docentes da disciplina Física **(Figura 2)**. E organizados numa sequencia didática **(Figura 3).** Dessa forma, os conteúdos são divididos por bimestre.

FIGURA 12- Matriz curricular

FÍSICA 3		
3° ANO		
Ação da competência: Compreender fenômenos e teorias da Física em uma situação ou problema que envolva o eletromagnetismo, utilizando a conservação da energia e da carga elétrica, reconhecendo seu papel na vida humana, valorizando o exercício da cidadania no uso consciente da eletricidade.		
HABILIDADES	**BASES CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS**	**VALORES E ATITUDES**
H1 - Investigar as condições que levam ao estabelecimento da corrente elétrica em um sistema físico, identificando grandezas relevantes para sua caracterização e sua interação com campo elétrico; H2 - Construir modelo microscópico de condução de corrente elétrica para condutores, isolantes, de modo a explicar as diferentes propriedades elétricas dos materiais, identificando suas aplicações tecnológicas; H3 - Reconhecer e relacionar as radiações emitidas por elementos radioativos e de modelo sobre a estrutura do núcleo atômico e as forças de interação nuclear;	• Carga elétrica como propriedade da matéria responsável pelos fenômenos elétricos (quantização e conservação); • Principais grandezas físicas da Eletricidade (intensidade de corrente, tensão, potência e resistência elétrica), relação entre elas e de suas unidades de medida; • Principais elementos de um circuito elétrico (fontes/geradores, fios condutores, resistores e receptores); • Intensidade da força elétrica entre duas cargas (lei de Coulomb); • Conceito de campo elétrico e o caráter vetorial do mesmo; • Associação do campo magnético à carga elétrica em movimento; • Campo magnético em cargas em movimento (força magnética sobre cargas e sobre correntes elétricas); • Intensidade do campo magnético produzido por correntes (fios retilíneos, espiras e bobinas); • Indução eletromagnética (lei de Faraday); • Símbolos que representam os elementos de um circuito elétrico, incluindo os instrumentos de medida de voltagem e intensidade de corrente elétrica; • Modelos atômicos na explicação de fenômenos envolvidos na emissão de luz e na interação da radiação com a matéria;	• Valorizar o conhecimento da física para transformar gradativamente em importante ferramenta de leitura do mundo contemporâneo; • Ser humilde; • Valorizar ações e ideias do próximo; • Ser dinâmico, observador, proativo e comunicativo; • Saber ouvir e ter sensibilidade; • Ser honesto e transparente nas suas ações; • Agir com responsabilidade e comprometimento

FONTE: Documento da Escola Técnica em Saúde Maria Moreira da Rocha.

.

FIGURA 13- Instrumento Bimestral(1º bimestre)

INSTRUMENTO DE PLANEJAMENTO DOS MOMENTOS DE APRENDIZAGEM BIMESTRAL

Ano letivo: 2019
Mediadora: Silvana da Silva Costa
Ação da competência: Compreender fenômenos e teorias da Física em uma situação ou problema que envolva o eletromagnetismo, utilizando a conservação da energia e da carga elétrica, reconhecendo seu papel na vida humana, valorizando o exercício da cidadania no uso consciente da eletricidade.
Componente Curricular: Física

3º ano

OBJETIVO HABILIDADES (Capacidades)	BASE CIENTÍFICA E TECNOLÓGICAS (O que será ensinado – listagem de conteúdo)	PROPOSTA DE ATIVIDADES (Situações de ensino e aprendizagem para trabalhar com os conteúdos)	PREVISÃO DO TEMPO (Quantas aulas serão previstas para trabalhar os conteúdos)	VALORES E ATITUDES	FORMAS DE AVALIAÇÃO (Situações mais adequadas para avaliar)
1º BIMESTRE: - Propriedades Elétricas da Matéria					
Ampliar a compreensão dos modelos atômico, reconhecer diferentes processos de eletrização. Identificando suas consequências e elaborando	1. Modelos atômicos na explicação de fenômenos envolvidos na emissão de luz e na interação da radiação com a matéria; 2. Carga elétrica como propriedade da matéria	1. Levantamento das concepções espontâneas dos alunos sobre modelos atômicos discussão no processo de construção dos modelos.	24 aulas	• Valorizar o conhecimento da física para transformar gradativamente em importante ferramenta de leitura do mundo contemporâneo;	- Dinâmicas em grupo -Postura - práticas experimentais -Seminários - Estudo dirigido
estratégias para resolvê-las. Investigar as condições que levam ao estabelecimento da corrente elétrica em um sistema físico, identificando grandezas relevantes para sua caracterização e sua interação com campo elétrico; Reconhecer e utilizar adequadamente, na Forma oral e escrita, símbolos, códigos e nomenclaturas da linguagem científica. Ler, articular e interpretar símbolos e códigos em diferentes linguagens e representações: sentenças, equações, esquemas, diagramas, tabelas, gráficos e	responsável pelos fenômenos elétricos (quantização e conservação); 3. Intensidade da força elétrica entre duas cargas (lei de Coulomb); 4. Conceito de campo elétrico e o caráter vetorial do mesmo; 5. Impacto da eletricidade e, mais particularmente, dos novos meios de comunicação e informação, na dinâmica econômica e social;	• Situações-problemas em que sejam propiciadas condições para a construção dos conceitos de eletrização, como eletrização por contato, atrito e por indução. • análise de situações-problema que levem à distinção entre os conceitos de eletrostática: corpo eletrizado negativamente, positivamente e corpo neutro. • leitura de textos históricos que tratam da relação da eletricidade com a Física • leitura de textos referentes a aplicação do campo elétrico e sua importância para a sociedade. • Pesquisas biográficas de cientistas e suas		• Ser humilde; • Valorizar ações e ideias do próximo; • Ser dinâmico, observador, proativo e comunicativo; • Saber ouvir e ter sensibilidade; • Ser honesto e transparente nas suas ações; • Agir com responsabilidade e comprometimento • Ser critico, agindo, pensando e refletindo a sua ação; • Se auto avaliar e permitir ser avaliado; • Respeitar as opiniões de colegas.	- Leitura investigativa

FONTE: Documento da Escola Técnica em Saúde Maria Moreira da Rocha.

FIGURA 14- Sequência Didática (modelo)

CURSO TÉCNICO INTEGRADO AO ENSINO MÉDIO	
NÚCLEO: Base Nacional Comum	
ÁREAS DE CONHECIMENTO E/OU TEMÁTICAS: Ciências da Natureza	
DISCIPLINAS/COMPONENTES CURRICULARES: Física	**CARGA HORÁRIA:** 300 minutos
MEDIADORES: Silvana da Silva Costa	
COMPETÊNCIA: compreender fenômenos e teorias da Física em uma situação ou problema e reconhecendo seu papel na vida humana, valorizando o exercício da cidadania no uso consciente da Física.	

Habilidades (Saber/fazer)	Bases Científicas e Tecnológicas/Conteúdo (Saber/saber)	Valores e Atitudes (Saber Ser/Conviver)
• Conhecer e Identificar as principais grandezas da eletricidade, relação entre elas e sua unidade de medidas. • Analisar o consumo de energia elétrica com base nas potencias dos aparelhos e seus tempos de utilização e reconhecer como geradores elementos de alimentação em nosso cotidiano;	• Principais grandezas físicas da Eletricidade (intensidade de corrente, tensão) relação entre elas e de suas unidades de medida.	• Valorizar ações e ideias do próximo. • Ser dinâmico, observador, proativo e comunicativo. • Saber ouvir e ter sensibilidade. • Ser crítico, agindo, pensando e refletindo a sua ação.

