



MNPEF Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENADORIA GERAL DE PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF

FERNANDO ALVES DE ANDRADE

**UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA INCORPORANDO ELEMENTOS DE
HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA A PARTIR DOS PROCESSOS DE
ELETRIZAÇÃO**

TERESINA

2020

FERNANDO ALVES DE ANDRADE

**UMA ESTRATÉGIA DIDÁTICA INCORPORANDO ELEMENTOS DE
HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA A PARTIR DOS PROCESSOS DE
ELETRIZAÇÃO**

Produto Educacional apresentado à
Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em
Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal
do Piauí como requisito parcial para obtenção do grau
de Mestre em Ensino de Física.

TERESINA

2020

RESUMO

A presente estratégia didática incorpora elementos de História e Filosofia da Ciência a partir dos Processos de Eletrização como uma possibilidade de enfrentamento de algumas contradições da modernidade no contexto educacional. Atentamos para uma proposta de explicação de conjunto a partir da mediação dos sujeitos históricos com os instrumentos materiais criados para se estudar os fenômenos elétricos como uma das condições necessárias para as alterações nas estruturas mentais desses sujeitos, o que permitiu a consolidação da teoria da eletricidade nos moldes como a conhecemos hoje. Assim, as narrativas históricas da estratégia pretendem evitar algumas construções textuais típicas das narrativas recorrentes em História e Filosofia da Ciência que historicamente tiveram forte influência do Operacionalismo, da Lógica Formal, do Positivismo e do Neopositivismo. Também discute as especificidades e as nuances da elaboração da ideia de processos de eletrização enfatizando as alterações nas estruturas mentais dos sujeitos históricos quando da interação social com instrumentos criados com a finalidade mediadora do que era tido como realidade com as concepções subjetivas acerca dessa realidade, enfatizando o papel mediador dos dispositivos conhecidos como máquina elétrica, Garrafa de Leyden e pilha voltaica.

SUMÁRIO

Introdução.....	4
1 As avaliações a partir de questionários abertos e a atividade livre inicial	4
2 Apreciação Crítica do Documentário	4
3 Os textos históricos, as características e os objetivos dos questionários abertos	4
4 As atividades experimentais:	4
5 A auto avaliação e a síntese integradora:.....	4
Questionário Inicial	4
Roteiro para a análise do documentário	7
Leitura geral.....	7
Leitura interna.....	7
Primeira leitura ideológica.....	8
Segunda leitura ideológica.....	9
Texto 1: Dos fenômenos aos registros escritos: a domesticação de um olhar pelas tentativas de explicação	10
Questões referentes ao Texto 01.....	14
Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 1	15
Texto 2: Dos primeiros dispositivos materiais à máquina elétrica.....	17
Questões referentes ao Texto 02.....	24
Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 2	25
Texto 3: Da máquina elétrica à Garrafa de Leyden: o modelo da eletricidade como um fluido	28
Questões referentes ao Texto 03.....	34
Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 3	36
Texto 4: Da Garrafa de Leyden à pilha voltaica: uma teoria constituída sem uma fundamentação em princípios gerais	40
Questões referentes ao Texto 04.....	57
Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 4	58
Momento De Execução da Atividade Experimental	63
Síntese Integradora E Auto Avaliação.....	64
Síntese Integradora	64
Autoavaliação	64
Bibliografia para o professor	66

Introdução

O presente documento estabelece as diretrizes, o planejamento e descrição das ações contidas na proposta de estratégia didática que incorpora elementos de história e filosofia da ciência a partir dos processos de eletrização. Essa estratégia foi efetivada no quarto período letivo do ano de 2019, em 12 aulas, do dia 12 de novembro ao dia 03 de dezembro, em uma turma de 3ª Série do Ensino Médio, no turno manhã, na Escola Militar Tiradentes V, no município de Timon, Maranhão.

É de ampla aceitação que devido a seu objeto de investigação a Física, antes de tudo é uma ciência natural, mas ao adotar o conceito de teoria física e das dimensões da Física aqui abordados, podemos aceitar além de seu caráter natural, que a Física também possui elementos de ciências humanas e de outros campos do saber; sendo pois uma ciência predominante, mas não exclusivamente natural.

No que se refere ao Ensino de Física a situação se passa de modo bem mais complexo, pois se de um lado é preciso problematizar a Física como uma ciência natural inserida no contexto amplo da cultura contemporânea, com o seu rigor lógico, com sua linguagem matemática e com todas as suas facetas epistemológicas; por outro lado essa prática só tem significados e sentidos quando não se perde o seu objetivo primordial que é a afirmação do humano como sujeito capaz de conhecer. Dessa forma, o Ensino de Física é paradoxalmente uma ciência natural, por conteúdo, e humana, por seus métodos e técnicas de abordagem desse conteúdo e por acontecer em grupos humanos inseridos em contextos espaço-temporais específicos.

Encarado o Ensino de Física a partir dessa concepção, abrimos às práticas a uma gama infinita possibilidades de abordagens sem, contudo, perder de vista o rigor desse saber, o que exige também um outro nível de sensibilidade do profissional para incorporar essas linguagens sem perder a especificidade de seu objeto. Assim, os temas em Física passam a ser encarados como oportunidades de problematizar a própria Física como uma elaboração social delimitada no espaço e no tempo, isso pode ser efetivado incorporando nos próprios temas elementos de História e Filosofia da Física, realizando operações de análises conceituais históricas atreladas ao próprio enriquecimento material das teorias.

Precisamos fazer isso em detrimento de apresentar leis e exemplos dessas leis como invariantes espaciais e temporais que estão ali e sempre estarão à espreita de um sujeito cognoscente. Pensando desse modo o conteúdo perde o seu status terminal e assume uma posição, assim como o professor, de mediador entre a Física e o aluno, vez

que a Física não se caracteriza somente pelos seus conteúdos, suas leis, suas experiências, antes é uma totalidade, uma síntese integradora de saberes acerca natureza, onde devido a ser uma ação antrópica é repleta de contradições.

Ensino de Física é uma batalha diária de tentativa de modificação de estruturas mentais de longa duração, por isso o trabalho educativo deve ser meditado, minuciosamente planejado e mesmo assim teremos resultados de pouco impacto, devido a infinitesimal velocidade do movimento desses estruturas de longa duração, que são extremamente lentas, o que pode ser interpretado com o uma ineficácia da ação por não termos instrumentos adequados para medir o impacto das ações educativas nessas estruturas. Ensino de Física é questionamento, é desestabilizar o sujeito, provocar, instigar a responder, a inquirir a qualidade da sua resposta e pensar na contramão, voltar para a mão, é lidar com o sonho, com a realidade, com abstração, com a comparação, com a analogia, com a alegoria, é encarar as possibilidades que não são as que estão como as regras do jogo da vida da reprodução da existência material, é afirmar a singularidade do sujeito capaz de conhecer.

Sabemos que todo processo de compreensão é uma mediação entre dois pensamentos conflitantes. O aprendizado pode ser interpretado como um diálogo entre a expectativa do observador e a ideia criada ou defendida pela comunidade científica; é como a apreciação estética de uma obra de arte (GAMA: 2006). A ciência é inacabada, completada, finalizada pelo olhar de quem apreende (SILVA: 2010). Por isso mesmo precisamos atentar para o campo semântico no qual gravita as ideias relacionadas ao Ensino de Física. O principal desafio para o Ensino de Física não é só proporcionar ao sujeito possibilidades de perceber como a Física está inserida no seu cotidiano, mas também possibilidades de perceber como a Física é uma estrutura indissociável do mundo contemporâneo e como as relações de poder jogam com esse ramo do conhecimento. Para reorientar a prática docente no Ensino de Física precisamos diversificar as linguagens passíveis de preencher o espaço da sala de aula precisamos ter em mente que por mais que alguma categoria ou conceito seja óbvia para nós professores, por mais que um conceito ou uma definição seja evidente, os alunos não possuem a mesma experiência e nem a mesma maturidade linguística que os professores, há a assimetria linguística. O professor atua, no sentido cênico, interpretando o saber, sempre reelaborando o jogo entre expectativa e clímax visando sempre que a finalidade do Ensino de Física é o intenso agora, o momento da ação (MITROVITCH, 2007), da compreensão, da afirmação positiva

da singularidade do humano. Assim o ato de saber ganha matizes estéticos, vez que é fonte de prazer e de problematização do humano.

Quando um sujeito é posto diante de um problema ele se vê às voltas com ele mesmo e tenta de todos os modos possíveis e imagináveis a resolver o dito problema. Não raro, os sistemas educativos formais não valorizam essas tentativas, priorizando apenas a resposta correta, traduzida numa escolha entre cinco possibilidades, ou o método da resolução já consagrado pela comunidade científica. Ao resolver um dado problema o estudante lança mão de habilidades como criatividade, poder de invenção e combinação, imaginação, poder de iniciativa, entre outras, que põem essa atividade no campo semântico da arte, e que essas habilidades não são comumente utilizadas no Ensino e na Aprendizagem padronizadas pelos sistemas educativos formais.

É nesse cenário que pensamos o Ensino de Física pautado em elaborações históricas conscientes das dificuldades conceituais em história, em educação e em filosofia, onde propomos caminhos possíveis para a superação das contradições e de alguns problemas epistemológicos

Nos nossos textos enfrentamos o desafio das palavras como índices de ideias, isto é, embora elas não representem a ideia, fornecem pistas de como o narrador articula suas ideias. Assim tomamos o cuidado de não usar terminologias tão caras à historiografia da ciência tais como *descoberta*, *invenção*, os nomes próprios extremamente adjetivados e carregados de uma solidão e um pioneirismo na pesquisa. Também o cuidado com as palavras no sentido de evitar o anacronismo como por exemplo adjetivar de físico um pensador da antiguidade, medievo, renascentista, moderno, vez que temos consciência que a divisão do conhecimento nos moldes como conhecemos na atualidade é um fenômeno relativamente recente, datando do final do século XIX para o início do século XX.

Outro cuidado com as palavras que observamos ao longo da construção de nossos textos foi o de não referência a fenômenos observados, documentados e explorados no passado sob a égide dos conhecimentos socialmente validados na contemporaneidade. Assim, acreditamos que é um erro historiográfico, um anacronismo afirmar que Tales de Mileto já observava os processos de eletrização na Antiguidade, ou mesmo que assim o fazia outro filósofo natural ou experimental da modernidade tal com Du Fay ou mesmo Franklin. Ao invés de processos de eletrização, optamos pela expressão de atração ou repulsão de corpos quando atritados, apresentando algumas pequenas variações de acordo com o contexto em questão.

Na pretensão de uma história capaz de superar as dicotomias entre a perspectiva internalista e externalista, temos como referencial de trabalho uma história pautada na duração, nas mudanças e permanências de elementos sejam eles teóricos ou materiais, fazemos isso com o desejo de integrar num todo em movimento – sendo que o desafio é apreender o ritmo e a velocidade desse movimento – tanto no que se refere aos mecanismos e na dinâmica das ideias que patrocinaram a elaboração da teoria dos processos de eletrização quanto nos aspectos humanos e sociológicos dos espaços e dos tempos nos quais os ingredientes dessa teoria foram gestados.

A narrativa historiográfica aqui construída está concentrada principalmente nos séculos XVI, XVII e XVIII, com algumas dilatações temporais tanto regressivamente quanto progressivamente com o intuito de recuperar elementos importantes de temporalidades não pertencentes a esses séculos e que são cruciais para a compreensão da narrativa¹.

O tempo de elaboração de algumas ideias em eletricidade é o mesmo tempo da transição entre a forma de conhecer característica das sociedades antigas e a nova proposta de conhecimento que marca o espaço ocidental de um tempo que vai do século XV ao século X, sendo que a teoria da eletricidade é filha do Esclarecimento (**Aufklärung**), tanto no espaço quanto no tempo. Enquanto o conhecimento antigo encarava a natureza como um organismo vivo com o qual o sujeito conhecedor interagia buscando a harmonia, a contemplação, o entendimento mais que o domínio, o conhecimento moderno foi gradativamente se constituindo a partir de uma nova espiritualidade, de uma mudança radical na postura filosófica em relação a natureza, vista agora como um sistema mecânico, desprovido de caráter divino, houve assim uma dessacralização da natureza.

Temos então duas formas diferentes de pensar que culminam em duas formas diferentes de agir no intuito de conhecer, respostas diferentes a preocupações diferentes em relação a um mesmo objeto, a natureza. Assim o conhecimento antigo e o conhecimento moderno diferem quanto aos métodos, à concepção de saber, concepção de natureza (BELTRAN, 2014).

¹ Nessa periodização e principalmente no século XVII temos o estabelecimento das bases do que viera posteriormente a ser chamado de método científico: um conjunto de regras mais ou menos estáveis orientadoras da atividade capaz de produzir um conhecimento pretensamente válido. A história dos processos de eletrização de certo modo é também uma face da história da constituição de um método científico ambicionado como um padrão a ser seguido.

O conhecimento científico positivista pautado na atividade experimental controlada, na linguagem matemática pretensamente objetiva e aparentemente distante tanto dos elementos religiosos quanto dos elementos filosóficos se constitui num processo de longa ou média duração e possui suas características delineadas somente no final do século XIX.

O professor de Física, vez ou outra, é confrontado na sua prática docente com diversos questionamentos tais como: Como Ensinar Física? Que escolhas teóricas ou metodológicas devemos fazer frente a um dado conteúdo a ser abordado em sala de aula? Que orientação devemos dar a nossas atividades: concentrar esforços em práticas experimentais ou no formalismo matemático referente a um modelo teórico explicativo de um fenômeno físico? Quais os limites e as possibilidades do pensamento analógico como ferramenta didática em Ensino de Física?

Toda e qualquer atividade em Ensino de Física, na prática experimental ou na pesquisa aplicada em Física Teórica, possui uma fundamentação epistemológica, consciente ou não, que a norteia. O desafio intelectual que é posto para o físico na atualidade é a proposição de uma filosofia da Física consistente que consiga abarcar como uma totalidade esses três ramos distintos do conhecimento físico. Caso o físico deseje uma solução plausível para tal problema, não pode esperar que outro profissional se ocupe do problema, não pode alienar-se, esquivar-se do problema, renegá-lo, postergá-lo. Antes deve aceitar a existência do problema, discuti-lo abertamente, aceitar a colaboração de outros especialistas como matemáticos, lógicos, epistemólogos, filósofos. A proposição de uma Filosofia é uma tarefa grandiosa e não pode ser levada a cabo de modo unilateral.

Como primeiro passo nessa empreitada podemos começar analisando como as teorias físicas se apresentam hoje nos manuais de ensino, nos textos base, nos currículos escolares e universitários e em seguida analisar como ocorreram as elaborações históricas de tais teorias. Essa tarefa relativamente simples exporia a nu diversas inconsistências teóricas e alguns erros semânticos, lógicos, epistemológicos e sintáticos que ainda hoje reverberam em teorias físicas pretensamente completas e acabadas.

Em diversos manuais de ensino tanto de nível básico universitário quanto nos voltados para a Educação Básica é comum iniciar o estudo da teoria eletromagnética a partir da eletrostática, mais precisamente pelos processos de eletrização: eletrização por atrito, eletrização por contato e eletrização por indução, apelando para o caráter empírico e fenomenológico desse saber.

O que causa impacto imediato é a referência aos gregos como os primeiros estudiosos que se ocuparam da eletricidade, indicando que o termo elétron possui origem grega e é devido ao âmbar, uma espécie de resina vegetal que apresenta propriedades elétricas quando sofre algum processo de atritamento superficial. Em seguida é apresentado o conceito de carga elétrica como sendo uma propriedade fundamental da matéria, os princípios fundamentais da eletricidade (Princípio da Conservação da Cargas Elétricas, Princípio da Atração/Repulsão da Cargas Elétricas) e a quantização da carga elétrica.

No geral esses procedimentos são realizados na primeira ou segunda aula do curso de modo mais ou menos espontâneo e operacional. Mas o que esse procedimento deixa implícito é que o conceito de eletricidade dos gregos não possui qualquer diferença do conceito de eletricidade aceito na contemporaneidade, de modo que induz a pensar que os temas abordados no presente da sala de aula já eram conhecidos na Antiguidade. Dessa forma incorre-se em um anacronismo bidirecional e no esvaziamento das possibilidades de problematizações epistemológicas além de se apresentar uma imagem da Física como um saber estático.

O anacronismo bidirecional ocorre por aproximar os relativamente distantes e por distanciar os relativamente próximos. Ao usar o termo eletricidade tanto no contexto da Antiguidade Clássica como no contexto da teoria da eletricidade válida na contemporaneidade aproximamos por indistinção duas ideias muito distantes no tempo e radicalmente diferentes, pois o que era compreendido como eletricidade pelos gregos pouco ou nada tem a ver com o que hoje entendemos como eletricidade, assim é preciso admitir a historicidade do termo eletricidade. O significante pode ser o mesmo, mas o significado com certeza não, as palavras também possuem história.

Ao apresentar a ideia de quantização da carga elétrica justaposta com o Princípio da Atração/Repulsão das cargas elétricas e mesmo a ideia de carga elétrica ao lado com o Processo de Eletrização por Atrito, incorre-se mais uma vez em um anacronismo uma vez que o fenômeno de atração de corpos leves quando atritados fazia sentido na cosmologia grega antiga, mas os demais saberes não existiam. Por distanciar no tempo as ideias de elétron, de carga elétrica e de quantização de carga elétrica, que são conhecimentos consolidados principalmente no início do século XX, associando-os ao universo grego também incorremos em um anacronismo, só que agora no sentido inverso do primeiro, distanciamos temporalmente o relativamente próximo.

Ao justapor de modo a histórico a eletricidade grega com a ideia contemporânea de elétron silenciámos ou escamoteámos o processo, o movimento de constituição do saber e apresentamos uma Física que embora nova, é interpretada como velha, caduca e sem conexão com a vida. Ora da concepção grega de eletricidade até à suposição da existência do elétron como sendo uma partícula material dotada de propriedades físicas como massa e carga elétrica, temos um grande intervalo de tempo, uma longa duração, caracterizando principalmente pela ação antrópica no sentido de elaborar modelos teóricos explicativos acerca diversos fenômenos naturais até então observados mas carentes de explicações logicamente encadeadas, coerentes e que apresentasse algum poder preditivo.

Perseguir o movimento de constituição da teoria da eletricidade nos moldes como a compreendemos hoje é antes de tudo buscar compreender o movimento de constituição da própria Física como ciência moderna, é perceber o quão é árduo o ato do conhecimento, quais elementos condicionam, integram, limitam, possibilitam esse ato. Percorrer essa trilha intelectual nos coloca vez ou outra de frente com os monstros, os fantasmas, os problemas epistemológicos que maculam o modo como a teoria é apresentada. Trilhar por esse caminho pode fornecer ferramentas para a superação do modo como o conhecimento é partilhado, é abrir o conhecimento físico para interpretações e valorações estéticas, é inserir o humano no seu ato fundante de saber.

Quando tratamos de eletrização por atrito, eletrização por contato e eletrização por indução, nessa ordem e em uma mesma página, também negamos o movimento, negamos o longo processo de maturação do psiquismo dos sujeitos que se ocuparam com tais problemas. Pela história, sabemos que os movimentos de corpos leves quando atritado era uma realidade observada em um tempo que se perde na cronologia, impossível de ser datado, mas os outros fenômenos embora sempre existentes, embora observados não eram dignos de registro ou de esforços no sentido de compreendê-los seja pela teoria da eletricidade seja por quaisquer outros modelos explicativos; de modo que o movimento de corpos leves quando postos em contato só foi inserido no bojo da eletricidade somente depois do século XVI, mais recente ainda foi a problematização da indução.

O estudo histórico dos processos de eletrização, além de concentrar esforços nas minúcias e nos detalhes desprezados pelas formas padronizadas de se apresentar esse saber, também propõe uma dinâmica radicalmente inédita, vez que se antes os processos de eletrização são apresentados na unidade relacionada a fenômenos de equilíbrio eletrostático agora podem ser apresentados na perseguição da constituição da ideia de

elétron, como sendo o elemento basilar da teoria eletromagnética. Assim, extrapola o modo estanque de apresentação, evidenciando uma Física repleta de vida e de movimento.

No modo como os processos de eletrização são apresentados, faz-se referências a procedimentos experimentais, pelo menos no âmbito teórico e da abstração, de transferir ou induzir cargas elétricas de um corpo para o outro. Porém, gasta-se pouco tempo problematizando o próprio fundamento da teoria da eletricidade que é a noção de carga elétrica. Agir desse modo é de certa reforma reproduzir os passos epistemológicos de constituição dessa teoria, que teve grande avanço semi fenomenológico, principalmente a partir do século XVI, sendo que seus fundamentos somente foram estabelecidos no início do século XX com o experimento de Milikan e a proposição da Mecânica Quântica.

Ao optar pela abordagem de média duração, do século XVII ao XX, perseguimos não só o delineamento dos processos de eletrização, mas também diversos ramos da eletrodinâmica como os efeitos térmico, químico, fisiológico, luminoso e magnético da corrente elétrica. Problematizamos também o processo de incorporação dos fenômenos atmosféricos do raio relâmpago e do trovão à teoria da eletricidade, perseguimos os desdobramentos que desembocaram na lei da força eletrostática, resgatamos os processos analógicos de produção do saber em eletricidade a partir da dinâmica dos fluidos sutis e mecânicos e da analogia mecânica-eletricidade no contexto da lei do inverso do quadrado da distância.

Assim, por falta de um termo melhor para se referir aos constructos históricos aqui elaborados usamos o termo processos de eletrização, mas acabamos por fazer uma reconstituição panorâmica do movimento de consolidação da teoria da eletricidade desde as suas ideias mais elementares até a consolidação da ideia de elétron, fornecendo uma imagem geral dos problemas práticos e teóricos enfrentados nessa empreitada, as soluções originais, as soluções analógicas e a relação do saber produzido com o tempo e o espaço de sua produção

No recorte de média duração, do século XVII ao XX, já temos uma gama infinita de problemas epistemológicos que podem ser explorados no sentido de proporcionar um quadro geral e amplo do que de fato é a Física, ou de como ela se constituiu. Vale lembrar que até o final do século XIX a Física como a conhecemos hoje não existia, de modo que fazer referência a saberes do passado ou sujeitos que se ocuparam de estudos de teorias que hoje são físicas usando o termo física ou físico é no mínimo um outro anacronismo.

Os processos de longa duração e de média duração imbricados na constituição da teoria da eletricidade por si só negam diversas concepções filosóficas acerca da Física,

principalmente o idealismo platônico, favorecendo a compreensão realista e material da Física. Tanto no Ensino de Física quanto na constituição de diversas teorias físicas diversos elementos de longa e média duração estão presentes, sendo que o problema da apreensão ou não da duração das permanências de certos saberes em Física em detrimento de outros conhecimentos pode se configurar como um problema epistemológico com profundas consequências para as relações de ensino e aprendizagem.

A longa duração se manifesta no Ensino de Física quando por exemplo ao se trabalhar com gravitação universal e sem preparar a pergunta, inquirir abertamente um aluno acerca da queda dos corpos, este, mesmo tendo estudado exaustivamente o tema, poderá afirmar que o corpo mais massivo desenvolverá um movimento com maior velocidade. Esse é apenas um caso de vários, sem contar na propagação das convenções e erros que ainda hoje reverberam em Física como o sentido real e convencional da corrente elétrica ou o mal-estar do tempo no Sistema Internacional de Medidas e Unidades. Percebemos que os alunos compreendem de modo racional, mas não se apropriam desse saber sem antes muito relutar consigo mesmo, pois aprender é antes de tudo uma atividade afetiva e emocional.

Outro grande mal-estar pode ser evidenciado quando estamos operando com os conhecimentos basilares da mecânica. Percebemos uma grande dificuldade de problematização dos conceitos de espaço e tempo e a mais que apressada apresentação da definição de velocidade média. Essa inabilidade é percebida até mesmo em Isaac Newton que delega a responsabilidade do espaço e tempo absolutos a Deus. O homem contemporâneo, assim como Santo Agostinho, sabe o que é o tempo quando se propõe a pensar sobre o tempo, mas não sabe o que o tempo é quando é questionado sobre a existência do tempo. É um aprendizado que decorre da experiência humana compartilhada na cultura, é a vivência da experiência do espaço e de tempo que vai constituir a ideia que temos sobre esses termos. As noções de espaço e tempo acompanham o homem desde a sua aurora, mas também esses termos possuem sua historicidade, o próprio tempo é vítima atroz de sua temporalidade.

Para auxiliar nessa compreensão adotaremos como pressuposto que os conceitos e as teorias são constituídos e modificados pela interação do sujeito com os instrumentos e elementos materiais que integram uma dada realidade na qual o sujeito está inserido. Nesse contexto os instrumentos medeiam a interação do sujeito com suas estruturas mentais, modificando-as e desenvolvendo o psiquismo que por sua vez, em um movimento dialético retorna novamente para o universo material dos instrumentos, como

gatilhos para novas mediações, qualitativamente diferentes das iniciais, em um loop de aceleração das pesquisas e estudos em eletricidade.

Para superar as perspectivas internalistas e externalistas, que apresentam leituras de realidade histórica de modo fragmentado, admitimos como pressuposto que mudanças históricas na sociedade e na vida material produzem mudança no universo humano, afetando tanto o comportamento quanto a consciência do sujeito histórico², de modo que há uma estreita correlação entre a vida material e a questões psicológicas concretas (VYGOTSKY, 2000).

Um ponto central do método materialista dialético é que todos os fenômenos são percebidos como processos em movimento e em mudança. Todo fenômeno tem sua história, caracterizada por mudanças quantitativas e mudanças qualitativas, isto é, mudanças tanto na forma quanto na estrutura e nas suas características básicas.

Nesse sentido, como condição ontológica, pelo trabalho, a ação humana pode transformar a natureza, forjando materialmente a sociedade e consolidando o ser. Ao agir o ser atinge um objetivo que antes de ser efetivado fora projetado na consciência, o sujeito mentaliza o seu resultado antes de agir. Com essa capacidade de idear antes de objetivar o ser cria diversas possibilidades de ação e ao escolher algumas possibilidades em detrimento de outras, cria algo radicalmente novo, modifica a natureza sem a destruir e modifica a si mesmo, amadurece seu psiquismo, reorienta suas práticas, produz instrumentos e ferramentas com os quais retorna novamente para a natureza fomentando novas objetivações³ (LESSA, 2011). Assim, o uso de instrumentos é um meio pelo qual o homem transforma a natureza e, ao fazê-lo, transforma também a si mesmo (VYGOTSKY, 2000)

O processo de objetivação, a transformação da natureza pelo trabalho, fundamento do ser social, vez que o sujeito só existe em sociedade com a qual se relaciona

² Vygotsky explorou a fundo a ideia de que as atividades tecnológicas de uma população são a chave da compreensão do psiquismo dessa população.

³ O resultado de processo de objetivação é, sempre alguma transformação da realidade. Toda objetivação produz uma nova situação, pois tanto a realidade já não é mais a mesma (em alguma coisa ela foi mudada) quanto também o indivíduo não é mais o mesmo, uma vez que ele aprendeu algo com aquela ação [...] ao construir o mundo objetivo, o indivíduo também se constrói (LESSA, 2011, p. 19).

e essa relação ocorre pelo trabalho⁴; é crucial para a compreensão da ideia de mediação⁵, ideia capital para a elaboração de nossa narrativa histórica.

Ao problematizar a constituição da teoria da eletricidade em sua dimensão temporal concentrando esforços nas formas como essa teoria foi materialmente enriquecida observamos que há uma estreita correlação entre os instrumentos materiais elaborados única e exclusivamente com o intuito de se pesquisar a teoria da eletricidade e os conhecimentos que foram constituídos a partir da interação com esses instrumentos. Do perpendicular à balança de torção elétrica, há uma grande quantidade de instrumentos materiais voltados para o estudo da eletricidade criados e gradativamente aperfeiçoados até culminar com a elaboração de instrumentos dotados de escalas de medição, o que possibilitou a matematização da teoria. O estabelecimento dessas relações matemáticas precisas em eletricidade impulsionou o desenvolvimento de teorias matematizadas, quantitativas da eletricidade e do magnetismo em detrimento dos conhecimentos experimental e descritivo característicos dos séculos XVII e XVIII. No século XIX, houve a ousadia de se buscar explicações mais abstratas dos fenômenos ora em tela, tendo como elemento balizador e fonte de inspiração a mecânica newtoniana, a partir da qual foram estabelecidas certas analogias tanto teóricas quanto experimentais. Nesse contexto a teoria dos fluidos foi de grande utilidade para a construção de uma teoria eletromagnética não só consistente quanto à explicação fenomenológica e operacionalista como também coerente com o conhecimento da filosofia natural socialmente aceito.

Outro ponto que merece destaque é que os textos de história da eletricidade enfatizam a exaustão da experimentação, mas não problematizam as possibilidades e as limitações desses experimentos de modo que podem induzir o leitor a ter como sinônimas a ideia de experimento contemporânea com a ideia de experimento moderna. Ora o experimento moderno de muito difere do experimento contemporâneo, a começar pelo seu caráter qualitativo, principalmente nos séculos XVI, XVII e XVIII e pela escassez do tão rigor metodológico característico da experimentação contemporânea

⁴ O trabalho é a categoria fundante do universo humano, pelo trabalho são produzidas as bases materiais da existência e as condições de transformação da natureza.

⁵ [...]Vygotsky estendeu o conceito de mediação na interação homem-ambiente pelo uso de instrumentos, ao uso de signos. Os sistemas de signos (a linguagem, a escrita, o sistema de números), assim como o sistema de instrumentos, são criados pelas sociedades ao longo do curso da história humana e mudam a forma social e o nível de seu desenvolvimento cultural. Vygotsky acreditava que a internalização dos sistemas de signos produzidos culturalmente provoca transformações comportamentais e estabelece um elo de ligação entre as formas iniciais e tardias do desenvolvimento individual. (VYGOTSKY, 2000, p. 7)

Ao nos debruçar sobre a história da teoria da eletricidade também observamos que não existe um todo coeso capaz de ser denominado História da Física, mas sim um conjunto de saberes mais ou menos dispersos, cada um seguindo um caminho próprio, apresentando especificidades e problemas epistemológicos específicos, de modo que cada teoria que hoje compõe a Física apresenta trajetórias temporais únicas, cada teoria possui uma história que é irreduzível. Assim a história da Cinemática não se confunde com a história da Dinâmica, que não se confunde com a história da Gravitação Universal e assim sucessivamente

Como uma forma de incorporar, nos processos avaliativos, os elementos problematizados ao longo desses três primeiros capítulos, propomos provocar tanto os alunos como os professores a trabalharem com produções textuais acerca do que está sendo trabalhado em sala, como sínteses integradoras e como tradução para nós mesmo do que estamos pensando sobre o dito trabalho. Produzir textos é se projetar violentamente no papel, é criar, é afirmar a humanidade singular de quem escreve, é existir, é materializar índices de ideias, é fornecer pistas de como estão funcionando as estruturas mentais e internas (JOBIM E SOUZA: 1994). Assim temos um rico material para nos debruçarmos e repensamos o Ensino de Física.

1 As avaliações a partir de questionários abertos e a atividade livre inicial

Como instrumento avaliativo usamos questionários abertos, compostas por um número considerável de questões apresentadas por escrito

Essa técnica além de além de ser adequada às condições de aplicação das atividades avaliativas propostas em sala de aula, ao fazer uso de questões abertas, ou duplas⁶, com uma parte fechada e outra aberta, permite a afirmação do sujeito participante pela sua expressão (GIL, 2002) e é uma forma alternativa de atividade avaliativa capaz de superar as avaliações operacionais quantitativas em Ensino de Física. Assim, os questionários abertos são consoantes com os pressupostos educacionais admitidos pela pesquisa e com a proposta de problematização de textos históricos em sala de aula.

Considerando que a Escola Militar Tiradentes V encara o desafio de ser uma das melhores escolas públicas de Timon, entendemos que algumas limitações intrínsecas à técnica de questionários sejam minimizadas como por exemplo a exclusão de pessoas analfabetas ou deformações nas respostas devidas a falta de entendimento, pois os sujeitos da pesquisa são discentes da última série da Educação Básica, estão finalizando um ciclo formativo extremamente importante. Também os questionários foram destinados para as atividades em sala de aula, em condições espaciais extremamente favoráveis.

Recomenda-se que questionários voltados exclusivamente para as finalidades de pesquisas contenham perguntas elaboradas de modo claro e preciso, que induza a uma única interpretação e que possam ser respondidas sem dificuldades, sempre ponderando o nível de informação do interrogado e seu sistema de referência, problematizando uma ideia por vez. Também é recomendado, evitar perguntas diretas que incluem o sujeito na pergunta em geral, vez que estas tentem ser respondidas em atitude de fuga (GIL, 1987).

Compreendemos que tais recomendações visam otimizar o processo analítico, contudo entram em flagrante contradição com os pressupostos educacionais aqui admitidos e mesmo com as orientações normativas voltadas para o Ensino Médio, que defendem a contextualização das perguntas e a obtenção processual das respostas. Além disso, os questionários abertos possibilitam uma gama variada de possibilidades de respostas, e é a partir dessas respostas abertas que é possível perseguir os significados e os sentidos elaborados pelos sujeitos em relação às estratégias aqui empregadas.

⁶ Perguntas duplas: Parte fechada e parte aberta. Em geral pergunta-se algo cuja resposta é sim ou não, seguida da pergunta “Por quê?”.

Além disso, as atividades propostas fizeram parte da composição da nota quantitativa do quarto bimestre, atendendo a todas as exigências metodológicas e pedagógicas exigidas pelo Colégio Militar Tiradentes V.

Como a estratégia didática foi efetivada somente no quarto bimestre, imediatamente após a realização das provas do Exame Nacional do Ensino Médio - ENEM, isto é, com cerca de 90% dos conteúdos do currículo de Física já integralizados, a atividade livre inicial consistiu em um questionário aberto de 05 (cinco) questões com o objetivo de explicitar as compreensões dos discentes no que diz respeito ao princípio de conservação da carga elétrica, imbricado na conservação da corrente elétrica, e ao princípio da conservação da energia potencial elétrica. Em seguida os alunos foram provocados a se colocarem em situações cotidianas nos quais ocorrem fenômenos observáveis específicos capazes de serem problematizados a partir dos princípios fundamentais da teoria da eletricidade.

As questões foram elaboradas e utilizadas por tratar de conceitos e ideias em Física extremamente complexas de alto poder sintético, que beira ao indizível na Física, faz parte de uma concepção de mundo, de um pressuposto metafísico, que são as leis e princípios de conservação e de simetrias que supostamente a natureza manifesta e que tomamos como algo dado e implícito no Ensino Médio.

Essas questões também podem ser utilizadas com indicador da eficácia do ensino operacionalista, excessivamente matematizado voltado para os exames admissionais em faculdades e universidades que pressionam o cotidiano escolar, exigindo tanto dos professores como dos alunos comportamentos específicos frente ao conhecimento. Assim essas questões podem ser interpretadas como indicativo de aprendizagem dos conceitos já abordados ao longo do ano letivo e que precisam ser ativados para solucionar as situações problemas. Também elas podem fornecer indicativos do amadurecimento linguístico do aluno, de sua capacidade de se fazer entender pela escrita.

Embora a atividade inicial tenha importância capital para a elaboração dos textos históricos e para a eficácia da pesquisa, segundo os motivos acima elencados; por ser uma atividade livre, não foram elencadas categorias analíticas precisas, sendo que os indicadores utilizados foram a capacidade de expressão e de ativação dos saberes que supostamente o aluno possui.

2Apreciação Crítica do Documentário

O documentário pode ser exibido integralmente em sala de aula imediatamente após a realização da atividade livre inicial, com o objetivo de proporcionar aos alunos a apreciação crítica do documentário produzido pela British Broadcasting Corporation (Corporação Britânica de Radiodifusão BBC), intitulado **A História da Eletricidade – Choque e Temor: A Faísca - Episódio 01**, de modo que posteriormente eles sejam capazes de confrontar os pressupostos filosóficos e históricos que permeiam a produção com os pressupostos intrínsecos à estratégia didática objeto do presente trabalho.

O referido documentário é uma produção inglesa, de caráter histórico que apresenta narrativas como uma espécie de epopeia rumo ao conhecimento verdadeiro, levada a cabo por gênios solitários. Apresenta uma concepção de tempo linear associado ao tempo cronológico, com uma relativa valorização dos pesquisadores ingleses em detrimento dos pesquisadores de outras nacionalidades. O documentário tem como cenários paisagens estáticas, que destacam o narrador, fortalecendo o instituto do verdadeiro presente na sua fala. Também o documentário possui uma trilha sonora de suspense, convidando o espectador a se inserir na atmosfera de descoberta que o documentário propõe.

Presenciamos na contemporaneidade a consolidação de uma cultura visual da qual não podemos escapar. Nesse contexto, vez ou outra a escola é desafiada a interagir com as imagens, seja fotografias ou filmagens, nos mais diferentes meios e suportes. No caso do consumo ou apreciação imagética no contexto da sala de aula em Ensino de Física, é cada vez mais frequente e por isso é preciso problematizar o gosto, a sensibilidade, a postura de expectador e a postura epistemológica frente às imagens no sentido de buscar uma leitura da imagem segundo os objetivos da atividade desenvolvida, o que não ocorre na maioria das vezes.

Como poderoso instrumento de trabalho, em Ensino de Física é possível inserir tanto narrativas cinematográficas do campo ficcional quanto do campo não-ficcional, sendo que esta pode ser por exemplo documentários de naturezas diversas e aquelas podem ser do gênero ficção científica ou ainda de natureza diversa consoante com os objetivos e os temas que se pretenda trabalhar. É frequente o uso de produções audiovisuais no contexto pedagógico sem quaisquer problematizações acerca de suas especificidades e complexidades, apenas como dispositivo ilustrativo de uma dada temática problematizada em sala de aula.

Como um documentário histórico são em geral composições clássicas veiculadas por tvs a cabo, alternando formas como depoimentos/entrevistas e voz 'over' explicativa, imagens em movimento com o pretense objetivo de apresentar a verdade (RAMOS, 2002), nem sempre é o gênero fílmico apreciado ou experimentado pelos alunos, de modo que é preciso inseri-los na apreciação crítica da produção documental histórica. Tarefa extremamente difícil vez que é preciso compreender o filme como um discurso falado, escrito e imagético que possui diversas funções que não só o entretenimento. É preciso adentrar nas diversas camadas de sentidos e significados que o documentário histórico possibilita, ultrapassar a imagem e a fala que são apresentadas de modo imediato ao espectador.

No início da apresentação do documentário os alunos receberam um roteiro de apreciação crítica contendo diversos questionamentos capazes de guiar a atividade de apreciação. Esse roteiro, elaborado com questões abertas, inicia com perguntas acerca do gosto, da escolha e das preferências que os alunos no que diz respeito a produções audiovisuais. Assim o primeiro passo da atividade é o aluno explicitar suas preferências e que tipo de experiência desenvolvem como espectadores. Ao longo de toda a estratégia didática foi preciso atentar para necessidade de problematizar o que os alunos assistem, municiar o olhar, buscar inserir o áudio visual tanto no seu contexto de produção quanto no seu contexto de recepção.

Depois dessa primeira provocação, os alunos foram convidados a realizar apreciações críticas do documentário no que diz respeito aos seus aspectos gerais, seus aspectos internos e seus aspectos ideológicos, de modo que depois dessa apreciação crítica o aluno seja capaz de confrontar sozinho a narrativa do documentário com a narrativa da estratégia didática.

No que diz respeito aos aspectos gerais, os alunos são convidados a refletir sobre o caráter coletivo da produção, os seus custos elevados, sobre o conceito de filme, que profissionais estão envolvidos nessa empreitada e que tipo de produção predomina no mercado brasileiro. Essa reflexão tem o caráter de indicar que devido ao alto custo e complexidade da produção, esta não se resume somente à função de entreter, sendo que há diversos objetivos embutidos na produção, sendo, pois, necessário, identificar os objetivos explícitos e implícitos do documentário apreciado.

Na leitura interna do documentário o aluno concentra seus esforços na captação dos elementos internos da produção: os cenários, o figurino, os efeitos, a fotografia, os

enquadramentos, as tomadas, trilha sonora entre outros. Nesse ponto o aluno é desafiado a ler a produção audiovisual tal como faz leituras de textos escritos, sendo que no final dessa leitura o aluno é convidado a apresentar a ficha técnica da produção. Com essa atividade emergem tanto as especificidades que enquadram a produção no gênero documentário histórico, com mecanismos e linguagens própria, quanto o caráter pedagógico da produção audiovisual selecionada, vez que o aluno é provocado a relacionar as propostas do documentário com as propostas da estratégia didática.

A última seção do roteiro de apreciação crítica do documentário se concentra os aspectos ideológicos da produção, exigindo uma leitura desta para além de seus aspectos gerais e de seus elementos internos, compreendendo que por mais que se tenha uma proposta de evidenciar um fato histórico, não é a verdade histórica que está sendo ali representada, não é a realidade, mas uma reconstrução desta, fundada em linguagens próprias em contextos de produção e recepção específicos. Assim o aluno, como espectador ativo, não apenas recebe os sons e as imagens, mas os recria, produz diálogos com estes, nega a pretensão de verdadeiro do documentário ao identificar seus elementos ideológicos, os seus implícitos, seus elementos contraditórios, suas pretensões universalistas.

Após esses três procedimentos, pretende-se elucidar o documentário **A História da Eletricidade – Choque e Temor: A Faísca - Episódio 01**, identificando como ele se relaciona com a presente estratégia didática, desalienando os alunos dos elementos visuais, proporcionando interpretações mais profundas de modo a relacionar o problema do documentário com os problemas tratados em sala de aula. Com tal prática possibilitamos ao aluno um momento para que este inconscientemente organize, planeje, elabore conexões entre o que ocorre em sala e com as diversas atividades que se desdobram tanto no ambiente escolar como fora dele, sempre tendo na alça de mira um processo de ensino e aprendizagem, repleto de vínculos, de modo a ser prenhe tanto de significados quanto de sentidos.

O roteiro de apreciação crítica do documentário histórico deve ser entregue tão logo sejam explicado a dinâmica de implementação da estratégia didática, podendo ser aos alunos foi cedido o link do canal onde o documentário está disponível, de modo que o aluno seja capaz de rever indefinidamente o documentário, ao longo de todos os passos da estratégia didática, podendo revisitá-lo cada nova proposição de atividade. As respostas desse roteiro podem ser recolhidas somente na última etapa da estratégia e a cada problematização do texto histórico trechos da documentário podem ser resgatados em

situação de confronto ora consoante ora dissonante, fornecendo elementos para o preenchimento desse roteiro.

Ao finalizar esses dois primeiros procedimentos, a atividade inicial livre e a apreciação do documentário, que podem ser efetivados em três aulas de 50 min (cinquenta minutos); recomenda-se as leituras, interpretações e problematizações dos textos históricos que tratam da constituição da teoria da eletricidade.

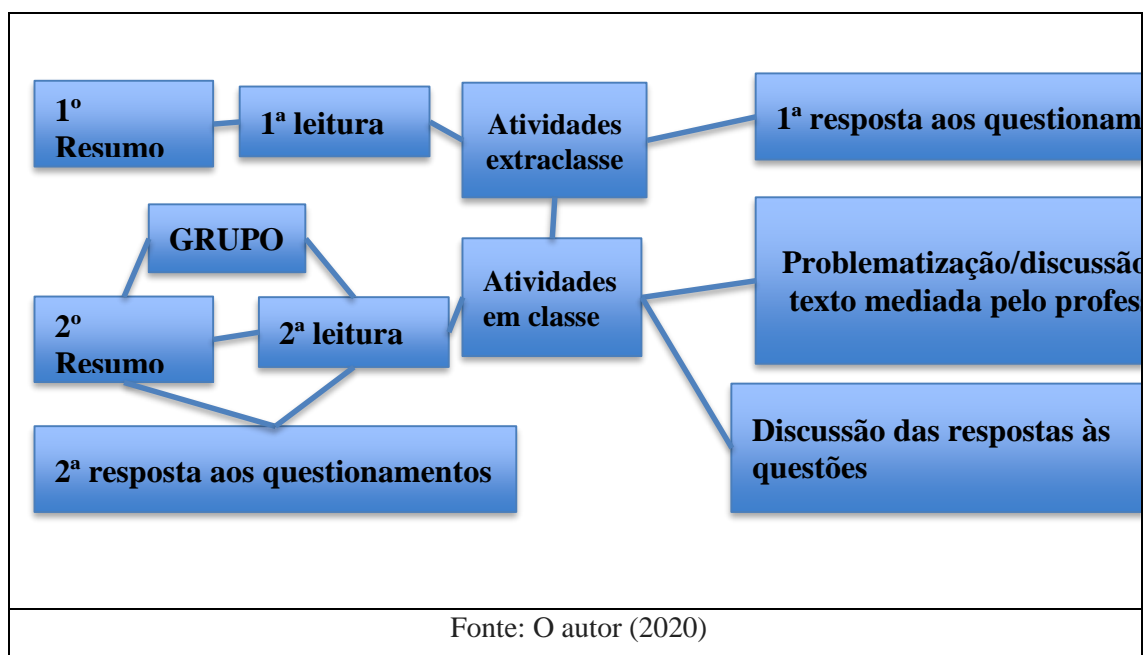
3 Os textos históricos, as características e os objetivos dos questionários abertos

O trabalho principal da estratégia didática consiste na leitura, interpretação e problematização dos textos históricos. São quatro textos históricos, partindo de um tempo histórico da longa duração em direção ao tempo da média e curta duração, problematizando o processo de constituição da teoria da eletricidade, tendo como mote principal os processos de eletrização.

Recomenda-se a distribuição de um texto por vez, sempre no final de um dia de trabalho o aluno recebe o texto, já seguido dos questionamentos, de modo a permitir que tanto a sua primeira leitura quanto o esboço de algumas respostas aos questionamentos ocorra fora do ambiente escolar. Assim é solicitado as respostas do aluno na próxima aula acompanhado de um resumo do texto, manuscrito.