Método		
Bases Científicas e Tecnológicas/Conteúdo: • Principais grandezas físicas da Eletricidade (intensidade de corrente e tensão e relação entre elas e de suas unidades de medida.	**DATA:** 17/06 a 21/06	**C/H** 100min
Habilidade: • Conhecer e Identificar as principais grandezas da eletricidade, relação entre elas e sua unidade de medidas.		

Tempo da Atividade	Procedimentos Metodológicos
30 min	-- Nesta aula, estudaremos a definição do que é uma corrente elétrica com uma apresentação do tema. Após, vou escrever no quadro os seguintes tópicos para que os alunos anotem: O que é uma corrente elétrica? É o movimento ordenado dos elétrons em um condutor metálico. Sentido da corrente? ***Sentido Real:*** ocorre nos condutores sólidos, é o movimento dos elétrons e acontece do polo negativo para o polo positivo. ***Sentido convencional:*** é o sentido da corrente elétrica que corresponde ao sentido do campo elétrico no interior do condutor, que vai do polo positivo para o negativo Usando o esquema abaixo:
20 min	-- Na sequência, apresentar a equação matemática que mede a **Intensidade da Corrente** $$i = \frac{Q}{\Delta t}$$ Onde: i = intensidade da corrente Q = carga elétrica Δt = variação do tempo Sua unidade no Sistema Internacional de Unidades é o Ampère (A)
50 mim	-- Com isso, passar dois exemplos de como determinar a intensidade da corrente. Exemplos, abaixo: Exemplo 1: Uma corrente elétrica de intensidade igual a 5 A percorre um fio condutor. Determine o valor da carga que passa através de uma secção transversal em 1 minuto. Exemplo 2: Na seção transversal de um condutor passa uma quantidade de carga elétrica $\Delta Q = 8 .10^{-4}$ C no intervalo de tempo Δt = 2 . 10-2 s. Determine a intensidade da corrente elétrica que atravessa o condutor. --Após a explicação passar situações-problemas para que os alunos resolvam em seu caderno.

Recursos Didáticos	
Almoxarifado (Material Permanente e de Consumo)	**Espaço Didático**
- Pincel e Apagador. - Quadro. - Multimídia	- Sala de aula

Avaliação da Aprendizagem				
Saber avaliado/ Habilidade	**Fonte**	**Critério**	**Indicador**	**Mensuração**
- Conhecer e Identificar as principais grandezas da eletricidade, a relação entre elas e sua unidade de medidas.	- Questionários e texto dissertativo.	- Associa ideias relevantes e convincentes de resolução ao problema apresentado.	- Apresentou e entregou o trabalho atendendo os critérios estabelecidos.	- Questionário e texto dissertativo (1,0 ponto)

FONTE: Documento da Escola Técnica em Saúde Maria Moreira da Rocha.

Esta pesquisa é qualitativa e teve o objetivo de propor uma sequência didática para ser desenvolvida em uma turma de terceiro ano numa escola de ensino técnico em saúde Maria Moreira da Rocha com integração ao ensino médio, com alunos de faixa etária entre 16 a 19 anos de idade, no ano letivo de 2019. Os procedimentos usados nas aulas foram da seguinte maneira:

Aula 1 e 2: Modelos atômicos e característica do átomo é um conteúdo estudado no 1º ano na Disciplina de Química. Como introdução ao conteúdo de carga elétrica, é importante falar sobre as características da matéria, como:

-A matéria é composta de átomos

- Fases da matéria

- Revisão dos primeiros modelos atômicos

- Estrutura atômica aceita

- Quando um átomo perde elétrons ou ganha elétrons, torna-se um íon. Perdeu elétrons, íon positivo (cátions). Ganhou elétrons, íons negativos (ânion)

- Construir um mapa mental sobre modelos atômicos

Aulas 3 e 4: Iniciou com uma abordagem dos tópicos da aula anterior. Após, iniciamos o assunto de cargas elétricas com uma apresentação de slides, na sequência dos tópicos:

-Estrutura atômica: Divisão do átomo e suas partículas elementares

- Realizar um paralelo entre com os conceitos abordados em Química dizendo que a matéria é constituída de átomos, assim todo corpo que tem massa e ocupa um lugar no espaço é constituído de átomos. Como: os animais, a natureza, as coisas, as pessoas, o ar, o gelo, a chuva, ou seja, tudo é composto de átomo. Assim, os alunos perceberam que os conteúdos não são separados, mas que possuem uma relação importante para sua formação básica.

- Princípio da eletrostática

- Princípio da conservação das cargas

- Quantização das cargas

- Eletrização de um corpo: corpo eletrizado positivamente e corpo eletrizado negativamente.

- Prática experimental: processos de eletrização

- Pedir um relato a cada aluno, conforme o roteiro.

Aulas 5 e 6: A aula 5 foi iniciada com uma retomada na aula prática sobre eletrização com alguns questionamentos:

1. Quais procedimentos realizados na pratica de eletrização por atrito do canudo com o papel e por qual razão o canudo grudou no quadro branco?

2. E por que, ao atritar a caneta no cabelo, ela atraiu pedaços de papeis?

Na sequência, foi apresentado um slide com as características dos processos de eletrização, um vídeo que explica o fenômeno acontecido. E por fim, dado uma apostila que fala sobre tipos de eletrização como forma de intensificação para fazerem um mapa conceitual.

Nas Aulas 07, 08, 09 e 10: Nessas aulas foram abordados conceitos físicos com aplicação na matemática. Temas como: Quantização da carga, intensidade da forca elétrica/ lei de Coulomb, intensidade do campo elétrico é necessário o conhecimento de inversamente proporcional e diretamente proporcional, operações com potência (notação de base 10), notação cientifica e módulo.

Contanto, foi realizada uma aula introdutória sobre notação cientifica: com números muito pequenos ou números muito grandes, adição e subtração de base 10, multiplicação e divisão de base 10, radiação e potência de base 10, definição de módulo para que os alunos relembrassem os conteúdos necessários para à aprendizagem das novas temáticas que seria apresentada posteriormente.

Após, deu-se início a explanação dos conteúdos com base histórica resumida e contextualização com o cotidiano do aluno (onde poderia ser aplicada à quantização da carga, força eletrostática e campo elétrico), a interpretação dos fenômenos físicos com aplicações nas equações matemática, identificação e reconhecimento de cada grandeza abordada e sua unidade no Sistema Internacional de Unidades (S.I).

Por fim, foi passado um estudo dirigido com situações-problemas envolvendo módulo da força elétrica e intensidade do campo elétrico como método de verificação da aprendizagem. Assim, os alunos poderiam tirar suas dúvidas e ser acompanhado para que desenvolvesse suas habilidades referentes à matemática aplicada na Física e interpretação dos fenômenos Físicos.

É importante observar que em alguns momentos foram realizadas interdisciplinaridade com outras disciplinas, mesmo que não seja com a disciplina em foco, mas é necessário que se houver uma possibilidade, seja feita a correlação.