Da quarta aula em diante, seguimos procedimentos relativamente constantes, onde a turma foi dividida basicamente em cinco grupos, onde na primeira aula do dia os alunos se reuniam para confrontar e discutir suas respostas individuais e no final do processo teriam que elaborar um resumo e uma resposta do questionário comum a todo o grupo. Essas atividades foram planejadas de modo a proporcionar o diálogo horizontalizado e valorizar a dimensão coletiva da produção do conhecimento. Nas duas aulas seguintes foram problematizados o texto e as questões, sempre focando no processo de integração sintética entre os saberes teóricos matemáticos problematizados ao longo do ano letivo e os saberes propostos na estratégia didática. No final da aula, um próximo texto e as questões foram distribuídas para as aulas da semana seguinte. Procedimento adotado na problematização dos quatro textos propostos, sendo que à medida que as discussões foram avançando a complexidade das atividades propostas foram aumentando, tanto no que diz respeito aos textos quanto aos questionamentos que os acompanharam.

O quadro abaixo sintetiza o processo de problematização dos textos históricos tanto nas atividades extraclasse como nas atividades em grupo e nas sínteses finais realizadas após a problematização e discussão em sala de aula, mediadas pelo professor.

Quadro 1 - Resumo do processo de problematização dos textos históricos

A tabela abaixo apresenta uma estimativa de tempo (aulas) necessário para a aplicação dos textos históricos. Assim, desconsiderando o tempo de interação dos alunos com o texto nas atividades desenvolvidas em casa, foi problematizado um texto por semana letiva, como propormos quatro textos históricos, o tempo mínimo de problematização dos textos foi de um mês.

Tabela 1 - Estimativa de tempo para problematização dos textos históricos.

ETAPAS	AULAS (45 min)
Leitura do texto e em Grupo	0,5
Elaboração do Resumo do Grupo	0,5
Resolução das questões do Grupo	0,5
Problematização/discussão do texto	1,0
Discussão das respostas às questões mediadas pelo professor	0,5

Fonte: O autor (2020)

O primeiro texto, intitulado **Dos fenômenos aos registros escritos**: a domesticação de um olhar pelas tentativas de explicação, é acompanhado por 05 (cinco) questões e problematiza uma longa duração na qual os fenômenos atmosféricos quando das tempestades eram associados e elementos míticos e religiosos e onde os fenômenos de movimentos de corpos metálicos leves na presença de imãs naturais e de corpos leves

quando sofriam algum processo de atritamento ou não eram observado ou não eram dignos de registro. O texto aponta um marco de referência na problematização da eletricidade nos moldes da nascente ciência moderna

Já o segundo texto, com o título **Dos primeiros dispositivos materiais à máquina elétrica**, também acompanhado por 05 (cinco) questões, já sugere que o processo de eletrização por atrito era relativamente bem dominado pela comunidade de intelectuais europeus do século XVII, sendo que o aprofundamento dos estudos foi patrocinado pela interação social dos sujeitos com dois artefatos elaborados única e exclusivamente com o intuito de se estudar o fenômeno do movimento dos corpos leves quando inicialmente atritados: o perpendicular, o versório e a máquina elétrica. Principalmente com a máquina elétrica foi possível produzir e estudar o que hoje compreendemos como efeitos da corrente elétrica – o efeito térmico, o efeito fisiológico, o efeito químico, o efeito luminoso e o efeito magnético. O texto também problematiza como o fenômeno de repulsão de corpos leves depois de atritados, antes tido como uma anomalia, foi gradativamente incorporado à teoria da eletricidade.

O terceiro texto, **Da máquina elétrica à Garrafa de Leyden**: o modelo da eletricidade como um fluido, apresenta uma densidade e uma complexidade maior que os dois textos anteriores, vez que os alunos já se encontram mergulhados nas especificidades dos problemas em torno dos quais gravitam a estratégia didática. Para dar conta dos problemas discutidos no texto, foram elaboradas 09 (nove) questões, tratando da aceleração das pesquisas em eletricidade com elaborações de saberes de caráter empírico e fenomenológico. Aborda diversos conceitos físicos, sendo, portanto, um texto fundamental da estratégia por problematizar o aparecimento dos efeitos da corrente elétrica, o processo de elaboração da série triboelétrica, a condução de eletricidade por longas distâncias e a relação com o inverso da distância, a elaboração de modelos teóricos explicativos nos moldes da ciência moderna, ora em operação analógica com a dinâmica dos fluidos, ora admitindo a eletricidade como um fluido sutil com propriedades mecânicas, a incorporação de alguns fenômenos atmosféricos à teoria da eletricidade.

Finalizando, o quarto texto com o título **Da Garrafa de Leyden à pilha voltaica**: uma teoria constituída sem uma fundamentação em princípios gerais, é o mais denso de todos, acompanhado por 10 (dez) questionamentos. Tem como principal motivação a constituição da teoria eletromagnética nos moldes como a conhecemos hoje, tratando da proposição da ideia do elétron como uma partícula material com propriedades físicas como massa e carga elétrica, dos processos de armazenamento de energia potencial

elétrica em dispositivos como as pilhas e baterias, dos avanços em química devido aos processos de eletrólise, da matematização da teoria a partir da analogia tanto com a gravitação universal quanto com a mecânica dos fluidos.

Apresentadas algumas possibilidades de problematizações dos textos bem como as categorias analíticas básicas norteadoras da pesquisa, deixamos claro que embora a estratégia didática contenha outros elementos como a atividade livre inicial, a apreciação crítica do documentário e a atividade experimental de cunho histórico, os esforços analíticos serão concentrados nas produções textuais dos alunos principalmente no que diz respeito às repostas às questões do texto, também focaremos nas sínteses integradoras e nas autoavaliações. Isso não quer dizer que não iremos problematizar os demais elementos, mas sim que somente desenvolvemos categorias de análises para as produções textuais já referidas.

4As atividades experimentais:

Uma poderosa ferramenta pedagógica possível é a proposição de atividades experimentais em Ensino de Física, por possibilitar a materialização de diversos elementos teóricos relativos aos fenômenos físicos problematizados como conteúdos em sala de aula, pois historicamente os conceitos teóricos foram gradativamente formados e modificados no processo da experimentação, o mesmo ocorrendo com a formulação das leis fundamentais que descrevem diversos fenômenos (ASSIS, 2018). A realização dessas atividades abre um novo mundo para os alunos onde a ciência pode se concretizar no cotidiano e deitando fora diversas figuras mentais estereotipadas sobre a ciência e o cientista. Assim, o trabalho com experimentos históricos⁷ favorece o desenvolvimento, a apreensão e a internalização dos conceitos, a compreensão da validade do experimento frente a construção histórica da teoria, além de permitir a eficácia da atividade experimental (BOSS, 2011).

Como estratégia didática eficaz é recomendado propor experimentos históricos que persigam uma fidelidade aos princípios que garantam a eficácia da atividade experimental de modo a possibilitar o emprego de com materiais facilmente acessíveis em casa ou no comércio (ASSIS, 2018). Sendo recomendado também que os alunos sejam os protagonistas de todo o processo da atividade, desde o planejamento dos primeiros passos até a apresentação da atividade (BOSS, 2011).

Vale destacar que os procedimentos experimentais com essas orientações operam com a ressignificação de materiais ordinários do cotidiano material do aluno, dispensando a o laboratório de ciências como o lugar privilegiado na produção da ciência. Com o uso de materiais ordinários ressignificados o laboratório é a sala de aula, o pátio da escola, o quintal de casa. O laboratório é a mente, é o mundo.

Uma vez que este é solicitado a montar o experimento, por método de tentativa e erro, pela criatividade; mesmo que o experimento seja replicado da internet, o aluno tem que adequar a experiência ao seu contexto, sempre buscando alternativas criativas e baratas para a construção do experimento. Além disso, a elaboração do experimento pode

⁷ No contexto do Ensino de Física há tendências atuais no que diz respeito à proposição de experimentos históricos. A primeira delas objetiva a replicação ou reprodução, a montagem do experimento buscando reconstitui-lo tal qual o seu passado original, perseguido em diversos documentos históricos. A segunda tendência concentra esforços tanto no caráter explicativo e nos princípios que possibilitam a eficácia do experimento, podendo assim utilizar os materiais atuais e disponíveis, podendo até elaborar uma réplica melhorada do experimento (BOSS, 2011).

desenvolver a habilidade manual do aluno e a sensibilidade de perceber qual o meio mais eficaz de se obter o resultado esperado. O uso dessas práticas pedagógicas diminui o fosso existente entre teoria e prática, além de aumentar a autoestima do aluno, pela sua capacidade de poder desenvolver algo.

Como existem experiências realizadas com diversos níveis de complexidade e de sofisticação, imediatamente o aluno é desafiado a pensar historicamente acerca do processo de constituição do experimento que está elaborando, onde é possível avaliar a engenhosidade e a capacidade criativa dos físicos experimentais. Assim o recorrente uso de experimentos no Ensino de Física na Educação Básica permite ao aluno perceber a diferença fundamental entre a Física e a Matemática. Além disso, nas experiências não são avaliadas somente a capacidade criativa do experimento e sua engenhosidade, como também é avaliada a capacidade de expressão oral do aluno e sua capacidade de compreensão do conteúdo solicitado para explicar o fenômeno ao qual o experimento faz referência (BOSS, 2011).

Ponderando essas recomendações, dividimos a turma em cinco grupos e solicitamos a cada grupo a montagem, apresentação e explicação de um experimento histórico no contexto da teoria da eletricidade, enfatizando a replicação de alguns dispositivos materiais que impulsionaram a constituição dessa teoria. Assim cada grupo ficou responsável por apresentar um dos dispositivos como o perpendicular, o versório, a garrafa de Leyden, a pilha voltaica e a máquina elétrica. Sendo estabelecido apenas a data da apresentação, a natureza do experimento e a elaboração de um roteiro de apresentação, deixando livre todas as outras etapas da atividade.

A divisão da atividade experimental por grupo foi realizada na terceira aula da estratégia didática, logo depois da apreciação crítica do documentário, ocasião na qual também foram explicados os objetivos, e os procedimentos de todas as atividades.

5A auto avaliação e a síntese integradora:

As sínteses temáticas integradoras são produções textuais transdisciplinares, resultado do trabalho com os temas geradores propostos ao longo de toda a estratégia didática e que possuem o propósito de evidenciar em que medida os alunos conseguiram fazer uma elaboração própria dos temas estudados e se eles conseguiram relacionar essas elaborações com outros temas abordados em outras disciplinas ou a elementos de seu cotidiano, tanto no contexto escolar quanto em ambientes fora da escola. Assim, o aluno é provocado a organizar os novos conhecimentos (conteúdos, habilidades e valores, de natureza intelectual, ética e estética), relacionando-os com suas experiências formativas.

Assim, a síntese integradora é uma produção textual livre, no qual, a partir de um fragmento textual que pretende sintetizar em linhas gerais os pressupostos norteadores da estratégia didática, o aluno é convidado a retomar, organizar e integrar as suas ideias acerca da teoria da eletricidade no contexto de sua constituição histórica e dos elementos filosóficos imbricados nessa teoria.

Já a auto avaliação é o momento no qual o aluno é convidado a fazer uma reflexão de acerca de sua participação no conjunto das atividades desenvolvidas ao longo do seu processo formativo, e pretende perseguir as expectativas contempladas ou não, as dificuldades, as aprendizagens, os interesses e as projeções de si no futuro.

Pela alta carga de subjetividade presente nessas duas atividades, espera-se captar indícios, os fragmentos dos significados e dos sentidos elaborados pelos alunos quando finalizado o percurso formativo proposto pela estratégia didática. Assim objetivo dessas atividades é, a partir das produções textuais dos alunos buscar elementos capazes de fornecer pistas de como estes elaboram suas interpretações e representações dos saberes físicos, e a construção da realidade e como essa construção participa da relação do aluno com o mundo. Analisar as produções textuais dos alunos sob a ótica do escopo conceitual discutido ao longo do trabalho tendo como parâmetro de análise a capacidade de problematização do aluno, a profundidade da problematização e a limitação do saber físico diante das inquietações do aluno.

Buscamos identificar nos textos dos alunos o campo semântico de significação da realidade a partir do qual o aluno opera na resolução de problemas solicitados e como esses elementos se relacionam com suas percepções de mundo, traduzidas, significadas ou pelo menos indiciadas pela na escrita.

Para a análise dessas atividades, utilizaremos as técnicas de análises textuais discursivas, que é uma análise textual⁸ qualitativa, que trabalha com informações apresentadas em forma de textos, marcados pela subjetividade, formas de interpretar e compreender características dos sujeitos envolvidos nessas produções textuais (MORAES, 2005).

De modo operacional e objetivo tanto as sínteses integradoras quanto as autoavaliações foram avaliadas a partir dos seguintes aspectos:

- Relação das ideias centrais da produção textual com os temas problematizados na estratégia didática;
- Índícios de esforço de conter na produção textual ideias e vocabulário internalizados a partir os temas problematizados na estratégia didática;

Além desses procedimentos, como as atividades propostas foram contabilizadas para a composição da média do quarto bimestre, também foram observados aspectos qualitativos de difícil computação categorial, mas que são imprescindíveis em processos avaliativos, pois não são captados quando da elaboração das produções textuais, como a participação das atividades desenvolvidas em sala, inclusive dos momentos avaliativos, a autonomia na realização das atividades tanto individual como coletivamente e a capacidade de expressão oral quando da apresentação das experiências e quando das discussões em sala

Tabela 2 - Esboço cronológico das atividades a serem desenvolvidas nas aulas

Etapas	Duração	Atividade
1.	1 Aula	Apresentação do plano de atividades, esclarecimento dos procedimentos da estratégia didática. Divisão dos grupos Explicação da atividade experimental a ser realizada
2.	1 Aula	Aplicação do Questionário Inicial
3.	01 Aula	Entrega do roteiro de apreciação crítica do documentário

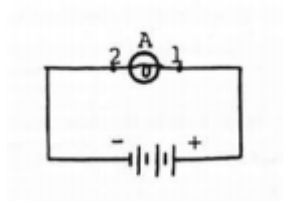
⁸ Análises textuais são modos de aprofundamentos e mergulhos em processos discursivos capaz de reconstituir novos discurso [...] a análise textual qualitativa é um processo integrado de análise e síntese, que se propõe a fazer uma leitura rigorosa e aprofundada de conjuntos de materiais textuais, visando descrevê-los e interpretá-los no sentido de atingir uma compreensão mais elaborada dos fenômenos e dos discursos no interior dos quais foram produzidos. (MORAES, 2005, p. 89)

		<p>Exibição do documentário A história da Eletricidade. Episódio 1 – A Faisca. Duração 58min58s. Disponível em https://www.youtube.com/watch?v=rAqUvE97iCU&t=71s.</p> <p>Entrega do primeiro texto histórico e solicitação de um resumo do mesmo</p>
4.	03 Aulas	<p>Atividade em grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leitura e resolução das questões referentes ao Texto 1. • Comparar as questões individuais referentes ao Texto 1 • Reposta do grupo para as questões do Texto 1 <p>Discussão do Texto 1 mediada pelo Professor.</p> <p>Entrega do segundo texto histórico e solicitação de um resumo do mesmo</p>
5.	03 Aulas	<p>Atividade em grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leitura e resolução das questões referentes ao Texto 2. • Comparar as questões individuais referentes ao Texto 2 • Reposta do grupo para as questões do Texto 2 <p>Discussão do Texto 2 mediada pelo Professor.</p> <p>Entrega do terceiro texto histórico e solicitação de um resumo do mesmo</p>
6.	03 Aulas	<p>Atividade em grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leitura e resolução das questões referentes ao Texto 3. • Comparar as questões individuais referentes ao Texto 3 • Reposta do grupo para as questões do Texto 3 <p>Discussão do Texto 3 mediada pelo Professor.</p> <p>Entrega do terceiro texto histórico e solicitação de um resumo do mesmo</p>
7.	03 Aulas	<p>Atividade em grupo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Leitura e resolução das questões referentes ao Texto 3. • Comparar as questões individuais referentes ao Texto 3 • Reposta do grupo para as questões do Texto 3 <p>Discussão do Texto 3 mediada pelo Professor.</p>
8.	03 Aulas	<p>Apresentação das atividades experimentais:</p> <p>Perpendículo,</p>

		Versório Máquina elétrica. Garrafa de Leyden Pilha voltaica. Entrega dos roteiros das atividades experimentais.
9.	03 Aulas	Síntese integradora Conversa livre com os alunos avaliando todo o percurso
Fonte: O autor (2020)		

Questionário Inicial

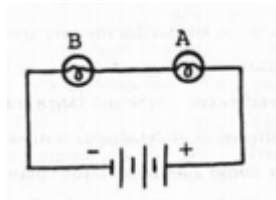
1. Considere um circuito elétrico alimentado por uma bateria e uma lâmpada A, conforme representado no diagrama abaixo;



(Retirado de Gravina e Buchweitz, p. 118, 1994)

A intensidade da corrente elétrica no ponto 1 do circuito é maior, menor ou igual à intensidade da corrente no ponto 2? Justifique sua resposta

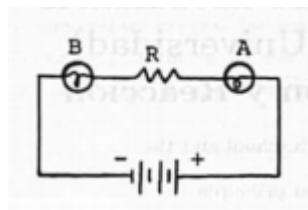
2. No circuito do problema anterior, foi inserido mais uma lâmpada, idêntica à primeira lâmpada, conforme o diagrama abaixo.



(Retirado de Gravina e Buchweitz, p. 118, 1994)

As lâmpadas nesse novo circuito, terão brilho iguais ou diferentes? Justifique sua resposta

3. Agora, no circuito anterior, colocamos um resistor entre as lâmpadas A e B, conforme o diagrama abaixo;



(Retirado de Gravina e Buchweitz, p. 119, 1994)

As lâmpadas nesse novo circuito, terão brilho iguais ou diferentes? Justifique sua resposta

4. Suponha que em um final de semana diversas pessoas de sua família (tios, tias, primos e primas) vão almoçar na sua casa e num dado momento disputam pelo controle da televisão, de modo que não chegando nenhum consenso. Assim, muito irritada e com razão, sua mãe desliga a Tv, dizendo que se não tem como agradar a todos não se agrada ninguém. Um de seus primos sai do sofá e vai ligar a televisão de modo mecânico. O que acontece com os pelos do braço de seu primo quando este entra em contato com a tela da televisão? Por que isso acontece?
5. Em uma bela e ensolarada tarde de B-R-O BRÓ (Meses de setembro, outubro, novembro e dezembro), você penteia seus cabelos sem os molhar. Tente encontrar uma explicação para o fato de depois de penteado o seu cabelo apresentar um volume fora do normal. Você consegue identificar a ocorrência de outro fenômeno além do descrito? Repetindo o procedimento com o cabelo molhado há uma redução ou um aumento no volume do cabelo? Por qual motivo?
6. Em algumas circunstâncias, ao conectarmos dispositivos elétricos receptores (ventiladores, liquidificadores e demais aparelhos) em tomadas, é comum observarmos uma faísca ou uma luz de curta duração acompanhada de um pequeno barulho. Existe alguma relação desse fenômeno com os fenômenos de raio, relâmpago e trovão observados em tempestades? Se houver, qual relação é essa?

Q	Respostas Questionário
1.	Igual, porque a corrente elétrica, o movimento ordenado de portadores de carga elétrica em um dado meio, quando percorre um dispositivo elétrico como um resistor alimenta esse dispositivo com energia elétrica, isto é, a corrente elétrica apenas fornece energia potencial elétrica para o dispositivo transformar em outra modalidade de energia.
2.	Em relação ao segundo circuito as lâmpadas terão brilhos iguais, porque como as lâmpadas são idênticas, estão submetidas à mesma diferença de potencial e são percorridas pela mesma corrente elétrica. Assim elas emitirão a mesma potência irradiada. Mas quando essas lâmpadas são comparadas com a lâmpada do circuito

	da questão anterior, elas terão brilho menor pelo fato de se ter menos energia disponível.
3.	Igual, porque as lâmpadas são idênticas, submetidas à mesma diferença de potencial e percorridas pela mesma corrente elétrica. Mas quando comparadas com as lâmpadas da questão anterior terão brilho ligeiramente menor devido a presença do resistor.
4.	Os pelos do braço do primo irão se eriçar devido a interação elétrica por indução com os elétrons presentes na tela da televisão que estão em equilíbrio eletrostático. A aproximação do braço altera esse equilíbrio produzindo movimento de cargas elétricas tanto na tela da televisão quanto no braço.
5.	<p>Ao pentear os cabelos em dias secos esfregamos o pente nos cabelos de modo a provocar uma eletrização por atrito, onde pente fica eletrizado com cargas de uma natureza enquanto o cabelo fica eletrizado com cargas de natureza oposta à das cargas adquiridas pelo pente. Cada fio individual do cabelo adquire carga de mesma natureza que a carga adquirida pelos outros fios. Assim por terem cargas de mesmo sinal, os cabelos tendem a se afastar um do outro de modo que os cabelos apresentam uma característica de maior volume.</p> <p>Com o cabelo molhado isso não acontece, por que ao penteá-lo, o pente ao invés de interagir diretamente com o cabelo, interage com a camada de água presente entre os cabelos de modo a não permitir a eletrização.</p>
6.	Sim, no diminuto espaço entre os terminais fase e neutro de uma tomada, temos a presença de um campo elétrico aproximadamente uniforme e no qual está armazenado energia potencial elétrica nas proximidades do ar. Ao fechar o circuito da tomada, interrompemos esse campo elétrico, fechamos o circuito e provocamos uma descarga do ar, de modo que a energia potencial elétrica presente no ar é dissipada na forma de luz e do som originado da brusca movimentação da massa de ar no interior da tomada. Então podemos dizer que ao pôr um dispositivo elétrico em uma tomada provocamos um fenômeno atmosférico em pequena escala.
Fonte: O autor (2020)	

Roteiro para a análise do documentário

O uso de filmes como fontes documentais é um poderoso instrumento de trabalho, mas para isso se faz necessário uma análise crítica do material audiovisual em questão. Uma análise que transcenda o conteúdo mais aparente e imediato. O gênero documentário possui linguagem própria e possivelmente é pouco conhecido por você e talvez não seja um de seus gêneros prediletos, o que vai exigir de sua parte um esforço redobrado para a execução dessa atividade, vez que vai provocar em você uma experiência de espectador distinta da que você está acostumado(a).

Desde já lançamos um convite a você pensar sobre o que você assiste

Leitura geral

1. Como escolhe um filme para assistir ou quais o atrai?
2. Prefere filmes que atinjam os sentidos e as emoções, para que não seja preciso nenhum trabalho intelectual?
3. O que valoriza num filme: interpretação dos atores? O conteúdo? A fotografia? Os efeitos?
4. Como você capta as informações das imagens cinematográficas?
5. Em que consiste ser um espectador passivo ou ativo?
6. Por que você não gosta de determinados filmes?
7. O que é um filme?
8. Como é feito ou produzido?
9. Quem trabalha nele, apenas os atores?
10. Quanto custa fazer um filme?
11. Por que a maioria dos que vemos no Brasil são norte-americanos?

Leitura interna

Leitura interna do documentário:

1. Qual o conteúdo principal do filme?
Quais os conteúdos secundários?
2. Quem são os personagens do filme?
3. Que acontecimentos você elencaria como principais?

4. Quais os cenários do filme? Eles seguem algum padrão?
5. Quais os lugares e tempo em que decorrem as histórias narradas?

Elabore a ficha técnica, da produção do filme: diretor, produtor, música, tipo de técnicos, ano, país....

Primeira leitura ideológica

- QUANTO AOS ASPECTOS IDEOLÓGICOS DOS FILMES:

- A imagem não ilustra nem reproduz a realidade, mas reconstrói a realidade com base em uma linguagem própria, produzida em determinado contexto histórico.

- O espectador não pode confundir o que assiste com a realidade. Um filme é uma produção humana, portadora de ideologias, formas de pensar que fatalmente irão constituir o resultado final do mesmo. Você está sendo convidado a exercitar sua capacidade de percepção nesse contexto: um filme merece ser lido internamente, os seus principais elementos etc..., e como produto cultural (que está inserido num momento histórico – tempo, numa sociedade de consumo, com um público certo a ser atingido); ele possui sua própria história, exigindo uma leitura crítica como qualquer outro documento, desalienando-nos dos elementos mais visuais apenas, como efeitos especiais, etc... agregando aí a nossa capacidade de ir além. Como questões norteadoras dessa reflexão para além da imagem do filme, gostaríamos que atentasse para os seguintes aspectos:

1. O que de fato o filme comunica nas suas imagens?
2. Qual a finalidade das imagens mostradas no filme?
3. Quais nacionalidade dos autores se fazem presente no filme? de que forma?

O que há por trás das “mensagens” que o filme passa? Em que medida podemos nos ater à reflexões levantadas nos filme, ELAS servem para qualquer lugar e pessoa no planeta? E quais são as reflexões que podemos dizer que não nos servem?

- Faça uma descrição das cenas, dos personagens e dos objetivos do filme, considerando o tema tratado, segundo o roteiro abaixo:

Segunda leitura ideológica

1. O tema central do filme e as ideias principais são quais?
2. Que tipo de linguagem é possível observar no filme? Exemplo: o autor trabalha de forma mais dramática, já revelando ele mesmo o desenrolar do tema, ou deixa margem para que o espectador pense sozinho e tire suas próprias conclusões, inclusive sobre o desfecho do filme?
3. Há uma relação direta do filme selecionado com o tema abordado em sala de aula? Identifique cenas onde isso fica claro
4. Identifique quais os tipos de questões relacionadas à temática dos processos de eletrização ficam explícitas no filme?
5. Quais os personagens principais e onde eles se enquadram dentro das relações de produção do conhecimento acerca dos processos de eletrização?
6. Com relação aos papéis destes personagens, são fictícios ou se parecem com pessoas conhecidas no nosso dia-a-dia?
7. Quais as situações mostradas no filme, diálogos, imagens, etc... que se pode relacionar com os temas tratados em sala de aula?
8. Os personagens são mostrados de forma a caricaturá-los (deboche, etc... ou menosprezando o seu valor na sociedade, etc...). Analisar isso com relação aos principais personagens. Exemplo: Gray, neste filme, é tratado como? Com algum valor? Ou excessivo valor que até não se parece nada com a realidade?
9. Que outras questões podemos levantar a respeito deste filme?

Texto 1: Dos fenômenos aos registros escritos: a domesticação de um olhar pelas tentativas de explicação

A história dos processos de eletrização como fenômeno e não como teoria elaborada, considerando o caráter universal do conhecimento da Física, indicado pela mecânica clássica e reforçado pela mecânica relativista, talvez seja anterior até mesmo à constituição do planeta Terra.



Para um objeto existir conceitualmente é necessário e suficiente que ele seja pensável por algum sujeito racional.

Mario Bunge
(Filósofo argentino 1919 - 2020)

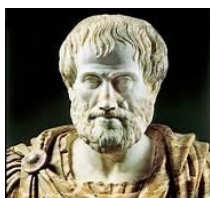
Um fenômeno natural que possivelmente é mais antigo do que a própria humanidade e que hoje pode ser parcialmente explicado a partir da teoria eletromagnética vigente é o raio, que durante um grande intervalo de tempo esteve associado elementos religiosos e mitológicos, de modo que em diversas culturas antigas os raios se configuravam como uma manifestação dos poderes da divindade e um modo desta se comunicar com o plano terreno.

Existem diferenças entre raios, relâmpagos e trovões?



Ao longo do processo civilizatório que cronologicamente constitui a própria idade da humanidade, os raios podem ter sido a primeira fonte de **fogo**, sem a qual, possivelmente não haveria o desejo de controle do fogo e nem o desejo de elucidá-lo seja na perspectiva da mitologia seja na perspectiva da tecnologia.

E os Gregos como eles pensaram sobre os raios?



O trovão é provocado por uma colisão entre as nuvens e o raio é um incêndio de uma exalação causado por elas.

Aristóteles
(384 a.C. - 322 a.C.)

Vocês pensam como o Aristóteles? Por quê?



Observei o comportamento atrativo apresentado por uma resina vegetal quando esta era atritada em outro corpo.

Tales de Mileto
(624 a.C. - 546 a.C.)



O âmbar é uma resina vegetal fossilizada, proveniente de uma espécie de pinheiro do período terciário extinta a milhares de anos, sólida, amarelo-pálida, utilizada na fabricação de vários objetos.

Os primeiros registros escritos acerca das propriedades atrativas do âmbar se encontram em textos produzidos na Grécia entre os séculos VII e IV e fazem referência às elaborações conceituais de Tales de Mileto. Também são encontrados registros escritos de observações acerca do comportamento do âmbar realizadas por diversos outros gregos como Teofrastus, no século III a.C de modo que podemos acreditar que os conhecimentos relatados por Tales, gradativamente, depois do século VI a. C. passaram a fazer parte do saber ordinário de qualquer pensador grego desse tempo.

Do século VII ao século IV, podemos afirmar que temos um lapso de 300 anos, uma média duração na qual os saberes acerca do âmbar foram preservados e compartilhados, fazendo parte da cosmovisão grega.



É nesse ambiente de efervescência cultural que se possibilitou uma grande inovação no pensamento antigo, onde alguns pensadores identificam como sendo a origem da atitude filosófica ocidental. Nesse contexto, surgem as primeiras tentativas de explicações para a origem e composição do mundo que não são exclusivamente pautadas no conhecimento religioso ou mitológico.

Mas, será que os gregos pensavam sobre esse assunto?

O naturalista romano Plínio (23-27 d. C.), no seu livro **História Natural** faz referência diversas vezes ao poder atrativo do âmbar. Além disso, documenta que em algumas construções antigas já se colocavam hastes metálicas no ponto mais alto da edificação com o intuito de protegê-las de raios.

A permanência de um termo por mais de 2700 anos não é uma exclusividade dos termos e conceitos com os quais a Física opera, mas sim do conhecimento ocidental encarado como um sistema único e pode evidenciar o movimento de ressignificação do termo, a dinâmica do conceito, a história da constituição e modificação das ideias. É evidente que existe uma grande distância entre o significado do termo elétron e o mesmo significante presente nos escritos do passado longínquo. A palavra muda de significado “científico” com o passar do tempo.



E surge a “magnetita” na história...



A Magnetita é um mineral fortemente magnético, quebradiço, de cor preta e brilho metálico. formado pelos óxidos de ferro II e III. Apresenta forma cristalina isométrica, geralmente na forma octaédrica. É a pedra imã mais magnética de todos os minerais da Terra, e a existência desta propriedade foi utilizada para a fabricação de bússolas

Os primeiros registros escritos sobre a magnetita também se encontram nos textos gregos antigos, assim como os registros acerca da atividade atrativa do âmbar quando atritado. Tal qual estes, aqueles foram transmitidos através das trocas culturais e da preservação temporal de alguns documentos, atravessando os séculos.

Tanto o âmbar quanto a magnetita, embora fazendo parte do cotidiano da produção material, tinham um caráter mágico e produziam fascínio e encantamento em que os observava. Assim por esse seu caráter excepcional, foram atribuídas propriedades terapêuticas e medicinais.

O livro **De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure; Physiologia Nouc, Piuribus et Argumentes et Experimentis Demonstrata (Sobre os Imãs e Corpos Magnéticos e sobre o Grande Imã, a Terra Nova Fisiologia, Provas e argumentos de experiências comprovadas)**, publicado, na Inglaterra, no ano de 1660 por William Gilbert, além de produzir uma síntese dos conhecimentos disponíveis acerca do magnetismo e do âmbar propõe formas novas e originais de pensar os problemas relacionados aos objetos em questão, além de propor tanto terminologias específicas quanto elaborações explicativas fundamentadas na experimentação. Ele inaugura as pesquisas modernas sobre o magnetismo e sobre a eletricidade.



O seu livro é fruto de cerca de 17 anos de trabalhos e estudos. Além de diferenciar os fenômenos relacionados ao âmbar dos fenômenos relacionados à magnetita. Os conhecimentos sintetizados no livro de Gilbert permitiram também melhoramentos nos instrumentos de navegação.

O desenvolvimento de novas teorias elétricas e magnéticas depois de Gilbert foi lento, porém com uma velocidade superior à dos movimentos observados tanto na Antiguidade Clássica quanto no período medieval. Se antes uma mudança na forma de pensar os movimentos de atração em corpos atritados no âmbar só eram documentadas em intervalos de tempos milenares, os dispositivos criados única e exclusivamente para estudar tais movimentos, a saber o versório e o perpendicular, o trabalho dos compiladores de dados acerca dos materiais que apresentavam as propriedades atrativas quando atritados, o trabalho de filósofos naturais que elaboravam representações explicativas dos

fenômenos estudados e o trabalho dos filósofos experimentais que tanto colaboraram para o desenvolvimento e aperfeiçoamento dos instrumentos utilizados nos estudos experimentais quanto proporcionaram interações dos sujeitos com os instrumentos que favoreceram o desenvolvimento do psiquismo capaz de fomentar e enriquecer as representações explicativas. Esses três elementos formam uma totalidade coesa e indissociável que caracteriza estruturalmente a atividade de pesquisa e de elaboração da teoria da eletricidade e dos processos de eletrização.

E o que foi o versório e o perpendicular? Onde eles entram nessa história?

Questões referentes ao Texto 01

1. O estudo dos fenômenos hoje conhecidos como elétricos possivelmente se iniciara a cerca de 2700 anos atrás. De lá para cá, sempre foram estudados por meios indiretos, através do movimento produzido quando da interação de um corpo com outro quando atritados. Quais as principais explicações para esses fenômenos apontados pela Antiguidade Clássica?

2. Numa história que se perde no tempo, o ser humano sempre manifestou um sentimento contraditório em relação aos fenômenos do raio, relâmpago e o trovão. Diante do exposto responda os quesitos abaixo:

- a) Como e porque esses fenômenos foram incorporados às diferentes narrativas mitológica de diversas culturas distanciadas tanto no tempo quanto ocupando espaços diferentes?
- b) Como Aristóteles explica a ocorrência dos fenômenos do relâmpago e do trovão? Por que ele não elabora uma explicação do raio?
- c) Em que difere a explicação aristotélica das explicações mitológicas antigas?
- d) Em algum momento da sua existência já foi proposto a você uma explicação para os fenômenos do trovão e do relâmpago semelhantes ao pensamento aristotélico? A que você atribui a persistência dessa explicação, mesmo sabendo que o pensamento aristotélico foi constituído no séc. IV a.C.?

3. Os registros das observações acerca das propriedades atrativas do âmbar atritado e da magnetita indicam que Tales de Mileto foi um dos primeiros a se ocupar do registro de

tais comportamentos ainda no século VII a.C. e que Gilbert consegue publicar um livro compilando todas as informações disponíveis até então sobre o tema em questão além de elaborar novos quadros explicativos para os mesmos. Como e porque os conhecimentos acerca do âmbar e da magnetita foram preservados e transmitidos da antiguidade clássica até o século XVII?

4. O livro de Gilbert, publicado na Inglaterra no ano de 1660, é apontado como a inauguração das pesquisas modernas ou renascentistas acerca dos fenômenos ditos elétricos. Identifique e explique alguns elementos tanto da obra quanto do contexto na qual ela fora publicada que possibilitaram a aceitação das ideias contidas no livro em detrimento das explicações características da cosmovisão greco-romana antiga.

5. A elaboração dos conhecimentos em eletricidade nos moldes do conhecimento característico do período moderno, depois da publicação do livro do Gilbert, ainda transcorreu de modo lento, porém de modo radicalmente diferente do modo como a tradição greco-romana encarava o problema. Quais as principais modificações que foram observadas no tratamento da problemática da eletricidade no período moderno?

Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 1

Q	Respostas
1.	As explicações da Antiguidade Clássica para os fenômenos hoje tidos como elétricos marcam uma inflexão no pensamento humano no que tange às elaborações de modelos teóricos explicativos de realidade. Os modelos pautados exclusivamente em explicações fantásticas e/ou religiosas perdem força em detrimento das explicações elaboradas principalmente pelos gregos, onde são mesclados elementos racionalistas com uma gama de outros elementos, incluindo também a imaginação, a criatividade, a fantasia e a mitologia como elementos indistintos de elaboração de explicações acerca da natureza.
2.	a) Em diversas culturas antigas os raios estavam associado elementos religiosos, como uma manifestação dos poderes da divindade e um modo de comunicação com o plano terreno. Devido a seu som, à emissão de uma luz intensa e instantânea, além dos danos e perigos de morte, os raios produziram um comportamento humano contraditório: o desejo de domesticar ou minimizar os seus efeitos

	<p>perniciosos, conformando-os ao universo cultural de uma dada civilização. Essa tradição possuía um jogo complexo de nuances, sendo que um deles era o caráter antropomórfico das divindades.</p>
	<p>b) O trovão seria provocado por uma colisão entre nuvens e o relâmpago seria um incêndio de uma exalação ejetada pelas nuvens. O método de conhecimento aristotélico fundamentava-se essencialmente na observação e catalogação do que era observado. Na elaboração de um modelo explicativo para o raio seria necessário um grande poder de imaginação e de criatividade para lidar com realidades ainda não observadas.</p>
	<p>c) Difere dos outros modelos explicativos por incorporar elementos racionalistas em detrimento da utilização da intervenção das divindades, o que inaugura uma das bases da Filosofia Ocidental.</p>
	<p>d) À presença de estruturas de longa duração nas tentativas de elaboração de modelos explicativos referentes à teoria da eletricidade.</p>
3.	<p>Por que uma das características do comportamento humano é o desejo de compreensão do meio que o cerca e para tal, o homem elabora modelos teóricos explicativos que medeiam as suas interações com este meio, partilhando com seus semelhantes os significados desses modelos a partir de trocas culturais entre culturas espacial e temporalmente distintas do grupo social ao qual este pertence.</p>
4.	<p>As mudanças produzidas nas estruturas mentais provocadas por um vasto conjunto de elementos sociais, políticos e culturais dentre eles podemos citar as grandes navegações, a noção de perspectiva e profundidade, o enfraquecimento do das estruturas de poder medievais, o contato com culturas não europeias (americanas), conhecimento de fauna e flora desconhecidas, a reforma luterana. Esses elementos convulsionam o status quo fundado no conhecimento escolástico e nas estruturas culturais pautadas no catolicismo.</p>
5.	<p>A catalogação de materiais que após atritados apresentavam comportamento semelhante ao âmbar, tal atividade retira do âmbar a exclusividade de manifestação do comportamento atrativo ao passo que compila os conhecimentos até então dispersos acerca do fenômeno possibilitando um ponto de partida já avançado para as pesquisas que foram desenvolvidas ao longo dos séculos XVII e XVIII.</p>

Texto 2: Dos primeiros dispositivos materiais à máquina elétrica

Como observado no texto anterior, devido a seu caráter permanente, as propriedades da magnetita foram mais fáceis de serem estudadas até o séc. XVI, porém até o séc. XIX, os esforços que antes estavam concentrados no magnetismo foram deslocados para os estudos em eletricidade. Tais estudos inicialmente foram concentrados na catalogação dos materiais que apresentavam propriedades atrativas quando atritados, no diagnóstico da presença ou ausência da propriedade atrativa, na produção e controle dessa propriedade.

Os conhecimentos sobre eletricidade e magnetismo eram mais descritivos que explicativos. Descreviam e poucas vezes arriscavam uma explicação de alguns fenômenos e quando o faziam mesclavam elementos da racionalidade mecânica newtoniana ladeada com elementos da racionalidade característica da antiguidade ou do período medieval.



O que viria a mudar no estudo da eletricidade depois do séc. XVI?



Respondendo... A humanidade conseguiu elaborar instrumentos voltados exclusivamente para o estudo dos fenômenos de atração de corpos atritados, como por exemplo, o perpendicular, o versório e a máquina elétrica.

Apreciações críticas do documentário referenciadas

Aluna Vila Angélica

Filme

O Que Você Assiste?

- 1^a) Os filmes que me atraem são os que causam uma certa emoção
- 2^a) não
- 3^a) o conteúdo do filme
- 4^a) a partir do desenrolar do filme
- 5^a) um espectador ativo presta atenção em todo detalhe do filme, enquanto o passivo nem tanto
- 6^a) porque nem todo conteúdo chama minha atenção
- 7^a) algo que passar uma determinada história de vários tipos e gêneros
- 8^a) através de gravações, atuações e efeitos
- 9^a) produtores povoadores e etc.
- 10^a) varia por orçamento
- 11^a) por causa da grande influência dos EUA

Leitura Interna do Filme

- 1ª) O conteúdo principal do filme é sobre a física e sua história e os secundários são sobre os fenômenos relacionados a física
- 2ª) O filme é contado por um professor de física
- 3ª) O início como começou a física e os conteúdos relacionados à origem dos fenômenos da natureza: trovão raio, relâmpago
- 4ª) Os cenários do filme é representando os acontecimentos da física
- 5ª) as histórias narradas decorrem de muito tempo atrás começando da Grécia

Quanto aos Aspectos Ideológicos dos Filmes

- 1ª) O tema a ser abordado
- 2ª) uma forma de chamar a atenção dos espectadores

Descrição das Cenas dos Personagens e dos Objetivos do Filme

- 1ª) O tema central do filme é sobre a física e essas propriedades
- 2ª) O autor revela ele mesmo o desenrolar do tema
- 3ª) Sim, pois em sala de aula é abordado exatamente sobre o que se passa no filme
- 4ª) As experiências com o ambos e as explicações sobre os raios, relâmpagos e trovões
- 5ª) O professor que faz explicações das experiências durante o filme
- 6ª) fictícios
- 7ª) diálogos sobre a física, fenômenos relacionados à eletricidade e etc.
- 8ª) com valor, pois ele explica a seriedade do assunto
- 9ª) que é um filme muito importante para o aprendizado dos espectadores sobre a física

Aluno Boa Vista

Filme

- 1ª) A escolha depende da ocasião. Gosto de ação, comédia, suspense e terror.
- 2ª) não tenho preferência nesse sentido
- 3ª) As interpretações dos atores e o conteúdo que contem no filme
- 4ª) As imagens são obtidas por projeção opta em que se tem a sensação, pela troca de imagens, de um movimento contínuo
- 5ª) passivas são aqueles que apareciam voluntariamente ou não um evento.
- 6ª) Os filmes que eu não gosto de é devido a história que não é envolvente, é chato.
- 7ª) É um produto audiovisual finalizado, com uma certa duração, para ser exibido no cinema, na televisão ou algum veículo.
- 8ª) É formado por uma série finita de imagens fixas, registados sobre um suporte físico e que, projetadas a uma velocidade resolutiva da visão humana, dão ao expectados a sensação de movimentos.
- 9ª) além dos atores, diretos, direto de fotografia diretos de arte.
- 10ª) coisa de 3 milhões de dólares é média de um filme nacional.
- 11ª) Pois são a maior potência do planeta e como consequência sofremos a influência deles

Aluna Vila Monteiro

Filme

- 1- Filmes históricos e que a história é verdadeira, filmes críticos da sociedade e relacionada a ciência.
- 2- Eu gosto daqueles que trabalham a minha mente, que me levam a pensar, a investigar. Alguns eu gosto que trabalha as emoções.
- 3- O conteúdo, o enredo, a história que é apresentada.
- 4- Cores e detalhes que o filme dar.
- 5- O passivo e o ativo acabam participando dos filmes. Consiste na observação.

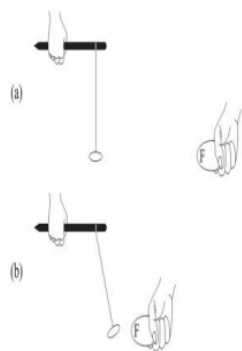
- 6 – O conteúdo, a imagem ruim ou péssimos atores
- 7 - Para mim, um filme é um vídeo de algumas horas com encenação de atores a fim de passar uma ideologia.
- 8- Através de encenação, elenco, câmeras e uma ideia.
- 9- Não, há toda uma liderança por trás da cena do filme, pessoas que trabalham na área de design, tecnológico, até cientistas de várias áreas para promover um filme de inteligência,
- 10 - Acredito que em média de 100 a 500 mil.
- 11- Por causa da globalização e a elite de filme no mundo que é os EUA. E além disso, o roteiro tem o complexo vira-lata que Nelson Rodrigo falou, que o brasileiro não valoriza o que é seu.

LEITURA INTERNA DO FILME

- 1- A história da eletricidade a partir da faísca e a história de cada pessoa responsável pela eletricidade
- 2- Humpry Dorey, Robert Hooke, Francis Hawksbee, Sthephen Gray, Benjamin Franklin, George Lovis e Thonios Francois Henry Arunoch, Albert Einstein, Gaheuni (ingleses, americanos e etc.)
- 3- Armazenar eletricidade por horas e o fato que a curiosidade de alguns homens mudou toda a história
- 4- Sim, os lugares de experiências históricas, cada qual em seu lugar.
- 5- Começa do século XIX, no porão de mayfan, era na época do iluminismo
- 6- BBC News, música clássica, eu não sei o ano e nem os outros campos.

ASPECTOS IDEOLÓGICOS

- 1- Conhecimento, vida real, história, filmes autobiográficos e relacionado a ciência de um modo geral.
- 2- Demonstra a quem assiste como tudo ocorre e as responsáveis e como foi.
- 3- Londrinos, Austríacos, ingleses
- 4- Que as primeiras aparições de eletricidade só eram possíveis a alta classe e era vista como um show. Não para toda a sociedade, pois o acesso era restrito somente aos ricos, assim como todas as coisas boas no mundo. No filme, não tem nenhuma cena que não possa servir, todos são interessantes.
- 1- Os primeiros experimentos da eletricidade a iniciar pela faísca.
- 2- Ele é direto, claro e objetivo no que fala e mostra, por ser científico
- 3- Sim, o professor Fernando já trabalhou como assunto a eletricidade desde o início do ano. Como que foram os primeiros estudos do âmbar, instrumentos elétricos, como acontece dentro dos instrumentos, nos despertou a certeza e a dúvida, nos falava dos choques e muito mais.
- 4- Duvida e curiosidade
- 5- Albert Einstein teoria / Gray – folhas de ouro / Humphy Dervy – pilha elétrica /Francis Hawksbee – esfera giratória
- 6- Parecem fictícios, pois são pessoas que fizeram revolução na sua época e foram tão incríveis que parecem fictícios.
- 7- Âmbar estudo, choque elétrico, eletrização, campo elétrico, elétrons.
- 8- Com valor. Alguém muito admirável, parece fictício, mágicos, mas eram pessoas simples que acreditaram na eletricidade.