5 DISCUSSÕES E RESULTADOS

Segundo Galileu Galilei, a matemática é a linguagem da física, ou seja, a física necessita da matemática para possa se concretizar e apreciar verdadeiramente os conceitos físicos, ou seja, a física não anda sem a matemática. Francis Bacon diz que à medida que a física evolui ela necessita de um auxílio, uma ferramenta para que possa concretizar as teorias e conceitos envolvidos nas evoluções, e nesse sentido a matemática tem sempre uma ferramenta pronta e disponível. Porém, essa relação é vista como um obstáculo à aprendizagem da Física, mas é difícil separar a relação dos fenômenos estudados na Física com as equações matemáticas. Nas aulas foram percebidos vários fatores que contribuem para que os alunos não aprendam as disciplinas envolvidas na proposta.

Aulas 1 e 2

Nas duas primeiras aulas foi feita uma introdução à abordagem dos modelos atômicos. Quando o conteúdo estava sendo explanados os alunos lembravam-se do conceito de matéria, estrutura atômica, mudanças de fase da matéria, mesmo que as respostas não fossem tão claras. E também foi perceptível que os alunos não lembraram os conceitos de íons, cátion e aníon, ao menos não o recordaram no momento da explicação.

Nessa aula introdutória, os alunos estavam entusiasmados com a abordagem, porém em alguns momentos os alunos se dispersaram, perdendo o foco da aula. É claro, que é difícil executar uma sequencia didática interdisciplinar com duas disciplinas tidas como difíceis e complicadas pelos alunos.

Contato, essa verificação de conhecimentos prévios permite que sejam sanadas as duvidas dos alunos sobre conteúdos anteriores e que os prepare para enfrentar os desafios à frente relacionados com a matemática, até porque é necessário que os educandos compreendam o passo a passo para que ocorra o ensino e aprendizagem. Nessa aula os alunos também construíram uma mapa conceitual sobre carga elétrica (Apêndice A).

Aulas 3 e 4

Na apresentação dos slides sobre processos de eletrização os alunos acharam complexas as relações abstratas e tiveram dificuldades de interpretar os fenômenos. Como: prótons são cargas positivas e representadas pelo mais ou elétrons que são cargas negativas representadas pelo menos. No principio da atração e repulsão, os educandos fizeram analogia com jogos de sinais. Mais com mais, mais. Menos com menos, menos. Menos com mais, menos.

Na explicação sobre conservação de energia foi mais compreendida pelos alunos, e mais fácil de relacionar com a realidade, em seguida foi explicado sobre o principio de atração e repulsão, onde: cargas de sinais iguais, se repelem. Sinais diferentes se atraem. Os discentes fizeram referencia a frase “ os opostos se atraem” que decorre deste principio da Física.

Como introdução a essa temática foi dada uma aula experimental, no qual, os alunos tinham que esfregar um pedaço de papel higiênico em um canudo, após coloca-los em contato com a lousa, a porta e observar e fazer anotações sobre o fenômeno e realizar o mesmo processo esfregando uma caneta no cabelo e depois aproximar de pedaços de papeis e observar, anotar o ocorrido após o contato.

Eles perceberam que o canudo grudava no quadro de pincel, na madeira (porta) e no vidro (da janela) e que a caneta atraia os pedaços de papeis quando havia um contato entre os dois (pedaços de papeis e caneta). A maioria conseguiu fazer o processo de eletrização mas, nem todos os alunos conseguiram fazer a verificação mesmo seguindo a instrução no roteiro da pratica(respostas de alguns alunos no Apêndice A).

Os discentes ficaram surpresos e não sabiam que seria possível aquele fenômeno ocorrer. Eles questionavam:

“O que esta acontecendo?”

“É macumba, bruxaria?”

“Professora, porque isso esta acontecendo?”

“Já vi essa experiência, só não sei explicar”

Ao decorrer da experiência, mesmo com os questionamentos sobre causa daquele fenômeno, foi necessário deixar que os alunos respondessem sozinhos. Os impulsionando a pensar e a solucionar os problemas de forma individual com mediação do professor.

Aula 5 e 6

No Roteiro da pratica experimental, os alunos tinham que responder duas perguntas conforme suas observações. Porem, a maioria não sabia responder o questionário colocando qualquer resposta; outra parte não sabia a resposta. Contudo, conforme as respostas foram sendo dadas foi possível iniciar o conteúdo com base nas dúvidas, assim ficaria mais prático.

É notório que os alunos não conseguem correlacionar os assuntos. Possuem dificuldades de interpretação das equações e dos fenômenos, não sabem fazer operações básicas da matemática. Muitos deles lançam a culpa no professor que não sabe explicar, mas por trás dessa argumentação, a verdade é que os alunos não sabem determinar soluções-problemas da física com o uso da matemática. Eles indagam:

“Mas, isso é matemática, por que se estuda em Física?”

“Isso é matemática ou Física”?

“Eu gosto da Física, mas não da matemática que ela tem”

“Eu sou boa em Física, mas não sei matemática”

“Não sou boa em exatas, não entra na minha cabeça

Talvez, se o questionário fosse de marcar, alguns acertaria a resposta de forma exata. Isso, porque, às vezes, eles percebem o que acontece mas não sabe como explicar. Ao final, foi pedido que pesquisasse como se fazer um mapa conceitual e que eles fizessem um sobre o assunto dado.

Na aula 07, 08, 09 e 10

A dificuldade dos alunos em entenderem as aplicações da matemática na Física é um desafio para o processo de ensino- aprendizagem. Eles possuem dificuldades para entender os conceitos de proporcionalidade inversamente proporcional, quando se diz: “a intensidade da força elétrica é inversamente proporcional à distância”, ou quando diz “A força é diretamente proporcional ao produto das cargas elétricas”, na compreensão das equações da matemática podem ate memorizar nas não entendem o raciocínio das soluções determinadas para os problemas.

Iniciamos a abordagem sobre Força elétrica- lei de Coulomb com uma historia de como se formalizou a equação e sua origem, com isso apresentamos a equação matemática e o significado de cada grandeza.

Os alunos tiveram dificuldades para interpretar a equação matemática, relacionar a teoria com os problemas que precisaria da matemática para resolução. Se há uma força de interação entre duas cargas elétricas, a distância entre as duas seria elevada ao quadrado, porém os alunos não conseguia entender que se a distância aumenta duas vezes, a força diminui quatro vezes (eles respondiam que diminuía duas vezes). Mas, com exemplos feitos na lousa, eles, foram aos poucos compreendendo que além de respeitar a proporcionalidade inversa, a distância elevada ao quadrado teria que ser considerada.

Contato, a proporção direta foi entendida com mais facilidade em relação à força elétrica e cargas elétricas. Se a força elétrica entre duas cargas elétrica aumenta, os valores das cargas elétricas também aumentam.

No estudo dirigido (Anexo 2), nos cálculos matemáticos, tivemos que introduzir noções de notação cientifica, e operações com base 10 para facilitar na hora das resoluções. Os alunos, numa maioria, além de não ter um interesse pela disciplina com as equações, teoremas e regras da matemática ele começam a colocar barreira para aprendizagem. Mesmo você tentando deixar claro que não tem como aprender Física sem saber matemática. Cada dificuldade do aluno tem ser assistido, porém se os alunos não colaboram com as metodologias utilizadas, ocasiona à limitação do processo de ensino.