O perpendicular é um artefato simples, composto de uma linha vertical presa na extremidade superior de um suporte fixo e tendo em sua extremidade inferior um corpo qualquer (passível de interações de atração e repulsão), é parecido com um fio de prumo ou um pêndulo elétrico. Um dos registros escrito desse dispositivo foi encontrado na Itália, em um texto datado de 1543 e atribuído a Girolamo Fracastoro (1478-1553).



Depois... Faça uma pesquisa sobre Girolamo Fracastoro e o seu perpendicular.



O versório, do latim *versorium*, que remete à ideia de instrumento girante, é um instrumento mais complexo. Consiste de duas partes articuladas: um suporte fixo vertical no qual uma haste horizontal é sustentada, de modo que seja capaz de girar livremente em relação ao eixo vertical. O sistema de funcionamento do versório é similar a uma bússola magnética.

A partir desses instrumentos gradativamente foram construídos instrumentos mais elaborados coerentes com a gradativa complexificação da teoria da eletricidade. As construções mentais explicativas foram acompanhadas de perto pelas elaborações materiais voltadas para o estudo dos fenômenos elétricos. A simplicidade desses dispositivos possibilitou que um corpo coletivo considerável interagisse com eles de modo que dessa interação e das experiências de vida inerentes a cada sujeito conhecedor fora elaborada uma gama heterogênea e considerável de conhecimentos acerca da eletricidade, possibilitando o surgimento de **máquinas elétricas**.

Encontramos um dos escritos da máquina elétrica no livro **Novas Experiências (assim chamadas) de Magdeburgo sobre o Espaço Vazio**, publicado por Otto von Guericke (1602-1686) em 1672, mas que segundo o prefácio da obra terminado em 1663. No seu livro, além dos fenômenos de atração, conhecidos por milênios, já consta a referência à propriedade de repulsão apresentada por alguns objetos leves, como penas de aves.



A máquina elétrica, na região direita do desenho (tomando o leitor como referencial) e à esquerda uma representação de Von Guericke fazendo uma pena levitar sob o efeito da eletricidade em decorrência de uma esfera de enxofre previamente atritada.



A máquina era constituída de uma bola de enxofre moldada em um globo de vidro, suspensa e fixada em um eixo que passava por seu centro. A bola de enxofre entrava em rotação quando uma manivela colocada numa extremidade do eixo era girada. A bola de enxofre girante era posta em contato superficial com alguns materiais e depois de um intervalo de tempo tanto a bola de enxofre quanto o material apresentavam propriedades atrativas.

Ela representa uma inovação por reunir em um único dispositivo o corpo a ser atritado e o mecanismo de produção do atrito. Tanto no versório quando no perpendicular há três momentos distintos: o primeiro momento no qual temos que, por empreendimento humano, produzir interações superficiais por fricção de um corpo A qualquer com outro corpo B qualquer para que em um segundo momento aproximar o corpo A de um terceiro corpo C e em seguida constatar a aproximação do corpo C em relação ao corpo A. Na máquina elétrica há uma consideração redução do esforço muscular e uma produção de eletricidade em ordem de grandeza até então desconhecida



Elemento importante a ser observado é que desde a tradição da antiguidade clássica até os escritos do séc. XVIII, portanto em grande intervalo de tempo, não havia quaisquer referências aos fenômenos repulsivos de natureza elétrica. A ausência de documentos acerca da repulsão pode indicar que tanto na cosmovisão antiga quanto na cosmovisão medieval o animismo natural não tinha condições de sequer conceber tais movimentos repulsivos. Já era por demais complicado explicar os movimentos atrativos, exigindo complexas especulações filosóficas.

Possivelmente com a disponibilidade de dispositivos materiais voltados única e exclusivamente para o estudo dos fenômenos elétricos como o perpendicular, o versório e agora a máquina elétrica de fricção, o ser humano passou a interagir com mais frequência e intensidade com os fenômenos elétricos, tornando possível experimentar os fenômenos

repulsivos. Quando relatados, os fenômenos de repulsão eram vistos como uma anomalia, um ruído presente na experiência, provocado por uma série de elementos externos, sendo que o principal deles seria o ar. Assim o movimento que hoje aceitamos como repulsivo era interpretado como um deslocamento produzido pelo vento, sendo necessário o trabalho de diversos pesquisadores, em diversas regiões da Europa, entre o fim do séc. XVII e ao longo do séc. XVIII, para incorporá-lo à teoria da eletricidade que estava sendo constituída a partir do final do séc. XVI.

Ainda no livro de Guericke estão documentados fenômenos que só foram possíveis de serem produzidos com a máquina elétrica, devido a uma intensidade maior de produção de eletricidade em relação aos meios antes disponíveis. Antes os corpos eram atritados exclusivamente pela força muscular humana, de modo que o sujeito esfregava um corpo em outro até estes corpos apresentarem propriedades atrativas. Hoje aceitamos que o corpo humano é um ótimo condutor de eletricidade e que a Terra pode receber cargas oriundas do corpo humano. Assim, tendo essa teoria elétrica contemporânea como norteadora da explicação, podemos aceitar que os métodos utilizados antes da máquina elétrica produziam efeitos de baixa intensidade. Ainda no livro de Guericke estão documentados fenômenos que só foram possíveis de serem produzidos com a máquina elétrica, devido a uma intensidade maior de produção de eletricidade em relação aos meios antes disponíveis. Antes os corpos eram atritados exclusivamente pela força muscular humana, de modo que o sujeito esfregava um corpo em outro até estes corpos apresentarem propriedades atrativas. Hoje aceitamos que o corpo humano é um ótimo condutor de eletricidade e que a Terra pode receber cargas oriundas do corpo humano. Assim, tendo essa teoria elétrica contemporânea como norteadora da explicação, podemos aceitar que os métodos utilizados antes da máquina elétrica produziam efeitos de baixa intensidade.



Foi preciso uma lenta e profunda alteração no psiquismo dos sujeitos para eles perceberem a existência dos fenômenos repulsivos. Essa alteração tivera a colaboração tanto das construções teóricas e conceituais já desenvolvidas como as ideias e os conceitos possibilitados a partir da interação dos sujeitos como os instrumentos materiais utilizados como dispositivos experimentais e mediadores do processo dessas novas elaborações conceituais.

Experiências análogas à de Guericke foram feitas por Gray e por Francis Hawksbee, na Inglaterra, em 1708, por Du Fay, na França, por Franklin, nos Estados Unidos, e por um conjunto de outros pesquisadores em outras regiões da Europa.



A produção do conhecimento científico é feita por diferentes personagens em diversos contextos.

O estudo dos fenômenos relacionados à eletricidade está repleto de episódios nos quais dois ou mais pesquisadores de modo isolado, estudando o mesmo objeto chegam a resultados idênticos ou semelhantes sem, contudo, não terem contato entre si. Podemos interpretar tais acontecimentos aceitando que na Europa de então havia uma atmosfera de saber, um *Zeitgeist*¹ responsável pelas estruturas mentais, emocionais, afetivas, conspécções de realidade de um mesmo espaço



Voltando para as máquinas elétricas...



Máquina elétrica modificada segundo a eficácia. Com a manivela o movimento era produzido sem o contato direto do sujeito com o globo girante. As roldanas com tamanhos diferentes produziam um giro mais veloz no globo (um giro na roldana maior produz diversos giros na menor). As estruturas metálicas com lã nas suas extremidades funcionavam como escovas, atritando no globo e produzindo os efeitos atrativos, o odor, a faísca e o estalo.

Com a máquina elétrica, o globo ficava suspenso, de modo a não ter contato com superfícies capazes de atenuar os efeitos, além disso, através da manivela, o globo poderia atingir uma expressiva velocidade de rotação de modo a produzir intensos movimentos

de atração bem como outros efeitos antes não observados como estalidos, faíscas e um odor característico. Além disso, produzia também uma sensação de formigamento em partes do corpo das pessoas que se aproximavam dela.

Foi possível produzir atrações mais intensas que antes, de modo a produzir algumas faíscas elétricas seguidas de estalos, o que possivelmente permitiu associar os fenômenos elétricos aos fenômenos atmosféricos do relâmpago e do trovão quando das tempestades. Isso trouxe novos problemas práticos e teóricos para a comunidade de intelectuais da época. Era preciso documentar e explicar todos esses novos fenômenos, exaurir as possibilidades de experimentação, recriar experimentos capazes de dar conta de apenas um desses efeitos. Assim, chegamos ao séc. XVIII, no qual os aperfeiçoamentos técnicos operados na máquina elétrica e o aparecimento de fenômenos antes não observados, aliado às alterações sociais vivenciadas tanto no continente europeu quanto nas terras colonizadas como no continente americano, no interior da África e nas terras do Oceano Pacífico proporcionam novas experiências intelectuais, sensitivas e emocionais que respingam sobre a constituição da teoria ora em tela. Sem contar as transformações sociais fomentadas pelo desenvolvimento do capitalismo e do modo de produção industrial; também temos as transformações políticas provocadas pela consolidação dos Estados Nacionais e pelas Revoluções Francesa e Industrial.

Questões referentes ao Texto 02

1. Dos relatos atribuídos a Tales de Mileto, no séc. VII a.C. aos saberes compilados por Gilbert no ano de 1600, diversos conhecimentos foram elaborados acerca da eletricidade e do magnetismo; mas a partir do século XVII, houve uma aceleração nos estudos de tais fenômenos. Quais as principais características dos conhecimentos elaborados em eletricidade e magnetismo até o século XVII?
2. A partir do século XVII, os estudos em eletricidade foram gradativamente acelerados. Que elementos favoreceram essa aceleração?
3. Explique como eram montados e como funcionavam os dispositivos elaborados com a finalidade única e exclusiva de se estudar os fenômenos elétricos, a saber: o versório, o perpendicular e a máquina elétrica.

4. Quando comparamos a intensidade da eletricidade produzida a partir da máquina elétrica tanto da eletricidade pelos antigos e medievais quanto pela eletricidade produzida ainda na modernidade, observa-se que aquela produzia uma intensidade maior que a intensidade destas, de modo a produzir efeitos antes não conhecidos. Diante do exposto, responda

a) Que dispositivos presentes na máquina elétrica em funcionamento permitiam a manifestação da eletricidade de modo mais intenso do que os meios de eletrização anteriores?

b) Quais os efeitos antes não conhecidos passaram a fazer parte do rol dos novos problemas a serem abarcados pelo nascente modelo teórico explicativo da eletricidade?

5. O século XVIII é conhecido como o século da eletricidade por diversos motivos, dentre eles o aprofundamento dos estudos dos efeitos secundários produzidos quando da operação da máquina elétrica. Que elementos sociais podem ter favorecido a consolidação da eletricidade como um campo de saber característico do período moderno?

Transcrição das respostas Texto 2 Dos primeiros dispositivos materiais à máquina elétrica

Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 2

Q	Respostas
1.	Eram conhecimentos mais descritivos que explicativos, abordando as propriedades macroscópicas dos corpos sob o efeito do magnetismo ou da eletricidade, principalmente as alterações em seus estados de movimento. Além disso catalogavam também os materiais que apresentavam o comportamento elétrico ou magnético.
2.	O caráter enciclopédico dos conhecimentos acerca da eletricidade e do magnetismo bem como a maturação de diversos elementos culturais que favoreceram a aceitação de novas formas de pensar. Além disso, desenvolveram diversos elementos materiais com os quais os pesquisadores interagiram, produzindo e reproduzindo práticas experimentais relacionadas à eletricidade e ao magnetismo. O uso de instrumentos produziu alterações no psiquismo dos sujeitos

	o que por sua vez produziu aprimoramentos nos instrumentos que novamente modificou o psiquismo em um loop dialético.
3.	<p>Versório: Consiste de duas partes articuladas: um suporte fixo vertical no qual uma haste horizontal livre é sustentada, de modo que seja capaz de girar livremente, possibilitando operações de medições e de análises dos fenômenos de interesse. Ao aproximar o versório de um objeto eletrizado, um dos braços da haste metálica se aproxima desse objeto, produzindo uma rotação que cessa quando o sistema atinge o equilíbrio eletrostático.</p> <p>Perpendículo: Artefato composto de a uma linha vertical presa na extremidade superior de um suporte fixo e tendo em sua extremidade inferior um corpo qualquer (passível de interações de atração e repulsão). Ao aproximar o perpendículo de um corpo eletrizado, a linha sofre um deslocamento angular vertical de modo que sua extremidade livre (região inferior) se aproxima do corpo eletrizado.</p> <p>Máquina Elétrica: constituída de uma bola de enxofre moldada em um globo de vidro, suspensa e fixada em um eixo que passava por seu centro. A bola de enxofre entrava em rotação quando uma manivela colocada numa extremidade do eixo era girada. A bola de enxofre girante era posta em contato superficial com alguns materiais e depois de um intervalo de tempo tanto a bola de enxofre quanto o material apresentavam propriedades atrativas.</p>
4.	<p>a) O globo de vidro suspenso girante diminuiu consideravelmente os atritos superficiais, o que diminuiu a perda da eletricidade para corpos presentes na vizinhança, mas que não tinham interesse no estudo do fenômeno estudado. A manivela de acionamento do globo tanto impedia o contato direto corpo humano com o globo girante quanto possibilitava um atrito intenso para os padrões do tempo de então uma vez que a rotação poderia ser feita em velocidade maior que as velocidades produzidas por fricção produzida por ação humana sem o auxílio de quaisquer instrumentos. O não de contato direto entre o globo girante e o corpo humano impedia a fuga das cargas elétricas para o solo, intensificando assim a quantidade total de eletricidade obtida a partir do uso da máquina elétrica de fricção.</p> <p>b) Com a intensa eletricidade produzida a partir do uso da máquina elétrica de fricção fenômenos antes não observados passaram a fazer parte do cotidiano dos</p>

	<p>pesquisadores em eletricidade: a produção de faíscas e luzes, produção de odores quando da operação da máquina elétrica, sensação de desconforto e dor quando do contato humano com o globo girante eletrizado, atração e repulsão de corpos relativamente massivos.</p>
5.	<p>A criação de instrumentos materiais voltados única e exclusivamente para os estudos em eletricidade, a convivência cotidiana com fenômenos elétricos não observados por serem produzidos em baixa intensidade e as transformações sociais, culturais e políticas que produziram transformações que engendraram o projeto iluminista. O uso de instrumentos simples em eletricidade alterou o psiquismo que por sua vez permitiu o aprimoramento técnico desses instrumentos que novamente altera o psiquismo em um loop dialético. A convivência com os fenômenos antes não observados possibilitou a elaboração de saberes acerca da produção de luz artificial, dos efeitos fisiológicos da eletricidade. O projeto iluminista orienta as pesquisas em Filosofia Natural pautada na experimentação e a matematização do conhecimento acerca da natureza, culminando na mecânica newtoniana, tida então como o modelo por excelência de saber, a ser seguido pela eletricidade.</p>

Texto 3: Da máquina elétrica à Garrafa de Leyden: o modelo da eletricidade como um fluido

Os aperfeiçoamentos técnicos operados na máquina elétrica e o aparecimento de fenômenos antes não observados, aliado às alterações sociais vivenciadas tanto no continente europeu quanto nas terras colonizadas como no continente americano, no interior da África e nas terras do Oceano Pacífico proporcionam novas experiências intelectuais, sensitivas e emocionais que respingam sobre a constituição de algumas teorias no campo da eletricidade.

Assim, no séc. XVIII, o século da eletricidade, com o trabalho coletivo de diversos pesquisadores, em diferentes regiões da Europa, o conhecimento acerca da eletricidade vai se alargando, possibilitando pesquisas nas mais diferentes vertentes, por exemplo: produção de luz, raios e som, a alteração no estado fisiológico normal de um ser vivo, a alteração na qualidade do ar na vizinhança de uma máquina elétrica em operação, dentre outras.

O que viria a mudar nas formas de explicação?

Observa-se o gradativo enfraquecimento de propostas de explicações dos fenômenos elétricos e magnéticos a partir de elementos místicos, mágicos e religiosos em detrimento de explicações de cunho racionalista, mas nem por isso de menor poder criativo, vez que essas novas explicações exigiam grande poder de abstração e um alto poder de síntese.



Então, que modelo (ou modelos) teórico viria a surgir para explicar esses fenômenos? A noção de **fluidos sutis**, que seriam uma espécie de fluido imponderável, com diversas propriedades físicas.

A atividade compiladora característica da obra de Gilbert, levada a cabo por um conjunto de pensadores do séc. XVI ao XIX, favoreceu a constituição da teoria da eletricidade. Tendo uma grande expressividade na obra de Stephen Gray (1666-1736) e

outros que ampliaram a lista de materiais que se comportavam como o âmbar ao serem atritadas.



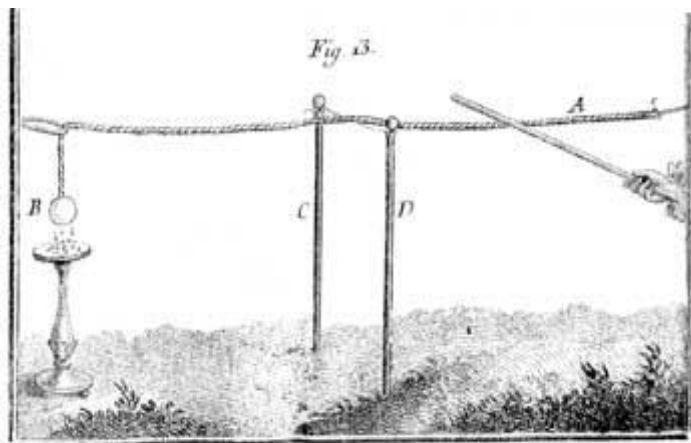
Steven Gray
(1666-1736)

Fez o relato da existência de corpos que apresentavam a propriedade atrativa e para a existência de corpos que eram indiferentes ao atrito e não demonstravam quaisquer propriedades atrativas, classificando-os como materiais elétricos e não elétricos.

1. Os materiais elétricos ao serem atritados manifestavam propriedades atrativas, não sofrendo alterações em suas propriedades macroscópicas como cor, dureza, forma, volume e massa.

2. Os materiais não elétricos não apresentavam propriedades de atração quando eram atritados. Pertencentes a essa classe podemos citar as penas, os cabelos, a seda, o linho, a lã, outros tecidos, o papel, a madeira, o pergaminho, o couro e as peles de animais.

Um dos maiores “desejos” do séc. XVIII foi a tentativa de transmissão de energia elétrica de um ponto para outros. Com a colaboração de Granville e Wheeler, Gray conseguiu transmitir a qualidade elétrica entre as duas extremidades do barbante, onde depois de muitos ajustes no dispositivo chegaram a uma distância de 235 metros.



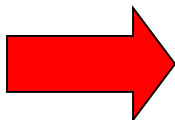
Representação de uma das tentativas de Gray de transmitir eletricidade de um local para o outro. Na figura temos um bastão de vidro eletrizado tocando em um barbante suspenso em suas extremidades e no seu terço médio por fios de seda. Os fios de seda por sua vez estão sustentados por bastões de madeira fincados verticalmente no solo. O bastão eletrizado toca no barbante e conduz a eletricidade por este até um

Em outros experimentos, usaram cabelo, resina e vidro como suportes para o barbante. Com essa modificação técnica, a intensidade da eletricidade transmitida foi maior, de modo que foi possível transmitir a eletricidade por uma distância maior. Por tentativa e erro, também conseguiram eletrizar superfícies maiores, como um mapa e uma toalha de mesa. Todas essas atividades experimentais não seriam possíveis sem a

máquina elétrica, vez que para realizá-las era preciso uma eletricidade de alta intensidade.

A máquina elétrica, dentre outras coisas, supera três limitações técnicas: o modo como os corpos eram eletrizados, por atrito com o emprego da força muscular humana, gerando efeitos de baixa intensidade; o não conhecimento das propriedades elétricas de alguns materiais inicialmente considerados como não elétricos, e, devido a isso, a ausência de efeitos da eletricidade no corpo humano.

Gray é um personagem que embora tenha um papel de suma relevância por seus trabalhos, não possui tanta visibilidade histórica. Diversos elementos podem senão justificar, pelo menos lançar luz sobre algumas possibilidades de respostas. A primeira delas é que Gray muito tardiamente foi inserido no contexto das pesquisas em Filosofia Natural e em Filosofia Experimental; nessa inserção pertenceu a um grupo de pesquisadores que não tinha muita representatividade política na Sociedade Inglesa de Ciências, de modo que muitos de seus trabalhos não eram publicados, não eram aprovados nas comissões e mesmo alguns trabalhos eram reinventados ou mesmo copiados.



Na construção do conhecimento científico, observa-se que elementos fora da Ciência são relevantes para sua edificação, por exemplo: fatores políticos, religiosos, econômicos, a persuasão do estudioso, dentre outros.

Em Paris, Charles François de Cisternay Du Fay (1698-1739), membro da Academia Francesa de Ciências, a partir da década de trinta do séc. XVIII, relata diversos trabalhos em eletricidade. Ele elabora diversos experimentos acerca da produção de luz e som por eletricidade, seus efeitos fisiológicos no corpo humano, transmissão de eletricidade através de diversos corpos, inclusive em humanos.

A repulsão como um fenômeno característico das interações elétricas foi proposta por Du Fay, entre em 1732 e 1735. Para tal, admitiu a existência de dois tipos de eletricidade. Nomeou essas eletricidades de eletricidade vítrea e de eletricidade resinosa. A eletricidade vítrea seria produzida pelo vidro, cristal de rocha, pedras preciosas, cabelo de animais e lã. Já a eletricidade resinosa seria produzida em âmbar, copal, linha e papel.

Inicialmente nem mesmo o próprio Du Fay considerava a repulsão como sendo um fenômeno real. Foi depois de muito tempo maturando a ideia e se convencendo dela que propôs o seu modelo explicativo. Além do tempo de maturação da ideia, as diversas

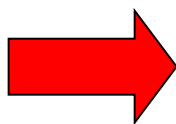
tentativas Du Fay de elaborar atividades experimentais, com vários materiais e instrumentos distintos, tiveram um papel relevante no fenômeno de natureza elétrica.