Em relação ao campo elétrico em torno de uma carga, os alunos, conseguiram entender melhor, pois o conteúdo teria uma semelhança com Força elétrica. Apareceram novamente os termos de inversamente proporcional, diretamente proporcional, notação cientifica operações com notação de base dez.

Após, a conceituação, interpretação da equação para determinar o módulo do vetor campo elétrica foi apresentada no quadro uma relação entre campo elétrico, força elétrica e carga elétrica que originou uma equação dependente das três variáveis. Com a explicação, os alunos argumentavam que era muitas formulas e que não conseguiria aprender, mas isso porque queriam decorar e não entender o fenômeno descrito por uma equação matemática.

Não é uma tarefa simples explicar aos alunos, abordar os termos matemáticos com os termos físicos, mas não somente pelo grau de dificuldade, e sim por outros fatores, como: falta de empenho, de estudo extraclasse, compreensão que não tem como aprender física sem saber ao menos as operações básicas da matemática e saber interpretar os enunciados.

Portanto, planejar uma sequência didática interdisciplinar entre física e matemática não é só preciso, mas indispensável. Mesmo com as variáveis que

possam ocorrer, os alunos precisa ter ciência que educador está disposto a mediar o conhecimento. Com cada um fazendo o seu papel, o processo de ensino- aprendizagem acontece.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na concepção interdisciplinaridade é de fundamental importância a integração entre os professores, equipes pedagógicas e os alunos. Promover essa integração é um grande desafio já que, para os docentes, ao ministrarem as disciplinas de forma isolada torna-se um processo mais cômodo que os deixam livres de compromisso para participar das discursões, das reflexões e das horas extras necessárias para a realização das atividades necessárias para promover na escola um ensino interdisciplinar. Na presente pesquisa ficou evidenciada que não é fácil quebrar a rotina do trabalho individualizado do professor e da forma de trabalhar das equipes pedagógicas onde a burocracia administrativa é predominante sobre as demais atividades.

No entanto, podemos também constatar que, quando da proposição de realizar um trabalho interdisciplinar na escola, este esbarra na carência da formação e de motivação das equipes da escola sobre a importância dessa metodologia para que se possam obter melhores resultados dos índices de aprendizagem e da elevação quantitativa e qualitativa do ensino. A outra constatação vivenciada foi que, a princípio, quando se apresenta esse tipo de proposta na escola não são esboçadas nenhuma manifestação de rejeição, ao contrário, é até considerada bem-vinda.

Nesse clima e na expectativa de desenvolver um trabalho que possa contribuir e para despertar o interesse pela metodologia, foi percebido que para integrar a Física com a matemática demandaria de um tempo bem elástico para conseguir a adesão do corpo docente para trabalhar de forma integrada.

Na aplicação da sequência didática, na turma selecionada, como já era esperado, os desafios encontrados em relação às atitudes e ao comportamento dos alunos, incialmente foram inúmeros, dos quais destacamos: A falta de atenção, conversas paralelas, uso do celular, deficiência em matemática e na língua portuguesa dificultando no desempenho, na interpretação de textos e na

compreensão dos fenômenos Físicos, especialmente para lidar com o formalismo matemático das equações da Física.

Na proposição da sequência didática visando à superação das dificuldades encontradas foi realizado processos de planejamentos cognitivo com uso de slides e ilustrações, que facilitaria a observação das ideias abstratas sobre a estrutura atômica; aula prática com material de baixo custo, no qual, os discentes puderam através de um roteiro executar e observar o fenômeno de atração e repulsão entre as cargas; atividades sobre esquemas para a fixação dos conceitos, e questionários que os impulsionava uma reflexão sobre o fenômeno ocorrido.

Com isso, a atividade experimental chamou muito mais atenção do aluno do que as atividades conceituais ou envolvidas com a matemática pelo fato de despertar o interesse pela arte de descobrir. Para Gusdorf, o que impede a eliminação das barreiras entre as disciplinas é basicamente o “comodismo”, pois é mais fácil trabalhar sob a forma parcelada do que discutir as ideias alheias ou colocar em discussão as próprias ideias.

Em geral, existe um preconceito em aderir à interdisciplinaridade. Ela quase sempre é tida como uma aventura, ou um diletantismo, e aderir a ela parece ser rejeitar a especialização. Esse preconceito persiste ante a perspectiva de instaurar-se uma metodologia de trabalho interdisciplinar, com o medo de que em nome do restabelecimento de uma unidade global perca-se a unidade particular.

Precisa receber também uma educação para a sensibilidade, um treino na arte de entender e esperar e um desenvolvimento no sentido da criação e imaginação. A interdisciplinaridade será possível pela participação progressiva num trabalho de equipe que vivencie esses atributos e vá consolidando essa atitude. É necessário, portanto, além de uma interação entre teoria e prática, que se estabeleça um treino constante no trabalho interdisciplinar, pois interdisciplinaridade não se ensina, nem se aprende, apenas vive-se, exerce-se. Interdisciplinaridade exige um engajamento pessoal de cada um.

REFERÊNCIAS

BERTOL, Zenaide Inês. FLORCZAK, Antônio. **Uma abordagem interdisciplinar com as disciplinas física e matemática, por meio da astronomia**. Paraná, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. **Novo Ensino Médio-Dúvidas**. Disponivel em: http://portal.mec.gov.br/pet/30000-uncategorised/40361-novo-ensino-medio-duvidas. Acesso em: 18 de Março de 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Lei de diretrizes e bases**: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais de Física**: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2002.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. ***B*ase Nacional Comum Curricular**: Ensino Fundamental. Brasília: Ministério da Educação, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Diretrizes Curriculares Nacional do Ensino Médio**: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 2012.

BRITO, N.B; REIS, U.V; TALON, I.L.M; REIS, J.C. **História da física no século XIX:discutindo natureza da ciência e suas implicações para o ensino de física em sala de aula.** Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v.7, nº2, p.214-231, jul.2014.

CARLOS, Jairo Gonçalves. **Interdisciplinaridade no Ensino Médio: desafios e potencialidades.** Programas de Pós-graduação da CAPES. 2006.

FAZENDA, Ivani Catarina Arantes. **Integração e interdisciplinaridade no ensino brasileiro**: Efetividade ou ideologia. 6 ed., São Paulo: Loyola, 2011.

FAZENDA, I. C. (Org.). **Interdisciplinaridade**: história, teoria e pesquisa. 18. ed. Campinas: Papirus, 2011.

FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade**: História. Teoria e Pesquisa, Campinas, 1994.

GASPARETTO JR, Antônio. **INFOESCOLA:** revolução científica. Disponível: https://www.infoescola.com/historia/revolucao-cientifica/ . Acesso em: Abril de 2019

HALLIDAY D.; RESNICK R. e WALKER J. **Fundamentos de Física: Eletromagnetismo.** Volume 3. 8ª edição. Editora LTC, 2009.

LORIERI, Marco Antônio. **Complexidade, Interdisciplinaridade, Transdisciplinaridade e Formação de Professores**. PPGE da Uninove, 2010.

MORIN, E. **A cabeça bem feita**: repensar a reforma, reformar o pensamento. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2000.

NARDI, Roberto. **A pesquisa em ensino de Ciências e Matemática no Brasil**, Cienc.educ (Bauru), V.21, nº 2, Junho de 2015

NARDI, R.; GONÇALVES, T. V. O. **A pós-graduação em ensino de ciências e matemática no Brasil**: memórias, programas e consolidação da pesquisa na área São Paulo: Livraria da Física, 2014.

NASCIMENTO, Wanderson José Rodrigues, 2019. **Uma proposta de ensino numa perspectiva histórico- experimental: A pilha de volta.** 93 f. Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual da Paraíba- Campina Grande, 2019.

"CAMPO ELÉTRICO" em *Só Física*. Virtuous Tecnologia da Informação, 2008-2020. Consultado em 27 de Março às 14:49. Disponível na Internet em: *http://www.sofisica.com.br/conteudos/Eletromagnetismo/Eletrostatica/potencial.php*

PETRIN, Natália. **Revolução cientifica**. 2015. Disponível em: https://www.estudopratico.com.br/revolucao-cientifica-como-aconteceu-motivos-eavancos Acesso em: 09 de Abril de 2019

POMBO, O. Interdisciplinaridade: Conceitos, problemas e perspectivas**. Revista Brasileira de Educação Médica**, 2004

RANGEL, Andrea. Edgar Morin: é preciso educar os educadores. *In*: Fronteiras do Pensamento. Disponível em:www.fronteiras.com/entrevistas/entrevista-edgar-morine-preciso-educar-os-educadores. Acesso em: abril de 2018.

REVISTA GALILEU. **Aulas tradicionais são ineficientes**, mostra estudo. Disponível em:https://revistagalileu.globo.com/Sociedade/noticia/2014/05/aulas-tradicionais-saoineficientes-mostra-estudo.html. Acesso em: março 2019.

RODRIGUÊS, Renato. **Interdisciplinaridade No Ensino De Física***:* uma abordagem por tic, 2016. 114f. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Goiás - Regional de Catalão, 2016.

SABORES DO SABER. **A crise da modernidade: tradição, autoridade e educação**. 2008 Disponível em: saboresdosaber.blogspot.com/2008/07/crise-da-modernidadetradio-autoridade.html Acesso em: agosto de 2019.

SCHNETZLER, R. P. **A pesquisa em ensino de química no Brasil**: conquistas e perspectivas. Química Nova, São Paulo, v. 25, supl. 1, p. 14-24, 2002.

SLONGO, I. I. P. **A produção acadêmica em ensino de biologia**: um estudo a partir de teses e dissertações. 2004. 364 f. Tese (Doutorado em Educação) – Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. BIANCHETTI, Lucídio (Orgs.). **Interdisciplinaridade**: para além da filosofia sujeito. Petrópolis: Vozes, 1995.

SOUZA, Rafaelle da Silva, **Desafios da história da física na sala de aula, sequência didática, caderno de campo e uma leitura das concepções docente e discente**. 2014. 160 f. Dissertação-Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014

VARELA, Leciani Eufrásio Coelho, 2016. **Interdisciplinaridade entre física e biologia em turmas de 8° ano do ensino fundamental: possibilidade para o ensino de ciências.** 115 f. Dissertação de Mestrado-Universidade Federal de Santa Catarina - Araranguá, 2016.

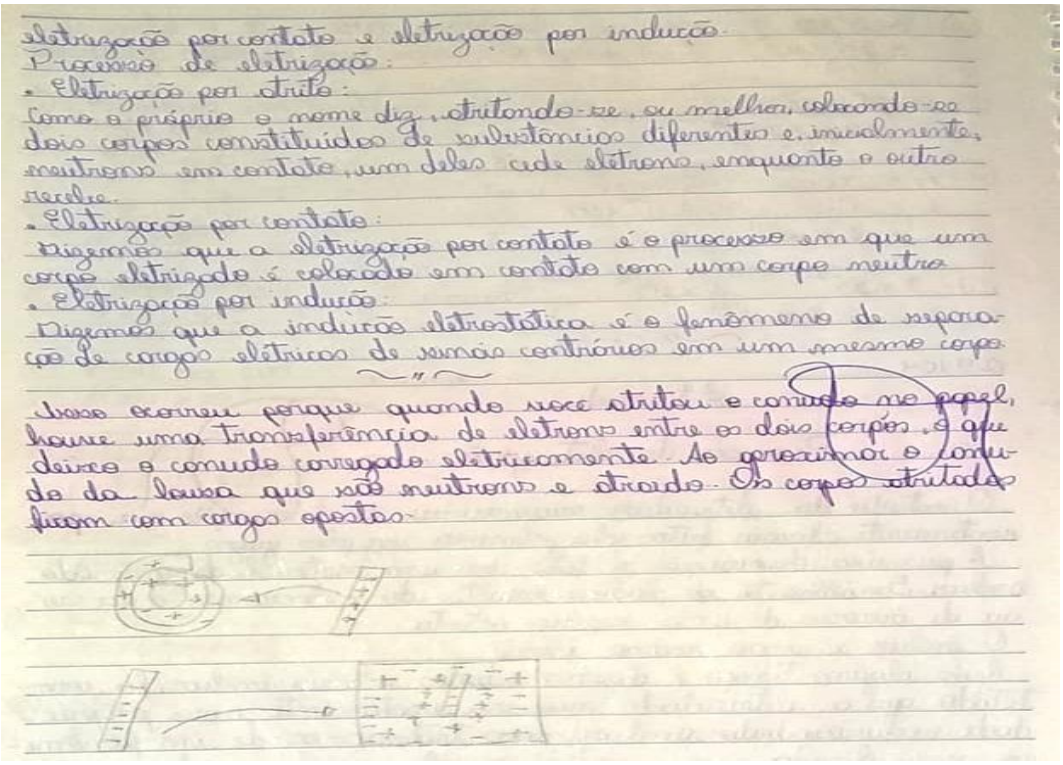
ZABALA, Antoni. **A prática educativa: como ensinar.** Tradução de Ernani F. da F. Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZIMMERMANN, Erika; HARTMANN, Angela Maria**. O trabalho interdisciplinar no Ensino Médio: A reaproximação das "Duas Culturas",** vol. 7, nº 2, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, Brasília, 2007.