O modelo explicativo de Du Fay propõe uma eletricidade não mais associada aos fluidos sutis, mas que esta seja interpretada como sendo dois fluidos mecânicos distintos. Aqui não há uma analogia entre eletricidade e mecânica dos fluidos, mas sim uma ideia de que esta seria de fato fluido, com todas as propriedades atribuídas aos fluidos

Algo inquietou Du Fay (e alguns outros estudiosos na época), a interação entre dois corpos eletrizados gerava dois efeitos contrários, um deles, já conhecido, era o movimento atrativo, o outro, novidade, era o movimento repulsivo. Ou seja, tanto um corpo eletrizado com a eletricidade resinosa quanto um corpo eletrizado com a eletricidade vítrea poderiam atrair um corpo neutro, de modo que não existia uma forma de distingui-las por seus efeitos. ***Como explicar esses movimentos sem ferir o mais antigo princípio da eletricidade?***

Diante dessas inconsistências apresentadas no modelo teórico de Du Fay ***frente aos conhecimentos obtidos pela experiência***, propôs duas modificações em seu modelo teórico. A primeira delas foi a proposição de que corpos não eletrizados podem ser atraídos por corpos que passaram por processos de eletrização, independentemente da natureza da eletricidade, isto é, seja ele vítrea ou resinosa. A segunda modificação foi a proposição de que eletricidades de mesma natureza produzem repulsão e de naturezas contrárias atração. Assim, corpos que apresentavam a mesma eletricidade se repeliam e com eletricidades diferentes se atraíam.



Existem outros ramos da Ciência que não necessariamente as teorias científicas são validadas por experimentos cruciais. Queremos chamar a atenção para este fato. Por exemplo, não queremos validar ou demarcar como “ciência”, algo que somente seja edificado pelo experimento. Outras áreas, como a Astronomia, consolidam seus conhecimentos de formas diferentes. Ou seja, não existe uma única forma rígida e atemporal de se fazer ciência

Outro personagem importante que destacamos é o inglês Francis Hawksbee (1660 – 1713). Ele proporcionou a difusão das ideias contidas nos trabalhos de Gray, Du Fay e de outros pesquisadores de seu tempo, desenvolvendo pesquisas relacionadas à produção de luz a partir de fenômenos elétricos.

Por volta de 1703, com a morte de Robert Hooke, e a ascensão de Isaac Newton à direção da Sociedade Real Inglesa, Francis Hawksbee fora designado para a função de assistente de atividade experimental de Newton e, mais tarde, como o responsável pela seção experimental dessa sociedade.

Essa aproximação com Newton, por um lado proporcionou a Hawksbee uma certa notoriedade, uma relativa liberdade de ação e por outro lado exigia deste um comprometimento com todas as ações de Newton, de modo que ficou encarregado de desenvolver e apresentar diversos experimentos com o objetivo de fortalecer os conhecimentos presentes no livro **Princípios Matemáticos da Filosofia Natural**, de Isaac Newton. Hawksbee decidiu quais atividades experimentais poderiam ser apresentadas, quando os trabalhos seriam publicados. Assim, como responsável pela seção de atividades experimentais também exerceu o seu poder tanto em defesa dos interesses de Newton como em defesa dos próprios interesses.

Você acha que a centralização de poderes na mão de Hawksbee facilitava ou dificultava para o desenvolvimento de estudos no campo da eletricidade? Por quê?

Assim como Gray, Du Fay e outros estudiosos, Hawksbee estudou diversos fenômenos que só no séc. XVIII foram associados à eletricidade, como a condução de eletricidade a distâncias consideráveis, a interação entre dois corpos previamente eletrizados, os efeitos fisiológicos da eletricidade em humanos, o aprimoramento técnico da máquina elétrica de fricção.

Como Hawksbee tinha uma proximidade com Newton e por isso uma facilidade de trânsito no meio intelectual inglês do início do séc. XVIII, possivelmente, no âmbito teórico, a associação da eletricidade com as ideias da mecânica dos fluidos já se insinuava em alguns experimentos e em algumas propostas de modelos explicativos. Esse trânsito facilitou o conhecimento, por exemplo, da garrafa de Leyden.



Para armazenar eletricidade na garrafa, colocava-se em funcionamento uma máquina elétrica e com um material elétrico comunicava-se o interior da Garrafa de Leyden com o material girante (bola de enxofre, bola de vidro ou cilindro de vidro), a eletricidade produzida pela máquina elétrica era conduzida para o interior da Garrafa de Leyden, lá permanecendo por horas, dias ou mesmo meses.

Devido a uma série de limitações técnicas, grande parcela da eletricidade produzida era dissipada de diversas formas. Com a Garrafa de Leyden essas perdas eram recompensadas fazendo a máquina trabalhar mais e armazenando a eletricidade. Com a possibilidade de armazenar eletricidade fora possível produzir efeitos elétricos bem mais intensos que os efeitos da máquina elétrica.

A Garrafa de Leyden permite então intensas descargas elétricas, intensificando assim os efeitos observados quando da operação da máquina elétrica e incorporando à eletricidade novos fenômenos que antes não fazia parte do rol dos conhecimentos abarcados por essa teoria, a saber: alguns fenômenos atmosféricos.

Assim como diversos saberes elaborados em eletricidade que tiveram primeiro uma elaboração material e só depois uma elaboração teórica explicativa, a Garrafa de Leyden não tinha quaisquer elementos teóricos que a explicasse, a não ser a ideia de que a eletricidade era de fato um fluido mecânico capaz de ser confinado no interior da garrafa, diminuindo a velocidade da evaporação do fluido elétrico.

O processo de armazenamento da eletricidade na Garrafa de Leyden era efetivado com uma pessoa segurando-a, enquanto a máquina elétrica estava em operação. Acontece que, no término dessa operação, quando a pessoa que estivesse segurando a Garrafa de Leyden tocasse na haste que comunica o interior com o exterior da garrafa, recebia uma descarga elétrica de alta intensidade.

Para superar esse efeito desagradável, um aperfeiçoamento técnico foi proposto pelos ingleses: revestir o exterior da garrafa com folha de chumbo ou folha de estanho para evitar o contato humano direto com o vidro. Desse modo, não só fora evitado o efeito fisiológico desagradável como também foi aumentado o poder de armazenamento da Garrafa de Leyden.

Da ideia da eletricidade vítrea e resinosa como duas formas de eletricidade intrinsecamente diferentes e associadas às propriedades macroscópicas dos materiais, passando pela ideia das eletricidades positiva e negativa, não associadas a quaisquer

características palpáveis dos corpos, chega-se à ideia da eletricidade como sendo dois fluidos mecânicos distintos. E, mais tarde, a teoria é simplificada pela proposição da eletricidade como um fluido único que, quando presente em desequilíbrio em um corpo, manifestava dois comportamentos elétricos diferentes.

Diversos trabalhos foram realizados, desenvolvendo métodos e técnicas de medições indiretas de grandezas associadas à eletricidade. Do séc. XVIII ao séc. XIX, o conhecimento da eletricidade sofre uma bifurcação, aparecendo uma linha mais atrelada aos efeitos da eletricidade e outra mais ligada às causas da eletricidade. Em diversos momentos esses conhecimentos se cruzavam, se confrontavam, um subsidiava o desenvolvimento do outro, até que na segunda metade do séc. XIX, eles se unificam e também se aproximam do magnetismo de modo que nas primeiras décadas do séc. XX, há finalmente uma proposição de uma teoria elétrica e magnética capaz de abarcar vários fenômenos.

A aceleração dos estudos em eletricidade é acompanhada pela aceleração no próprio devir europeu, provocado pelas transformações sociais, políticas, econômicas e culturais que grassam o continente, modificando a cosmovisão tradicional vinculada ao universo medieval em detrimento dos elementos constituintes da modernidade. Mas o que singulariza essa aceleração dos estudos em eletricidade é a capacidade humana de produzir instrumentos e interagir com eles de modo a modificar a si mesmo de tal modo a produzir uma aceleração no próprio processo de produção de artefatos.

Questões referentes ao Texto 03

1. Para muitos pesquisadores em História e Filosofia das Ciências, o século XVIII é considerado como o século da eletricidade. Diante dos elementos expostos no conjunto formado pelos dois textos anteriores e pelo presente texto, como você avalia essa afirmação? Que critérios os pesquisadores utilizaram para emitir tal afirmação?
2. A máquina elétrica foi um elemento da cultura material europeia extremamente importante para a elaboração da teoria da eletricidade nos moldes do conhecimento ordinário típico da modernidade: A respeito desse artefato, responda os quesitos abaixo

- a) Como eram realizados os procedimentos de eletrização antes do surgimento da máquina elétrica?
- b) No estudo da eletricidade, a máquina elétrica tornou possível superar quais limitações técnicas?
- c) Antes da máquina elétrica alguns efeitos não eram produzidos pelos processos de eletrização então disponíveis. Com a máquina elétrica, que efeitos secundários passaram a ser produzidos?
- d) Quais as limitações técnicas apresentadas pela máquina elétrica e também por seus aprimoramentos técnicos?

3. Sabemos que a Ciência Moderna é uma construção coletiva, delimitada no espaço geográfico europeu e em um tempo bem delimitado. Entretanto, no texto aparece em papel de destaque a figura de Gray, Du Fay e Hawksbee. Que elementos sociais, políticos e econômicos você pode indicar no século XVIII que possibilitaram o trabalho desses pesquisadores? Quais os aspectos originais das pesquisas de cada um desses três?

4. O texto sugere uma relação personalista entre Hawksbee e Gray. Que elementos no texto evidenciam que o destaque de um desses dois pesquisadores em detrimento do outro segundo o critério político das relações sociais?

5. No contexto contemporâneo as relações políticas e sociais interferem na produção de conhecimentos científicos? Se sim, de que modo? Se não, que elementos interferem na produção de conhecimentos científicos?

6. A atração elétrica desde há muito tempo já fora observada e registrada pela tradição greco-romana, mas a repulsão, embora possivelmente já observada, não era explicada por causas elétricas, antes era vista como uma anomalia ou uma perturbação no ambiente devido o movimento do ar. Como e por que a repulsão foi interpretada como um fenômeno efetivamente elétrico

7. Explique de modo genérico o modelo teórico explicativo proposto por Du Fay para dar conta dos processos de atração e de repulsão elétrico, apontando seus pontos coerentes e as suas inconsistências teóricas.

8. A garrafa de Leyden foi um artefato elaborado para suprir as limitações técnicas da máquina elétrica. Explique como esse artefato era montado e quais foram os aperfeiçoamentos técnicos que esse artefato sofreu indicando que limitações tais aperfeiçoamentos se propunham a superar.

9. Segundo o texto, o que proporcionou a aceleração nas pesquisas em eletricidade no século XVIII?

Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 3

Q	Respostas
1.	A uma gradativa complexidade adquirida pelos modelos explicativos da eletricidade, abarcando assim diversas classes de fenômenos antes não observados ou não explicados por esses modelos. A elaboração e uso de instrumentos simples voltados exclusivamente para o estudo da eletricidade. Desenvolvimento da Filosofia Natural e da Filosofia segundo as exigências do Iluminismo.
2.	<p>a) Antes do uso da máquina elétrica de fricção, os corpos eram eletrizados atritando a superfície de um corpo na superfície de outro corpo, utilizando força muscular humana de baixa intensidade limitando sobremaneira os resultados dessa atividade de modo a produzir apenas o efeito da atração ou repulsão de corpos de massas diminutas.</p> <p>b) Supera três limitações técnicas: o modo como os corpos eram eletrizados, por atrito com o emprego da força muscular humana, gerando efeitos de baixa intensidade; o não conhecimento das propriedades elétricas de alguns materiais inicialmente considerados como não elétricos, e, devido a isso, a ausência de efeitos da eletricidade no corpo humano. Antes da elaboração desse dispositivo, além da baixa intensidade dos efeitos produzidos pela eletricidade, perdas consideráveis das propriedades elétricas ocorriam devido o não conhecimento das propriedades dos materiais e da ausência de conhecimentos de como manusear corpos eletrizados.</p> <p>c) O efeito luminoso, o efeito fisiológico, o efeito químico, o efeito térmico e a produção de estalos.</p>

	<p>d) Substituição do globo girante por um cilindro, a colocação de escovas metálicas para retirar o excesso da eletricidade do objeto girante. Embora a máquina elétrica tenha possibilitado a produção de eletricidade em intensidade então desconhecida, essa eletricidade era transiente, de modo que a sua efemeridade impossibilitava um estudo de alguns efeitos em escala de tempo considerável. A eletricidade obtida pela máquina elétrica tinha curto tempo de existência, sendo dissipada de modo inexplicável. Já era sabido que para se analisar os efeitos da eletricidade em alguns materiais era preciso isolá-los em relação ao solo e em relação a outros materiais.</p>
b)	<p>O século XVIII foi profundamente marcado pelas atividades econômicas de exploração do continente americano, pelas navegações no oceano atlântico na empresa nomeada como mercantilismo. Rivalizavam como potências econômicas europeias a Inglaterra e a França. O excedente da acumulação primitiva de capital permitiu a criação e a manutenção de um corpo de profissionais, em geral oriundos das classes sociais mais abastadas, mantidos pelo estado, como no caso inglês, ou pela iniciativa privada, como no caso francês. Esses profissionais se organizavam nas Sociedades Reais de Ciências e pesquisavam diversos temas relacionados ao conhecimento humano nos moldes da ciência moderna com visando otimizar os mecanismos de obtenção de capital: conhecer para dominar. As sociedades de ciência inglesa e francesa simbolizam a rivalidade e as disputas engendradas por essas duas nações tanto no plano econômico como no plano intelectual.</p>
c)	<p>Segundo alguns relatos escritos, Gray era um pequeno comerciante e artesão do ramo da tinturaria de tecido que só tardiamente se ocupou do estudo da eletricidade ao passo que Francis Hawksbee, mesmo sem muito poder aquisitivo, tinha certa mobilidade no interior da Academia Real Inglesa de Ciências, por ser um assistente de experimentação de Isaac Newton. Por essa relação política, Hawksbee conseguiu alguns cargos dentro da sociedade sendo que um destes foi o de revisor dos textos a serem publicados pela revista Philosophical Transactions. Assim muitos textos enviados por Gray para a apreciação da Sociedade Real não foram publicados ou tardiamente publicados e muitos dos conhecimentos apontados por Gray em seus textos também foram objeto de estudos de Hawksbee.</p>
d)	<p>Interferem de modo direto vez que o conhecimento científico é uma produção humana em um dado tempo e espaço, sendo parte integrante e indissociável da cultura do grupo social que a produz. No caso ocidental contemporâneo, o</p>

	<p>conhecimento científico é marcado pelas relações de capital, onde empresas financiam determinadas pesquisas, e pelas políticas estratégicas de nações com vistas a alcançar e defender um certo modelo de ciência para o país a que se destina essa política de desenvolvimento científico.</p>
e)	<p>A repulsão elétrica, embora existindo como fenômeno natural ao longo do tempo que se perde na cronologia, ou não era observada ou interpretada como um efeito colateral. As elaborações explicativas com o propósito de dar conta do fenômeno repulsivo gravitavam em torno de três concepções fundamentais. A primeira delas e talvez a mais antiga é que a aparente repulsão seria devida a um fluxo de ar que afasta os corpos leves do âmbar atritado, não tendo quaisquer relações com os fenômenos elétricos.</p> <p>Uma segunda explicação pondera que a repulsão seria aparente e devido a uma atração causada por outros corpos vizinhos. O corpo leve seria atraído por outros corpos vizinhos que de alguma maneira foram carregados e o âmbar estaria atraindo o corpo leve mais fracamente do que os corpos vizinhos carregados.</p> <p>Outra possibilidade de explicação admitia que o fenômeno não seria uma repulsão de fato, mas sim uma colisão mecânica, onde o corpo que era inicialmente atraído pelo âmbar, colidia com ele, sendo então refletido de volta para longe dele:</p> <p>A repulsão como um fenômeno característico das interações elétricas foi proposta por Du Fay, entre em 1732 e 1735 com a proposição de uma teoria formal para explicar o sistema Atração-Contato-Repulsão, por demais relatado em atividades experimentais. Para tal, admitiu a existência de dois tipos de eletricidade, a eletricidade vítrea e a eletricidade resinosa. Inicialmente nem mesmo o próprio Du Fay considerava a repulsão como sendo um fenômeno real. Foi depois de muito tempo maturando a ideia e se convencendo dela que propôs o seu modelo explicativo. Além do tempo de maturação da ideia, as diversas tentativas Du Fay de elaborar atividades experimentais, com vários materiais e instrumentos distintos, tiveram um papel relevante na maturação de seu psiquismo no que tange à pensar a repulsão como um fenômeno de natureza elétrica.</p>
f)	<p>O modelo explicativo de Du Fay, mais consistente com o projeto de ciência moderna que os modelos de seus antecessores, propõe uma eletricidade não mais associada, por analogia, aos fluidos sutis, mas que esta seja interpretada como sendo de fato dois fluidos mecânicos distintos, com todas as propriedades</p>

	<p>atribuídas aos fluidos pela mecânica clássica. Como ponto positivo desse modelo podemos citar que ele possibilitou a explicação de uma grande quantidade de fenômenos elétricos nos moldes da ciência moderna. antes não explicados e a explicação do mecanismo ACR (atração, contato e repulsão); lançando as bases para os princípios da atração e repulsão de corpos eletrizados.</p> <p>Segundo Du Fay, há duas espécies de eletricidade, uma responsável pelo comportamento atrativo e outra pelo comportamento repulsivo, mas o comportamento repulsivo só era verificado quando do sistema (ACR). Não bastasse essa limitação da manifestação do comportamento repulsivo, tanto um corpo eletrizado com a eletricidade resinosa quanto um corpo eletrizado com a eletricidade vítrea poderiam atrair um corpo neutro, de modo que não existia uma forma de distingui-las por seus efeitos. Além disso, a interação entre dois corpos eletrizados gerava dois efeitos contrários, um deles, já conhecido, era o movimento atrativo, o outro, novidade, era o movimento repulsivo.</p>
g)	<p>É um artefato montado com uma garrafa de vidro, parcialmente cheia de água e contendo uma haste de metal que comunica o interior da garrafa ao exterior através da boca da garrafa. Para armazenar eletricidade na garrafa, colocava-se em funcionamento uma máquina elétrica e com um material elétrico comunicava-se o interior da Garrafa de Leyden com algum corpo eletrizado e a eletricidade era conduzida para o interior da Garrafa de Leyden, lá permanecendo por horas, dias ou mesmo meses. Esse armazenamento era efetivado com uma pessoa segurando a garrafa de modo que, no término dessa operação, se a pessoa tocasse na haste que comunica o interior com o exterior da garrafa, recebia uma descarga elétrica de alta intensidade. Para superar esse efeito foi proposto revestir o exterior da garrafa com folha de chumbo ou folha de estanho para evitar o contato humano direto com o vidro. Com isso, também foi aumentado o poder de armazenamento da Garrafa de Leyden. Para aumentar ainda mais a capacidade de armazenamento, foram aplicadas folhas de estanho tanto na face interna quanto na face externa da garrafa. Substituindo o estanho pela prata o poder de armazenamento aumentou ainda mais. Depois disso a garrafa foi usada sem água e com maior capacidade de armazenar eletricidade.</p>
h)	<p>A aceleração dos estudos em eletricidade é acompanhada de perto pela aceleração no próprio devir europeu, provocado pelas transformações sociais, políticas,</p>

econômicas e culturais que grassam o continente europeu, modificando a cosmovisão tradicional vinculada ao universo medieval em detrimento dos diversos elementos constituintes da modernidade. Mas o que singulariza essa aceleração dos estudos em eletricidade é a capacidade humana de produzir instrumentos e interagir com eles de modo a modificar a si mesmo de tal modo a produzir uma aceleração no próprio processo de produção de artefatos.

A essa altura, graças à consolidação da mecânica dos fluidos como saber constituinte da Mecânica Clássica e à elaboração da Garrafa de Leyden, a eletricidade ganha um modelo teórico no qual se inspira para encontrar o seu caminho. Se antes a eletricidade estava associada à ideia dos fluidos sutis pela ausência de alguma base material na qual se pudesse edificar quaisquer modelos explicativos, agora a eletricidade era encarada como um fluido mecânico real, material e plausível de operações matematizadas de medições e quantificações.

Texto 4: Da Garrafa de Leyden à pilha voltaica: uma teoria constituída sem uma fundamentação em princípios gerais

Entre os séculos XVIII e XIX, as pesquisas em eletricidade foram elaboradas com a máquina elétrica para a produção e a Garrafa de Leyden para o armazenamento da eletricidade. Com esses dois artefatos, os efeitos antes não produzidos pelos processos de atrito com uso de força muscular humana ou produzidos em baixa intensidade com o uso da máquina elétrica, eram produzidos de modo mais intenso e duradouro.

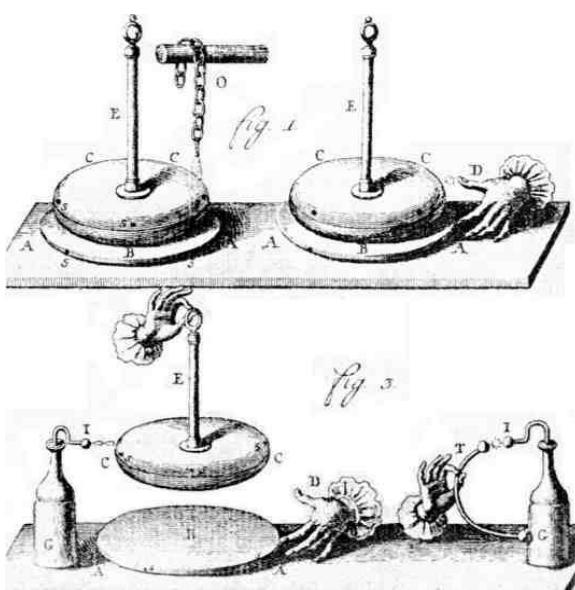
Em uma longa duração, a eletricidade deixou de ser um mistério, sobre o qual se sabia pouco para ser objeto de grande interesse, sendo um importante elemento pertencente à ciência moderna. Mas no século XVIII, mesmo incorporando diversos saberes, explicando uma diversificada gama de fenômenos; quase não tinha aplicação prática e nem princípios gerais nos quais poderia se fundamentar. Um importante passo nessa direção se deu com a incorporação dos fenômenos atmosféricos quando de tempestades à teoria da eletricidade.

Também foi estudada a indução elétrica, uma alteração das propriedades de movimento de um corpo quando este era aproximado de um corpo eletrizado sem, contudo, nele tocar. Diversos estudiosos já haviam se debruçado sobre o problema. Mas é com uma segunda ou terceira geração de eletricitistas que o problema ganha modelos explicativos, possibilidades de medições e quantificações de grandezas bem como a elaboração de diversos artefatos materiais que favoreceram o aprofundamento dos

estudos. Esses elementos aproximaram os modelos explicativos da eletricidade com os modelos matematizados da Mecânica Clássica, tida como o padrão a ser seguido como conhecimento moderno.

A matematização se inicia com a quantificação da intensidade dos fenômenos atrativos ou repulsivos, da relação entre a distância dos corpos em interação e a intensidade desta. Diversos pesquisadores já observavam que nos processos de transmissão, à medida que as porções do fio de barbante através do qual a eletricidade era transmitida se afastavam da fonte da eletricidade, menos intensos eram os efeitos, indicando que as propriedades elétricas dependiam inversamente da distância.