Apêndice A

8.1 Atividades elaboradas em sala de aula

8.1..1 Resposta ao questionário da prática “ Eletrização por atrito”

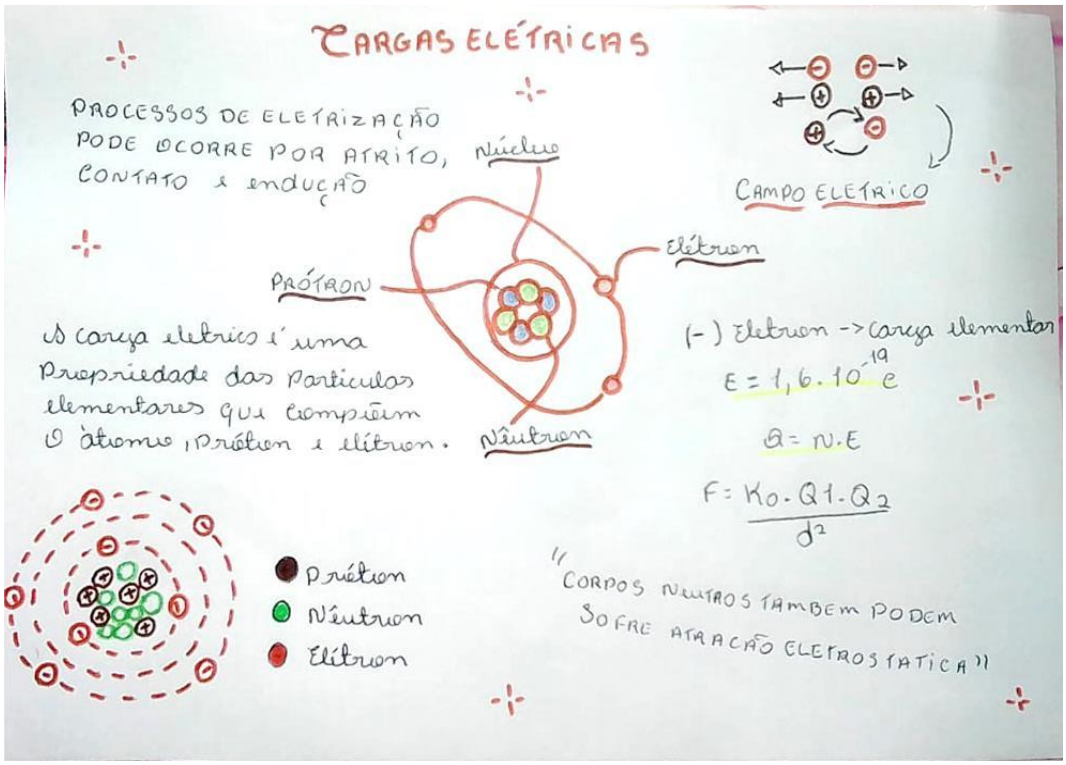


eletrização por contato e eletrização por indução.
Processo de eletrização:
• Eletrização por atrito:
Como o próprio o nome diz, atritando-se, ou melhor, colocando-se dois corpos constituídos de substâncias diferentes e, inicialmente, neutros em contato, um deles cede elétrons, enquanto o outro recebe.
• Eletrização por contato:
Dizemos que a eletrização por contato é o processo em que um corpo eletrizado é colocado em contato com um corpo neutro
• Eletrização por indução:
Dizemos que a indução eletrostática é o fenômeno de separação de cargas elétricas de sinais contrários em um mesmo corpo.

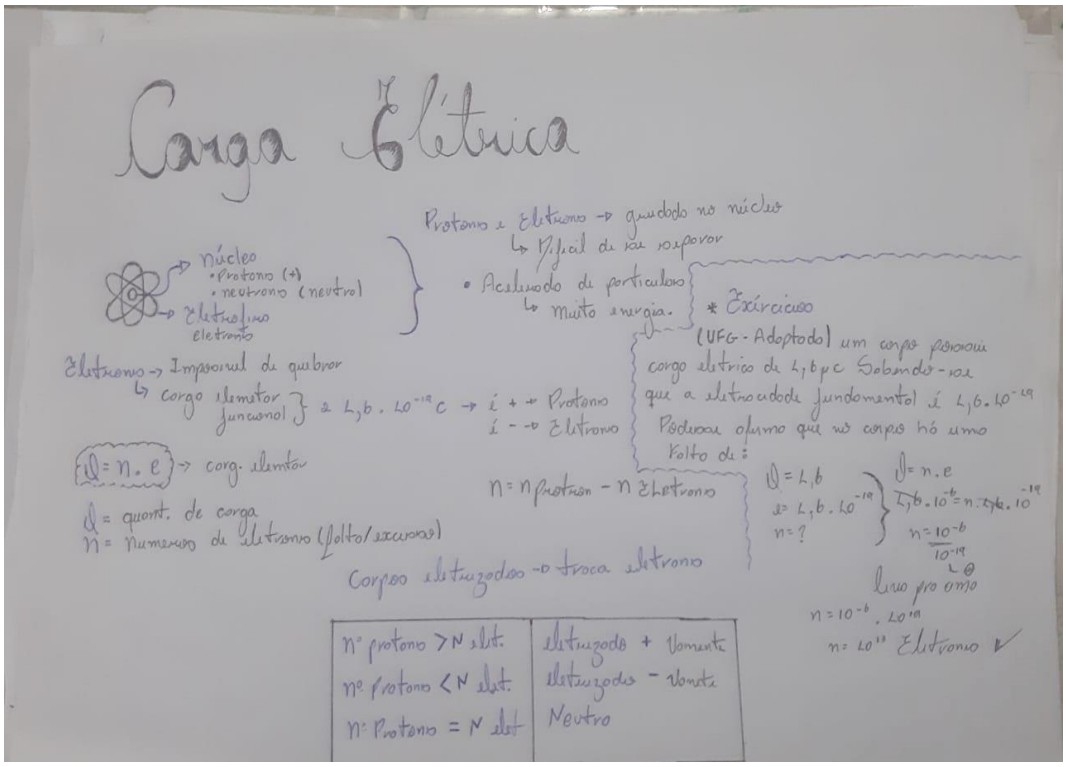
Isso ocorreu porque quando você atritou o canudo no papel, houve uma transferência de elétrons entre os dois corpos, o que deixou o canudo carregado eletricamente. Ao aproximar o canudo da lousa que são neutrons e atraido. Os corpos atritados ficam com cargas opostas.