A incorporação dos saberes em eletricidade à cosmovisão do pesquisador europeu em Filosofia Natural e Experimental, com crescente carga de abstração e sintetização desses saberes, abarcando diversos fenômenos antes tidos como não elétricos; permitiu estudos sistematizados dos efeitos secundários da eletricidade (produção de luz, efeitos de condução por longas



Em 1763 o sueco Johan Carl Wilcke elabora o eletróforo: um disco grande (B) coberto com lacre ou resina e outro disco menor (C) com uma alça de isolamento no centro. Esses discos eram colocados simetricamente na vertical, com o disco maior apoiado sobre uma plataforma isolante (A), para que a eletricidade não fosse transmitida para a sua vizinhança, o disco menor é suspenso. Ao eletrizar o lacre ou a resina e aproximar um disco do outro, percebia-se um movimento desse disco maior para cima. Na parte inferior, um disco eletrizado por contato com a garrafa de Leyden é aproximado do disco a ser eletrizado, provocando indução. As se tocar no disco não eletrizado, ele manifesta as propriedades elétricas permanentemente, mesmo sem ter sofrido quaisquer atrito ou contao

O eletróforo oferece uma reestruturação do pensamento acerca da eletricidade por duas implicações básicas:

- Inauguração de nova forma de eletrizar corpos, sem contatos ou atritos entre eles. Ao aproximar um disco do outro, estes se atraíam, ao afastá-los a propriedade elétrica deixava de ser manifestada, com um toque no disco a propriedade deixava de ser transitória.
- Mudança teórica e conceitual mediada pela interação com o eletróforo: Na segunda metade do séc. XVIII, a eletricidade era tida como dois fluidos mecânicos e uma grande classe de fenômenos era satisfatoriamente explicada a partir dessa elaboração conceitual, sendo que para a ocorrência da eletrização era preciso que o fluido fosse transferido de um corpo para outro e isso só era possível por contato ou por atrito entre os corpos.

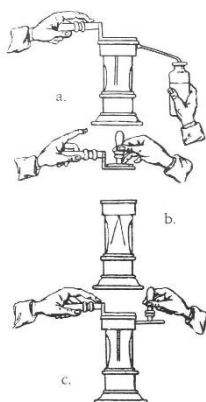
Assim, o modelo da eletricidade como dois fluidos apresenta uma fragilidade teórica: é possível eletrizar corpos sem que houvesse quaisquer contatos entre eles. Além disso, outras dificuldades teóricas foram surgindo à medida que os sujeitos interagiam com os artefatos elaborados para se estudar a eletricidade.

Em 1787 Abraham Bennet propõe um artefato muito sensível à eletricidade e que operava por indução, o **eletroscópio de folhas**. Seu uso foi tão difundido no espaço (continente europeu) e no tempo que diversos livros didáticos de Física possuem seções destinada a ele. No mesmo tempo, apresenta o **dobrador elétrico**, constituído por três placas metálicas distintas, uma delas é montada na parte superior de um eletroscópio e as outras duas são móveis, com alças de manuseio para preservar a eletricidade nelas contidas. O dobrador elétrico obtém uma grande eletricidade a partir de uma quantidade bem menor.



Eletroscópios de folhas de ouro de Bennet.

Réplicas históricas dos eletroscópios. Construídos com folha de ouro delgada, retangular, apoiada, pelo seu centro, na extremidade inferior de uma haste metálica, de modo que as extremidades da folha ficavam voltadas para baixo, em contato entre si. Para não interação com a sua vizinhança, esse sistema era montado no interior de uma garrafa de vidro vedada e a extremidade superior da haste metálica estava na parte externa da garrafa. Aproximando um corpo eletrizado da parte superior da haste metálica, as extremidades da folha de ouro se afastavam.



a) A eletricidade é posta no sistema constituído pela placa presa ao eletroscópio e pela placa central. Depois, a placa central é afastada do eletroscópio

b) As folhas do eletroscópio se separam. A placa superior, usada como eletróforo, é posta sobre a placa central e tocada pelo operador. Depois disso, uma cópia invertida da eletricidade na placa central aparece na placa superior

c) Quando as três placas são justapostas no eletroscópio e tocadas pelo operador, a eletricidade na placa central e no eletroscópio são duplicadas.

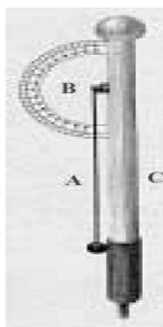
O dobrador elétrico trouxe dificuldades ao modelo da eletricidade como dois fluidos mecânicos, pois estes deveriam atender às condições exigidas pelas equações de Bernoulli, que exigiam a conservação da massa do fluido. A quantidade total de fluido presente em um dado recipiente deveria ser constante. Com o artefato, dobrava-se a eletricidade, sem quaisquer fontes de onde se tirar o fluido elétrico para alimentar o eletroscópio. O modelo da eletricidade como dois fluidos carecia então de uma revisão.

Eletroscópio: indica se um corpo está eletrizado. Exemplo: perpendicular e versório.

Eletrômetro: é um eletroscópio com uma escala graduada; indica se um corpo está eletrizado e fornece informações quantificadas de grandezas físicas (uma distância ou um ângulo) associadas aos fenômenos elétricos em questão



Os pensadores desse tempo realizavam diversas operações de medições sem, contudo, terem uma ideia clara do que se estava medindo e por qual motivo as medidas apresentavam os valores tabulados.



Eletrômetro de quadrante.

O eletrômetro quadrante era constituído de uma esfera suspensa no centro de um arco graduado. Ele fornecia um valor angular para deslocamento da esfera quando esta interagia, por indução, com um corpo eletrizado posto em sua vizinhança. Esse artefato é um aperfeiçoamento técnico do eletrômetro de Richmann, este por sua vez era composto apenas pelo transferidor conectado a uma linha. O aperfeiçoamento se deu com a colocação da esfera na extremidade da linha, o que melhorou consideravelmente o desempenho do eletrômetro, vez que o formato esférico dificultava a perda da eletricidade.

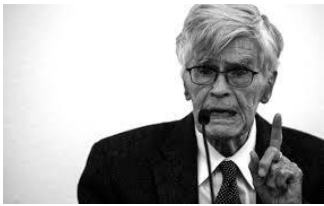
Le Roy e d'Arcy, na primeira metade do séc. XVIII, propuseram o eletrômetro-aerômetro⁹, instrumento capaz de relacionar uma força mecânica de equilíbrio de um corpo imerso em fluido com o seu equivalente elétrico. Era constituído de um corpo capaz de flutuar, posicionado na extremidade de uma haste, sendo que na outra extremidade se colocava um prato metálico. O sistema era submerso na água, de modo que só o prato ficava visível. Ao aproximar desse sistema um segundo prato, ligado a uma máquina elétrica, por indução, o aerômetro emergia. Colocando-se pesos sobre o prato, conseguia-se restituir o instrumento à sua posição original, proporcionando uma correspondência matemática e física entre a força peso e a interação elétrica.

É nesse contexto que Coulomb propõe uma relação matemática para a ideia de força elétrica como sendo esta proporcional ao inverso do quadrado da distância entre dos corpos que interagem eletricamente. Uma forte correlação analógica com a interação gravitacional.

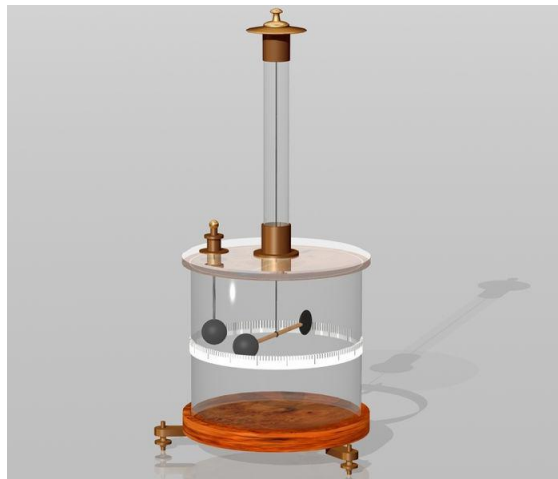
A gravidade, a eletricidade e o magnetismo possuem uma modelização a partir do inverso do quadrado da distância. Essas duas últimas modelizações foram elaboradas por analogia com a primeira. Diversos fenômenos são explicados a partir dessas modelizações, mas ainda não há uma explicação plausível, fundamentada em elementos materiais consistentes capazes de abarcar a factualidade dessas leis!!!

Na constituição de uma teoria física, historicamente, por falta de modelos mentais a partir dos quais seja possível pensar o objeto a ser apreendido e suas relações com os outros objetos já conhecidos, é frequente lançar-se mão do pensamento analógico, isto é, realizar operações mentais de aproximações sucessivas a partir do background à disposição e que constitui outras teorias já consolidadas

⁹ O termo aerômetro faz referência a densidade de gases confinados em medidas de densidades de líquidos em relação ao ar ($\rho \approx 1,2 \text{ g/L}$ a 25°C).



Mario Bunge



A balança elétrica de torção: a) fio suspenso na vertical, fixo na sua extremidade superior e com uma haste horizontal na sua extremidade inferior. b) haste com duas esferas metálicas em suas extremidades. c) garrafa de vidro para evitar as perturbações devido aos movimentos de massas de ar e demais efeitos atmosféricos. d) escala graduada, ao longo de toda a circunferência dessa garrafa, capaz de quantificar o deslocamento das esferas presas à haste. e) esfera interagente colocada na vizinhança do sistema.

Quando as esferas eram eletrizadas, elas se deslocavam ao longo do plano representado pela haste metálica, de modo a se ter uma aproximação ou um afastamento das esferas da haste em relação a outra esfera, segundo a natureza da eletricidade presente na atividade. A partir desses deslocamentos é possível se obter a dependência do movimento em relação ao inverso do quadrado da distância entre as esferas

Por volta de 1781 Lavoisier consegue eletrizar líquidos, convertendo-os em gases, indicando que a eletricidade não seria uma propriedade somente de corpos sólidos. As propriedades magnéticas do cobalto, do bismuto e antimônio foram relatadas em 1778 por Sebald Justin Brugmans da Holanda. Diversos conhecimentos dessa natureza foram gradativamente incorporados a um corpus de saber que veio a constituir a eletroquímica.

O iaque Benjamin Franklin (1706-1790), da Filadélfia, foi uma pessoa que teve uma fama construída historicamente tanto por seu envolvimento político com o processo

de emancipação da colônia britânica quanto por sua relação com os estudos em eletricidade. Com fortes relações com a Inglaterra, elaborou diversos refinamentos conceituais na teoria, reinterpretando o modelo da eletricidade como fluido, e propôs procedimentos práticos que permitiram correlacionar os fenômenos atmosféricos quando das tempestades (raio, relâmpago e trovão) com o seu novo modelo da eletricidade.

O médico e naturalista londrino William Watson (1715-1787); já havia proposto que a eletricidade seria constituída por apenas um fluido. Ideia desenvolvida por Benjamim Franklin, que forneceu uma base material, a partir de procedimentos experimentais capazes de sustenta-la.

Quando uma garrafa de Leyden é carregada, para garantir uma maior eficácia do procedimento, reatou que o revestimento externo deve ser conectado ao solo ou a algum outro corpo equivalente. Um fio de linho, suspenso perto do revestimento externo de uma garrafa de Leyden carregada, não era afetado até que o equilíbrio fosse perturbado, trazendo um dedo próximo ao corpo metálico conectado ao revestimento interno. Franklin defendia que a eletricidade mantida por uma Garrafa de Leyden estava no vidro e não nos revestimentos ou na água. As paredes internas e externa da garrafa apresentavam a mesma quantidade de fogo elétrico e que este não atravessa a parede da garrafa.

Ele defendeu esse enunciado a partir de uma atividade na qual usou uma garrafa onde a água formava o revestimento interno. Quando a água foi despejada, ele percebeu que a água não apresentava quaisquer propriedades elétricas. Ao encher a garrafa com água fresca, a garrafa foi descarregada. Franklin realizou experimentos semelhantes usando placas de vidro com revestimentos removíveis, refinando as elaborações conceituais acerca da ideia da eletricidade como sendo um fluido único.

Ora, já fazia parte do conhecimento ordinário da cultura intelectual europeia típica do séc. XVIII o fato de que ao se atritar dois objetos específicos, como o vidro e um pedaço de pano, ambos apresentavam a propriedades de atrair corpos. Como uma possível explicação para esse fenômeno Franklin supôs que o vidro recebeu uma quantidade de eletricidade de mesma intensidade que a quantidade de eletricidade recebida pelo pano, mas oposta em espécie. Supôs também que todos os corpos continham eletricidade e que, quando duas substâncias diferentes são esfregadas, uma recebe um excesso de eletricidade e a outra uma deficiência. A partir dessas suposições, ele argumentou ainda que havia apenas um tipo de eletricidade, em vez de dois, como Du Fay e outros supunham. Como já fora problematizado anteriormente Du Fay e outros propunham a ideia de dois fluidos diferentes e um corpo que não manifestava

propriedades de atração ou repulsão tinha as mesmas quantidades desses dois fluidos, de modo que a eletrização seria um desequilíbrio nessas quantidades

Para explicar a atração e a repulsão elétrica, Franklin propôs que a eletricidade sempre repele a si mesma, ao passo que atrai a matéria que a retém; de modo que, um corpo com excesso de eletricidade repele um corpo com excesso de eletricidade e um corpo com excesso de eletricidade atrai um corpo com deficiência de eletricidade. Assim, um corpo seria eletrizado de uma forma pelo excesso do fluido e de outra pela ausência desse fluido. Franklin foi o primeiro a supor que a eletricidade total seria conservada, tendo como desdobramento a ideia posterior que a carga elétrica não poderia ser criada ou destruída.

Para dar corpo à sua da eletricidade como um único tipo de fluido, Franklin propôs um conjunto de diversas experiências, sendo que em uma delas duas pessoas se posicionavam em plataformas isoladas. Atrita-se o pano no vidro de modo que estes se eletrizam, uma pessoa toca no pano enquanto a outra toca no vidro. Quando essas duas pessoas aproximaram suas mãos, uma forte faísca passou entre a distância entre os dedos das duas pessoas e ambas são completamente descarregadas, mostrando que as eletricidades se neutralizaram. Outra demonstração do mesmo efeito foi feita pendurando uma bola de cortiça entre dois corpos metálicos de pequenas dimensões conectados aos revestimentos interno e externo de uma garrafa de Leyden. A bola vibrou entre os dois corpos metálicos até a garrafa de Leyden se descarregar completamente, de modo que os revestimentos da garrafa ficaram neutros.

Assim, a partir das proposições de Franklin de 1747, os intelectuais europeus passaram a conviver de modo conflituoso com dois modelos explicativos que pretendiam dar conta dos fenômenos elétricos: o modelo do fluido único e o modelo dos dois fluidos distintos. Esse conflito só foi atenuado na primeira metade do séc. XX, com a proposição da ideia de uma partícula chamada elétron.

Tanto no caso do modelo da eletricidade como um fluido único quanto no modelo da eletricidade como dois fluidos distintos, os fluidos da eletricidade eram tinham massa, inércia, elasticidade e demais propriedades mecânicas dos fluidos clássicos. Nos dois casos também podemos encontrar elementos do que viria a ser no futuro o princípio da conservação da carga elétrica, vez que nelas não havia criação do fluido elétrico.

Também tanto um modelo quanto o outro apresentavam diversas dificuldades teóricas seja por não conseguir elaborar explicações satisfatórias para um dado fenômeno seja por manifestar uma fragilidade na explicação proposta para uma dada característica

para uma classe geral de fenômenos. Um fenômeno que poderia ser satisfatoriamente explicado a partir de um modelo tinha dificuldades de ser explicado pelo outro, de modo que esses dois modelos coexistiram nos séculos XVIII, XIX e início do séc. XX.

As eletrizações por atrito, contato e indução já eram um saber constituído, sendo que facilmente os dois modelos davam conta de explicar a eletrização por contato ao passo que os processos de indução elétrica apresentavam diversas dificuldades em suas explicações. Quanto aos processos de eletrização por atrito, havia a dificuldade de se explicar porque o atrito eletrizava uns corpos e outros não e mesmo ainda que um dado processo um mesmo corpo estava com a eletricidade de um tipo e em outro processo apresentava eletricidade de outra natureza.

O modelo do fluido único apresentava uma fragilidade de explicação do fenômeno da repulsão entre corpos com deficiência de eletricidade, vez que pela teoria a deficiência de eletricidade produziria uma atração. Por volta de 1759, o filósofo natural alemão Franz Ulrich Theodosius Aepinus (1724-1802), conhecedor do trabalho de Franklin, propôs a ideia de que quando dois corpos possuem ausência de eletricidade, a matéria comum repele a si mesma.

Aepinus, dentre outras coisas, no período de 1755 a 1759, realizou uma série de estudos sobre indução e polarização elétricas, explicitando seus resultados em um livro publicado em 1759. Além disso, inspirado no modelo do fluido para a eletricidade tentou um modelo análogo para o magnetismo.

O conflito entre os modelos teóricos mudou de direção quando da incorporação dos fenômenos atmosféricos à teoria da eletricidade como um fluido único. Não só isso, como também a constituição de uma nova ordem mundial, onde o eixo econômico se desloca do Mediterrâneo para o Atlântico, favorecendo economicamente a Inglaterra em detrimento da França, favorece a produção de ciência nos moldes moderno do empirismo inglês.

No ano de 1753, Franklin montou um experimento no qual um sino acionado por eletricidade atmosférica. Ele pôs uma haste metálica isolada na parte superior de um imóvel, conectada a um dispositivo no qual havia dois sinos, com um chocalho levemente suspenso e isolado entre eles. Cada sino foi colocado nas extremidades da haste, sendo que um deles ficou na parte superior em contato com o ar e o outro na parte inferior. Quando a haste ficava suficientemente eletrizada, o badalo era atraído primeiro para um sino e depois para o outro.

Com esse dispositivo, a crença de longa duração de que o relâmpago e o trovão tinham uma natureza elétrica encontrou elementos materiais capazes de fortalecê-la como conhecimento científico moderno. Além disso, esse procedimento experimental inaugura uma nova rotina de realização de diversos experimentos nos quais se buscava relacionar os conhecimentos disponíveis de então sobre eletricidade com os fenômenos atmosféricos observáveis, principalmente quando das tempestades com raios relâmpagos e trovões.

Em um desses experimentos, Franklin conseguiu carregar uma garrafa de Leyden a partir de nuvens de tempestades, para isso, montou um suporte de madeira no qual pôs uma longa haste metálica posicionada verticalmente, sendo que a extremidade inferior dessa haste ficava no interior de uma garrafa de Leyden e a sua extremidade superior em contato com a atmosfera. Ao fim de uma tempestade com relâmpagos e trovões a garrafa estava eletrizada. Na França, Thomas François Dalibard e Delor, por meio de hastes finas e longas conseguiram eletrizar garrafas de Leyden a partir das nuvens de chuva, reproduzindo o experimento de Franklin e obtendo resultados semelhantes. Cantor e Wilson, na Inglaterra, também se propuseram a reproduzir tais experimentos chegando também a resultados semelhantes.

Franklin propôs que havia uma similaridade entre o comportamento de algumas nuvens e o comportamento de alguns corpos eletrizados, tanto com eletricidade de uma natureza como de outra natureza e que uma nuvem poderia mudar a natureza de sua eletricidade. Seus estudos também indicaram que a eletricidade da atmosfera possui alta intensidade e que esta não ocorre somente em dias chuvosos como também pode se manifestar em dias ensolarados e com nuvens brancas.

O francês Pierre Lemonnier (1675-1757) e o italiano Giovanni Battista Beccaria (1716-1781), entre 1752 e 1753, realizaram experimentos em eletricidade atmosférica, usando pipas e hastes metálicas. Eles conseguiram eletrizar garrafas de Leyden na maioria das vezes, principalmente com nuvens de chuva. Geralmente tinham pouco sucesso durante a noite, mas aumentava muito depois do nascer do sol e diminuía após o pôr do sol. Beccaria publicou o livro **Treatise Dell Elettricismo Naturale ed Artificiale** em 1753.

Alguns estudiosos observaram que o ar na vizinhança de uma nuvem também se eletrizava. Em alguns experimentos era possível demonstrar que o ar em uma sala adquiria o mesmo tipo de eletricidade que um corpo carregado naquela sala e que a divergência de dois fios ligados ao corpo carregado diminuía gradualmente conforme o ar se tornava eletrificado, mesmo que a carga no corpo fosse mantida. por uma máquina

elétrica. Beccaria também desenvolveu alguns estudos relacionando a eletricidade com a água, onde foi capaz de produzir faíscas sob a água, sendo que estas eram acompanhadas pela produção de bolhas.

As atividades experimentais vão se tornando gradativamente mais complexas, mais refinadas, incorporando fenômenos antes não explicados. Essas novas posturas tanto no plano material como no plano da elaboração conceitual denunciam uma mudança qualitativa na percepção dos fenômenos elétricos patrocinada dentre outras coisas pela interação dos sujeitos com os instrumentos usados nos estudos em eletricidade.

Assim como a novidade da garrafa de Leyden, a maioria dos procedimentos experimentais propostos por Franklin fora reproduzidos em diversos países, principalmente aqueles relacionados à eletricidade atmosférica. Em uma das reproduções desses experimentos Georg Richmann (1711-1753) morreu

Principalmente depois do séc. XVIII, diversos artefatos inéditos foram fabricados com a capacidade de proporcionar, por meios químicos, eletricidade de modo constante. As quantidades de eletricidade disponíveis das várias máquinas elétricas em uso e de seus aperfeiçoamentos eram mínimas, não apresentavam os efeitos químicos, térmicos e magnéticos característicos da atividade elétrica, eram difíceis de observar, embora todos eles, possivelmente, tivessem sido observados com baixa intensidade. Possivelmente, em numerosas ocasiões, fenômenos elétricos foram observados, mas não reconhecidos e nem explicados como tais, e somente depois da recorrência deles é que foram incorporados à teoria nascente. Tal foi o caso das observações de Galvani e Volta.

Do final do séc. XVIII até o início séc. XX havia três *corpus* de saber distintos e relativamente independentes, produzindo diversos conhecimentos que na primeira metade do século XX serão sintetizados na então teoria do eletromagnetismo: a eletricidade, o galvanismo e o magnetismo. O que antes era entendido como eletricidade está muito próximo do que hoje é entendido como teoria eletrostática, já o galvanismo tinha uma híbrida relação entre o que é conhecido atualmente como química e como eletrodinâmica, e o magnetismo era um corpus de saber independente mas que em um momento ou em outro tinha suas correlações analógicas seja com a teoria da eletricidade seja com a mecânica clássica.

Paralelo à constituição da teoria da eletricidade, estudos sobre as propriedades elétricas e magnéticas de alguns materiais foram elaborados do séc. XVI até o séc. XIX. Eles estudos se iniciam com a compilação de materiais que apresentavam ou não propriedades elétricas quando atritados, culminando com a proposição da série

triboelétrica. Com o aprofundamento desses estudos teremos a constituição de um novo corpus de saber. Assim temos que os estudos de Lavoisier, por volta de 1781, indicaram que a eletrização poderia ocorrer tanto em sólidos como em líquidos, onde esses últimos eram convertidos em gases. Priestley, em seu livro **A História e Estado Atual da Eletricidade**, identifica algumas propriedades elétricas importantes no carbono.