8.1.2 Mapa conceitual sobre estrutura atômica

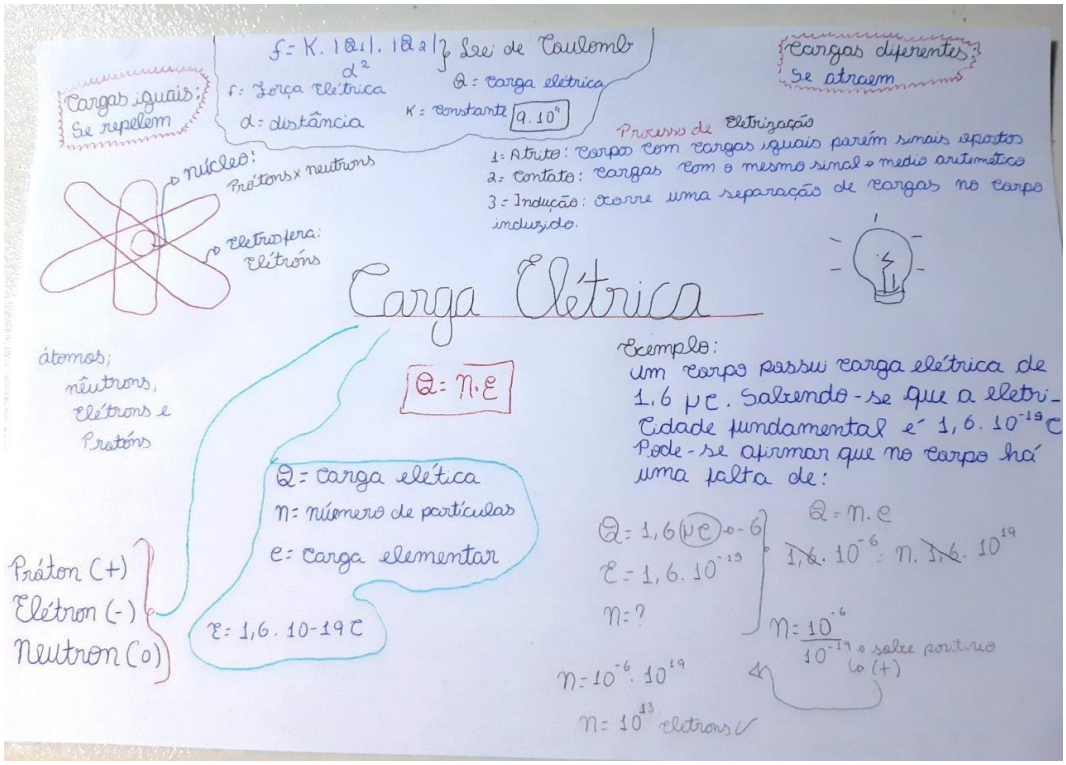
Aluno 1



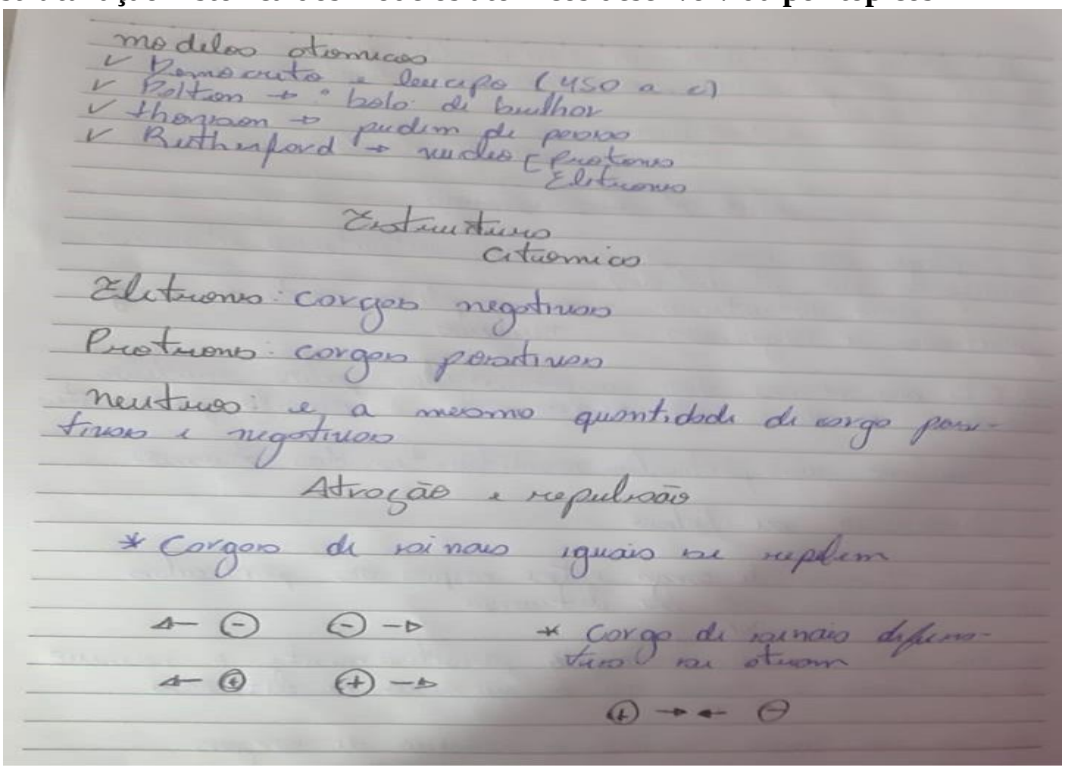
Aluno 2



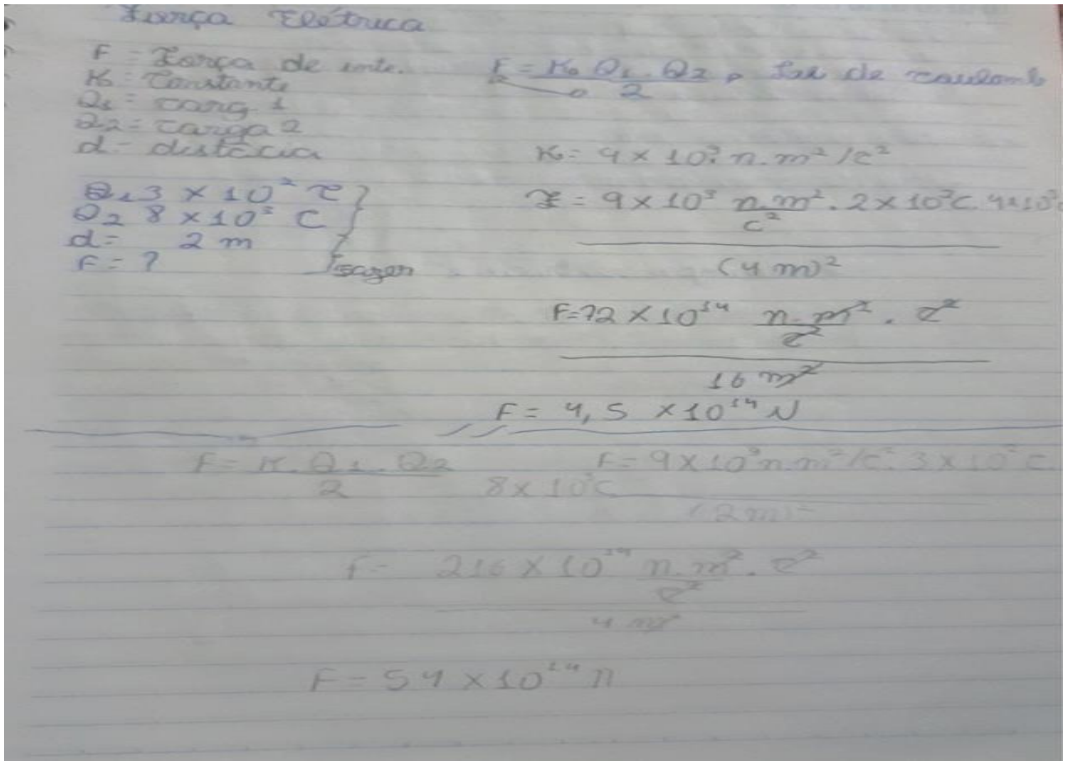
Aluno 3



8.1.3 Estruturação histórica dos modelos atômicos desenvolvida por tópicos



8.1.4 Atividade sobre força elétrica



Força Elétrica

F = Força de inte.
K = Constante
Q_1 = carg. 1
Q_2 = carga 2
d = distância

$F = \frac{K_0 \cdot Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$ → Lei de Coulomb

Q_1 3 × 10² C
Q_2 8 × 10² C
d = 2 m
F = ?

Dados

$K_0 = 9 \times 10^9 \, n.m^2/C^2$

$F = \frac{9 \times 10^9 \frac{n.m^2}{C^2} \cdot 2 \times 10^2 C \cdot 4 \times 10^2}{(4 m)^2}$

$F = \frac{72 \times 10^{14} \frac{n.m^2}{C^2} \cdot C^2}{16 m^2}$

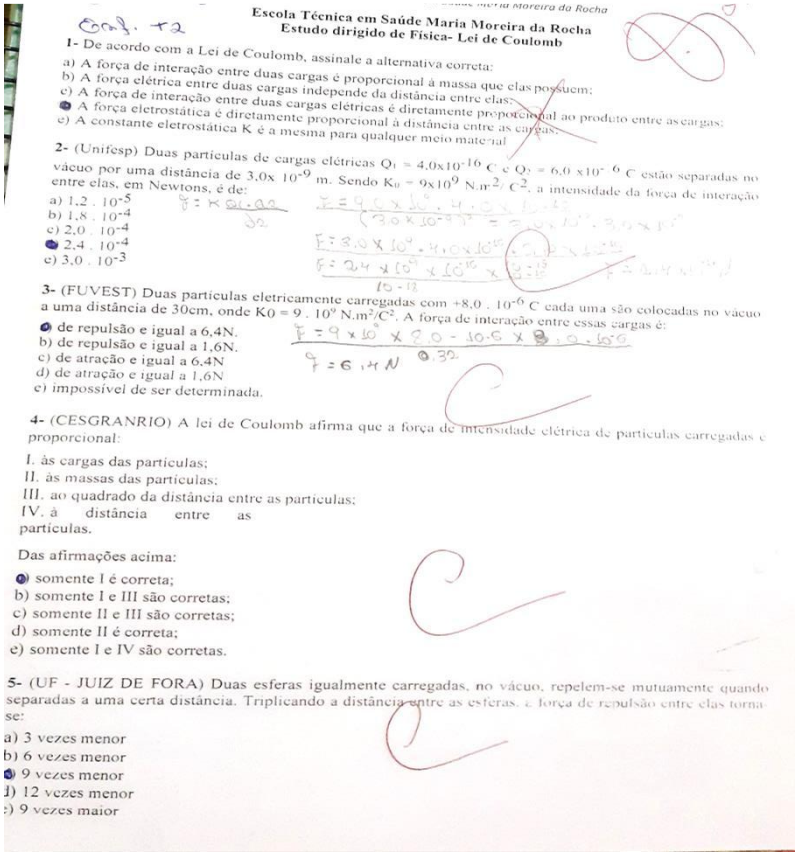
$F = 4,5 \times 10^{14} N$

$F = \frac{K \cdot Q_1 \cdot Q_2}{d^2}$ $F = \frac{9 \times 10^9 n.m^2/C^2 \cdot 3 \times 10^2 C \cdot 8 \times 10^2 C}{(2m)^2}$

$F = \frac{216 \times 10^{14} \frac{n.m^2}{C^2} \cdot C^2}{4 m^2}$

$F = 54 \times 10^{14} n$

8.1.4 Estudo dirigido sobre lei de Coulomb e Campo elétrico.



Escola Técnica em Saúde Maria Moreira da Rocha
Estudo dirigido de Física- Lei de Coulomb

1- De acordo com a Lei de Coulomb, assinale a alternativa correta:

a) A força de interação entre duas cargas é proporcional à massa que elas possuem;
b) A força elétrica entre duas cargas independe da distância entre elas;
c) A força de interação entre duas cargas elétricas é diretamente proporcional ao produto entre as cargas;
d) A força eletrostática é diretamente proporcional à distância entre as cargas;
e) A constante eletrostática K é a mesma para qualquer meio material

2- (Unifesp) Duas partículas de cargas elétricas $Q_1 = 4{,}0 \times 10^{-16}$ C e $Q_2 = 6{,}0 \times 10^{-6}$ C estão separadas no vácuo por uma distância de $3{,}0 \times 10^{-9}$ m. Sendo $K_0 = 9 \times 10^9$ N.m²/C², a intensidade da força de interação entre elas, em Newtons, é de:

a) $1{,}2 \cdot 10^{-5}$
b) $1{,}8 \cdot 10^{-4}$
c) $2{,}0 \cdot 10^{-4}$
d) $2{,}4 \cdot 10^{-4}$
e) $3{,}0 \cdot 10^{-3}$

3- (FUVEST) Duas partículas eletricamente carregadas com $+8{,}0 \cdot 10^{-6}$ C cada uma são colocadas no vácuo a uma distância de 30cm, onde $K_0 = 9 \cdot 10^9$ N.m²/C². A força de interação entre essas cargas é:

a) de repulsão e igual a 6,4N.
b) de repulsão e igual a 1,6N.
c) de atração e igual a 6,4N
d) de atração e igual a 1,6N
e) impossível de ser determinada.

4- (CESGRANRIO) A lei de Coulomb afirma que a força de intensidade elétrica de partículas carregadas é proporcional:

I. às cargas das partículas;
II. às massas das partículas;
III. ao quadrado da distância entre as partículas;
IV. à distância entre as partículas.

Das afirmações acima:

a) somente I é correta;
b) somente I e III são corretas;
c) somente II e III são corretas;
d) somente II é correta;
e) somente I e IV são corretas.

5- (UF - JUIZ DE FORA) Duas esferas igualmente carregadas, no vácuo, repelem-se mutuamente quando separadas a uma certa distância. Triplicando a distância entre as esferas, a força de repulsão entre elas torna-se:

a) 3 vezes menor
b) 6 vezes menor
c) 9 vezes menor
d) 12 vezes menor
e) 9 vezes maior

forma que a distância entre esferas consecutivas aumentava em progressão aritmética. O barbante foi suspenso e a primeira esfera ficou em contato com o chão. Olhando o barbante de baixo para cima, as distâncias entre as esferas ficavam cada vez maiores. Quando o barbante foi solto, o som das colisões entre duas esferas consecutivas e o solo foi gerado em intervalos de tempo exatamente iguais.

A razão de os intervalos de tempo citados serem iguais é que a:

a) velocidade de cada esfera é constante.
b) força resultante em cada esfera é constante.
c) aceleração de cada esfera aumenta com o tempo.
d) tensão aplicada em cada esfera aumenta com o tempo.
e) energia mecânica de cada esfera aumenta com o tempo.

7- (ENEM 2014) Em museus de ciências, é comum encontrarem-se máquinas que eletrizam materiais e geram intensas descargas elétricas. O gerador de Van de Graaff (Figura 1) é um exemplo, como atestam as faiscas (Figura 2) que ele produz. O experimento fica mais interessante quando se aproxima do gerador em funcionamento, com a mão, uma lâmpada fluorescente (Figura 3). Quando a descarga atinge a lâmpada, mesmo desconectada da rede elétrica, ela brilha por breves instantes. Muitas pessoas pensam que é o fato de a descarga atingir a lâmpada que a faz brilhar. Contudo, se a lâmpada for aproximada dos corpos da situação (Figura 2), no momento em que a descarga ocorrer entre eles, a lâmpada também brilhará, apesar de não receber nenhuma descarga elétrica.

Figura 1

Gerador de Van de Graaff

Figura 2

Descarga elétrica no gerador

Figura 3

Lâmpada fluorescente

Disponível em: http://naveastro.com. Acesso em: 15 ago. 2012.

A grandeza física associada ao brilho instantâneo da lâmpada fluorescente, por estar próxima a uma descarga elétrica, é o(a)

a) carga elétrica.
b) campo elétrico.
c) corrente elétrica.
d) capacitância elétrica.
e) condutividade elétrica.