O sueco Johann Georg Sulzer, publicou em Berlim, em 1762, um trabalho relatando que metais como prata e chumbo quando mantidos juntos na língua, produziam um sabor como o sulfato de ferro, e quando eram colocados na língua, um em cima e outro embaixo nenhum sabor era sentido até que as bordas externas dos metais entrassem em contato.

Por volta de 1753, o professor de anatomia, cirurgia e medicina da Universidade de Gottingen, Albrecht von Haller, publica um texto sobre a teoria da sensibilidade e da irritabilidade, na qual propunha que a sensibilidade era uma propriedade intrínseca às terminações nervosas ao passo que a irritabilidade estava associada aos músculos. Nesse texto Haller desenvolve as ideias de seu professor Herman Boerhaave (1668-1738), que defendia que o elemento vital seria fluido sutil ou espírito animal, com propriedades específicas e natureza material, mesmo que não produzisse aumento no tamanho do músculo.

Antes das proposições de Haller, uma tradição médica, religiosa e filosófica propunha que o elemento vital seria a alma ou o espírito, uma espécie de fluido sutil imaterial, sem massa e sem outras propriedades materiais, mas que estaria no cérebro e de lá fluiria para as diversas partes do corpo sendo capaz de produzir os movimentos e as sensações. A ideia da materialidade do fluido sutil responsável pela vida, proposta na atmosfera das pesquisas em eletricidade e em magnetismo, ambos também propostos como dois fluidos sutis materiais, apresentando, portanto, diversas propriedades mecânicas, leva diversos pesquisadores a concentrar esforços para diagnosticar a materialidade desse fluido vital.

Alguns estudiosos desse período passaram então a propor que o fluido vital teria uma natureza elétrica. Tommaso Laghi (1709-1764), médico e anatomista da Universidade de Bolonha admitiu diretamente a possibilidade de que os espíritos animais tivessem uma natureza elétrica e que as contrações musculares fossem provocadas pela atração elétrica entre o nervo e o músculo, proporcionada pelo fluxo de fluido elétrico.

Ora devido a interação com a máquina elétrica e posteriormente com a garrafa de Leyden, alguns efeitos fisiológicos da eletricidade já eram bastante conhecidos. Ainda

em meados do séc. XVIII, o italiano Leopoldo Marco Antonio Caldani relata atividades experimentais nas quais se obtém contrações dos músculos de um sapo morto sob a influência da eletricidade. Em 1752, já havia relatos de experimentos nos quais um músculo contraiu quando tocado em dois pontos, um dos quais era um nervo, com as extremidades livres de um par de prata e cobre, e com as outras extremidades que foram unidas.

Por volta do ano de 1770 foram desenvolvidos diversos estudos acerca da eletricidade manifestada por alguns peixes elétricos. As investigações de John Walsh (1726-1795), John Hunter (1728-1793), Henry Cavendish (1731-1827) evidenciaram que os dispositivos de defesa de alguns peixes específicos, como os torpedos e as enguias, tinham natureza elétrica. Walsh, ao estudar o peixe torpedo, embora verificando a natureza elétrica de seus dispositivos de defesa, não conseguiu produzir faíscas elétricas, ao passo que no estudo com enguias, produziu uma pequena centelha.

Os estudos que relacionavam a eletricidade animal com a teoria da eletricidade o faziam por analogia, de modo que era preciso encontrar bases materiais capazes de fortalecer essas correlações analógicas. É nesse contexto que Luigi Galvani (1737-1798), professor de anatomia na Universidade de Bolonha, busca uma explicação neuroelétrica para o movimento muscular, iniciando uma pesquisa sistemática em sapos e outros animais, amparada em um constante diálogo entre teorias, hipóteses e atividades experimentais.

Galvani, durante o ano de 1780, enquanto dissecava um sapo em seu laboratório, colocou-o na mesa perto de uma máquina elétrica na qual estava realizando um outro experimento. Notou que uma faísca era produzida, quando o bisturi tocava em alguma terminação nervosa do sapo. Outro fenômeno intrigante relacionado ao observado é que tocando em nervos específicos, as pernas do sapo se contraíam. Isso era elemento de causar espanto porque não havia conexão direta entre a máquina elétrica e o bisturi.

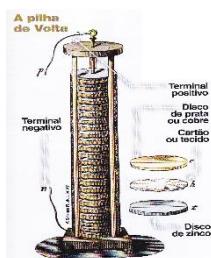
Galvani atribuiu as contrações à eletricidade. Ele obteve resultados semelhantes usando vários metais, uma garrafa de Leyden carregada, um eletróforo e a eletricidade atmosférica. Estava convencido de que estava observando fenômenos elétricos biológicos cuja fonte eram os músculos ou nervos. Ele continuou seus experimentos por onze anos antes de publicar suas observações, em 1792, no livro **De viribus electricitatis in motu muscolari** (Comentários sobre o efeito da eletricidade nos movimentos musculares).

Para Alessandro Volta (1745-1827), professor de história natural na Universidade de Pavia, a fonte da eletricidade era os metais e não nervos ou músculos.

Mas Galvan, mesmo não usando metais, obteve os mesmos resultados em suas experiências, pois o contato de um dos nervos com a cobertura externa de um dos músculos do sapo era suficiente para causar contrações. Essas interpretações originam uma disputa intelectual entre Volta e Galvani e impulsionam os estudos e as pesquisas centrados na controvérsia entre a viabilidade ou não da corrente contínua e da proposta de um modelo teórico explicativo coerente.

Ambos atraíram para si pensadores que apoiavam suas teorias. O debate se aqueceu e nunca foi resolvido para as duas teorias, até a primeira metade do séc. XX. As propostas teóricas da eletricidade animal como sendo oriunda dos nervos e músculos e desta como sendo originada por fatores inorgânicos, apresentavam tanto fragilidades teóricas quanto elementos que as fortaleciam em um ou outro aspecto: as duas teorias tinham elementos que dificultavam tanto a sua adoção quanto o seu descarte como modelo teórico explicativo.

Galvani e Volta continuam seus experimentos até a morte de Galvani em 1798, aferrendo a querela. A obtenção de resultados práticos poderosos a partir das ideias de Volta, favoreceu o predomínio de suas ideias em detrimento das de Galvani.



Em 1792, Volta consegue armazenar eletricidade de modo mais eficiente que a garrafa de Leyden. Para isso, elaborou uma pilha cilíndrica de diversos discos de zinco, feltro, papel ou couro, colocados nessa sequência, embebidos em solução salina ou ácida diluída. A eficiência da pilha voltaica impõe um problema teórico: Na construção da pilha não são evidentes os conhecidos processos de eletrização por atrito, contato ou indução. Era preciso um modelo capaz de dar conta da eletricidade dessa pilha.

Em pouco tempo a pilha ganha a Europa e os estudiosos logo se debruçaram sobre o problema de sua eficiência. Como solução do problema, Humphry Davy propôs que a eletricidade da pilha tinha origem química, e com água pura o artefato não operaria. Essa proposição possibilita a eletroquímica e um aprofundamento nas teorias do magnetismo e da eletricidade, impulsionados também pela pilha voltaica e pelo galvanismo.

Os conhecimentos elaborados por Galvani possibilitaram os estudos que vieram a compor a Eletrodinâmica, focando principalmente nos efeitos fisiológicos e nos fenômenos de sua condução de eletricidade por diferentes materiais.

Já a pilha voltaica forneceu eletricidade suficiente para se realizar decomposição de substâncias compostas em seus elementos constituintes. Com esse artefato, em 1800, os ingleses. William Nicholson e Anthony Carlisle conseguiram realizar a decomposição da água em seus constituintes oxigênio e hidrogênio, a eletrólise. No mesmo ano e da mesma forma William Cruikshank decompôs diversos sais. Depois, outros experimentadores conseguiram decompor diversas substâncias. Berzelius de Gotland, na Suécia, entre 1802 e 1806, publicou várias pesquisas em eletroquímica. Se era possível provocar reações químicas com a eletricidade, as forças de coesão da matéria poderiam ter natureza elétrica. Os estudos que consolidaram a eletrolise e a eletroquímica permitiram o uso comercial da eletricidade.

A pilha, mesmo produzindo pequenas faíscas e poucos efeitos fisiológicos no corpo humano, produzia intensidade tal que era possível queimar fios de ferro, incandescer carvão e vaporizar folhas de ouro e prata. Aquecimento suficiente para provocar efeitos químicos diversos e até então desconhecidos.

Entretanto, a pilha apresentava uma limitação técnica¹⁰: a diminuição da intensidade da saída da eletricidade. A tentativa de superação dessa limitação possibilitou uma correlação entre a eletricidade e o magnetismo, e a proposição da existência de uma partícula material responsável pela manifestação das propriedades elétricas.

Na segunda metade do séc. XIX surge uma teoria corpuscular, onde a eletricidade é encarada como uma propriedade intrínseca de partículas específicas. O irlandês George Johnstone Stoney (1826-1911), entre 1874 e 1881, formula diversos conceitos acerca da eletricidade como sendo essa dotada de unidade fundamental. Stoney, em 1891, usa o termo elétron para fazer referência a essa unidade fundamental de eletricidade. Depois disso, Joseph J. Thomson consegue medir a razão carga e a massa. Com isso, há a proposição de um modelo mecânico da carga e corrente elétricas como modelo explicativo da eletricidade.

A carga elétrica seria a quantidade de eletricidade do elétron. Os processos de eletrização passam a ser interpretados como excesso ou falta de elétrons no corpo.

¹⁰ Esse acontecimento encarado então como um defeito técnico de projeto hoje é interpretado como um fenômeno chamado polarização da matéria, evidenciado quando aparece bolhas de gás hidrogênio no eletrodo positivo de uma bateria de solução eletrolítica, fazendo com que apareça uma resistência interna na bateria, estabelecendo uma força eletromotriz contrária, diminuindo assim intensidade da corrente elétrica de saída.

A corrente elétrica seria o movimento ordenado dessas unidades de eletricidade ao longo de um meio material

No séc. XIX, a mecânica já estava de todo consolidada, tendo diversos elementos da teoria da mecânica dos fluidos implicados na engenharia das máquinas térmicas. A Termodinâmica, parte da Filosofia Natural e da Filosofia Experimental, se propunha a estudar o movimento simultâneo de uma infinidade das partículas, sendo impossível aplicar os Princípios Fundamentais da Dinâmica individualmente a cada partícula. Os modelos corpusculares da eletricidade e do magnetismo tinha a mesma ambição e assim foram elaboradas pontes analógicas com e os modelos já disponíveis. No bojo dos elementos culturais que eclodiram no Positivismo, a Filosofia Natural buscava uma explicação mecânica para diversos fenômenos naturais, originando o Mecanicismo como uma corrente filosófica, que respinga nos modelos teóricos da eletricidade e do magnetismo.

Dentre as dificuldades apresentadas por esse modelo mecânico, temos a questão das velocidades de propagação da eletricidade, dos fenômenos de indução elétrica e dos efeitos luminosos relacionados à eletricidade. Até o séc. XX a existência de éter era uma verdade inquestionável, e para solucionar tais problemas era preciso uma ideia de um éter imponderável e imaterial, mas que apresentasse propriedades materiais.

James Clerk Maxwell (1831-1879), aceitando a existência do éter, propõe um modelo mecânico extremamente matematizado que incorporava em uma única teoria a eletricidade e o magnetismo, explicando de modo coerente uma vasta classe de fenômenos e as propriedades eletromagnéticas de diversos materiais. Faz isso, partindo de uma analogia entre modelo da dinâmica dos fluidos e seu modelo eletromagnético.

O modelo de Maxwell sugere a existência de campos elétricos e magnéticos, sendo que estes estavam fortemente correlacionados à ideia da luz como uma onda. A luz então teria uma natureza eletromagnética. Ao incorporar a ótica, esse modelo não conseguiu explicar alguns fenômenos óticos, tais como desvios de índice de refração e a dependência das cores em relação aos índices de refração. Além desses problemas teóricos ainda havia uma antiga querela acerca da natureza da luz, onde alguns defendia que a luz seria uma onda e outros admitiam que a luz era constituída de partículas. As

duas correntes de pensamento disputavam na proposição de atividades experimentais capazes de evidenciar o caráter corpuscular ou ondulatório e na elaboração de refinamentos em seus modelos explicativos.

Partindo da proposta ondulatória, a interpretação de algumas experiências relacionadas aos fenômenos de difração e de dupla refração da luz precisava admitir que as ondas luminosas deveriam ser transversais, e não longitudinais; e o éter deveria ser um sólido totalmente elástico e não um fluido. Essa ideia da elasticidade do éter por um lado dava conta dessas experiências e por outro lado fracassava ao tentar dar conta de diversos outros fenômenos como os movimentos planetários. Outro problema enfrentado era que, quando a transversalidade da luz foi proposta, nenhum método geral ainda havia sido desenvolvido para investigar matematicamente as propriedades de corpos elásticos.

Como solução, George Gabriel Stokes (1819-1903) propôs um comportamento de sólido elástico para o éter, para vibrações rápidas, como a luz, e um comportamento de fluido, para o progressivo e lento movimento dos planetas. Já Augustin-Louis Cauchy (1789-1857) e Claude Lois-Marie-Henri Navier (1785-1836) propuseram modelos de sólido elástico, mas os modelos não conseguiam obter algumas leis da difração. Em 1839 James MacCullagh (1809-1847) propõe um modelo de um sólido elástico para o éter, com propriedades que preenchem os requisitos da luz e dos movimentos planetários. professor de Filosofia Natural William Thomson (1824-1907) propõe um modelo mecânico molecular para o éter de MacCullagh e motiva Maxwell a construir um modelo mecânico para o Eletromagnetismo.

Baseado nesse último modelo, em 1897, o inglês Joseph John Thomson (1856-1940) anuncia o resultado de seus experimentos com raios catódicos; sugerindo que esses raios catódicos são constituídos de minúsculas partículas negativas, os “corpúsculos”. Depois as considerou como constituintes universais da matéria, as unidades de eletricidade ou elétrons. Essa partícula foi evidenciada materialmente somente no ano de 1909, com o experimento de Milikan que equilibrando a interação elétrica com a interação gravitacional conseguiu a proeza de fazer levitar uma gota de óleo

A ideia do elétron como sendo uma partícula elementar natural contendo diversas propriedades eletromagnéticas, embora fazendo uso de todo o percurso histórico da constituição da teoria, eclode no ano de 1891, mas foi gestada num processo de longínqua duração, lentamente amadurecida pela mediação possibilitada pela interação dos sujeitos com os diversos artefatos elaborados para se estudar a eletricidade e o magnetismo.

Da proposição da ideia de existência do elétron à interpretação do experimento de Milikan como sendo um fenômeno produzido pelos elétrons; ainda foi preciso anos de amadurecimento de ideias, de elaboração de novos artefatos, de surgimento de diversas tentativas e modelos teóricos explicativos. Na atualidade, o elétron é tido como uma partícula fundamental da natureza com de carga elétrica, responsável por diversos fenômenos abarcados pela teoria eletromagnética e pela mecânica quântica; sendo ainda hoje fruto de diversas pesquisas, embates tanto teóricos e quanto experimentais. A porta ainda está aberta.

Questões referentes ao Texto 04

- 1) Segundo o texto quais são os três processos de eletrização possíveis de ocorrer na natureza? Tente explicar como cada um deles ocorre
- 2) Os estudos dos fenômenos de indução elétrica proporcionaram a constituição da eletricidade em bases cada vez mais sólidas. Que inovações materiais e teóricas os processos de eletrização trouxeram para a teoria da eletricidade no século XVIII?
- 3) Ao abrir os livros de Física que tratam da teoria eletromagnética, percebe-se o grande teor de matematização dessa teoria. Entretanto, o texto evidencia que essa matematização foi um processo de início relativamente recente, sendo que até o século XVIII, todos os conhecimentos em eletricidade eram essencialmente qualitativos. Segundo o texto, responda os seguintes quesitos
 - a) Que elementos proporcionaram a matematização da teoria?
 - b) Como esse processo foi iniciado?
 - c) Que grandezas eram medidas?
 - d) Que instrumentos foram elaborados para se obter informações quantitativas acerca da eletricidade?
- 4) Diferencie eletroscópio de eletrômetro.
- 5) Segundo Mario Bunge o pensamento analógico possui grande importância na elaboração de teorias físicas. Por que em Física a analogia é importante? Como funciona o pensamento analógico em Física?
- 6) No processo de matematização da teoria da eletricidade que recursos analógicos foram utilizados no contexto da elaboração e uso da balança elétrica de torção?
- 7) William Watson propôs um modelo teórico explicativo da eletricidade como sendo um fluido único, ideia desenvolvida por Benjamin Franklin. Essa ideia rivalizou com

a ideia proposta por Charles François de Cisternay Du Fay que considerava a eletricidade como sendo constituída por dois fluidos distintos. Que elementos materiais e teóricos Franklin utilizou para defender sua proposta?

- 8) Como os fenômenos atmosféricos como o raio, o relâmpago e o trovão foram incorporados à teoria da eletricidade?
- 9) O final do século XVIII presenciou uma grande disputa teórica e material entre o galvanismo e a teoria do contato dos metais proposta por Alessandro Volta. Elabore um quadro comparativo entre as duas propostas indicando seus pontos fortes, seus pontos fracos, seus experimentos e seus desdobramentos.
- 10) Na contemporaneidade é aceita a ideia do elétron como sendo uma partícula elementar da natureza apresentando diversas propriedades elétrica e magnéticas além de ter massa. Devido essas propriedades o elétron é objeto de estudo tanto da teoria eletromagnética como da teoria quântica, mas, como explicitado no texto, ao contrário do que muitos pensam, a ideia de elétron não surge na Antiguidade Clássica, mas somente no final do século XIX, mais precisamente no ano de 1891, embora estivesse em gestação durante um longo tempo. Aponte os principais problemas teóricos práticos solucionados tanto pela proposição da ideia de elétron quanto pela indicação da sua materialidade, feita pela interpretação do experimento de Milikan, da levitação da gota de gota de óleo.

Chaves comparativas de repostas referentes às questões do Texto 4

Q	Respostas
1.	<p>Atrito: Processo de eletrização no qual dois corpos A e B, inicialmente são mutuamente friccionados, ficando ambos eletrizados, sendo que o corpo B fica com carga elétrica de natureza oposta à natureza da carga obtida pelo corpo A. Os dois corpos apresentam mesma quantidade de carga elétrica em módulo.</p> <p>Contato: Processo de eletrização no qual um corpo eletrizado entra em contato com um corpo neutro ou eletrizado de modo que esses dois corpos interagem até atingirem o equilíbrio eletrostático, trocando cargas elétricas entre si.</p> <p>Indução: Processo de eletrização no qual um corpo eletrizado é aproximado de um corpo inicialmente neutro sem, contudo, nele tocar, produzindo uma polarização de cargas elétricas no interior do corpo neutro.</p>

2.	O estudo que levaram à consolidação dos processos de eletrização por atrito, contato e indução elétrica fomentou o desenvolvimento de diversos instrumentos como o dobrador elétrico, o eletroscópio, o eletrômetro e a balança de torção elétrica. Esses instrumentos produziram alterações no psiquismo dos pesquisadores, maturações de diversas ideias, refinamento e complexificação da teoria da teoria da eletricidade
3.	<p>a) A elaboração de instrumentos voltados para a experimentação agora usando alguma escala de medida de ângulo ou comprimento; a aceitação da eletricidade como sendo constituída por um fluido mecânico sujeito a todas as leis da mecânica clássica, inclusive a quantificação. A analogia da teoria da eletricidade com a ideia da gravitação universal, para a lei da proporcionalidade com o inverso do quadrado da distância.</p> <p>b) Esse processo foi iniciado aceitando a eletricidade como um fluido mecânico, o desenvolvimento dos estudos em indução elétrica com o uso do eletrosfóro e realizando medições a partir do uso de eletroscópio de folhas.</p> <p>c) Em geral media-se algum ângulo ou algum comprimento aceitando a proporcionalidade de quanto maior o valor dessas grandezas maior seria a intensidade da eletricidade estudada</p> <p>d) O eletroscópio de folhas, o eletrômetro de pêndulo e de quadrante e a balança de torção elétrica</p>
4.	Enquanto o eletroscópio era um dispositivo usado somente para acusar a presença ou ausência de eletricidade em um dado corpo, o eletrômetro é um artefato que além de fornecer essa informação também possibilita obter alguma informação quantitativa acerca da eletricidade em questão.
5.	Na constituição de uma teoria física, historicamente, por falta de modelos mentais a partir dos quais seja possível pensar o objeto a ser apreendido e suas relações com os outros objetos já conhecidos, é frequente lançar-se mão do pensamento analógico, isto é, realizar operações mentais de aproximações sucessivas a partir do background à disposição e que constitui outras teorias já consolidadas. Essa é uma poderosa ferramenta mental que permite aproximar uma realidade distante, buscando uma associação por semelhança entre o desconhecido e o já conhecido.
6.	Com a proposta do eletrômetro-aerômetro por Le Roy e d'Arcy foi possível estabelecer uma analogia forte entre modelo teórico explicativo da eletricidade e

	<p>os modelos matematizados típicos da mecânica clássica, vez que agora havia uma correspondência não só matemática como também física entre a mecânica e a eletricidade. O que antes era acenado como uma ideia sem fundamentação, passa a ter elementos materiais capazes de aproximar a eletricidade da mecânica clássica.</p> <p>Essa aproximação possui um conjunto complexo de ideias, com vários matizes teóricos, uma pluralidade inicial de modelos teóricos explicativos, combinando diversos elementos culturais com a então racionalidade característica da ciência moderna. Desse modo todo o ferramental matemático oriundo da hidrostática e da hidrodinâmica precisava ser transposto para a teoria da eletricidade, precisava ser interpretado, ressignificado. Reiteramos que não se trata de uma analogia tal como acontece nos livros elementares de ensino superior, antes é a própria teoria que se insinua de tal forma que a eletricidade fora concebida inicialmente como um fluido. É nesse contexto que Coulomb propõe uma relação matemática para a ideia de força elétrica como sendo esta proporcional ao inverso do quadrado da distância entre dos corpos que interagem eletricamente. Aqui temos uma forte correlação analógica com a mecânica clássica no contexto da interação gravitacional.</p>
7.	<p>Ele supôs que todos os corpos continham eletricidade e que, quando dois corpos de naturezas diferentes são esfregados, um fica com excesso e o outro com falta de eletricidade. Assim admitiu a existência de somente um tipo de eletricidade. Para explicar a atração e a repulsão elétrica, Franklin propôs que a eletricidade sempre repele a si mesma, ao passo que atrai a matéria que a retém; de modo que, um corpo com excesso de eletricidade repele um corpo com excesso de eletricidade e atrai um corpo com deficiência de eletricidade. O corpo seria eletrizado de uma forma pelo excesso do fluido e de outra pela ausência desse fluido.</p> <p>Para materializar suas ideias propôs um conjunto de diversas experiências, sendo que em uma delas duas pessoas se posicionavam em plataformas isoladas. Atrita-se um pano em um vidro de modo que estes se eletrizam, uma pessoa toca no pano enquanto a outra toca no vidro. Quando essas duas pessoas aproximaram suas mãos, uma forte faísca passou entre a distância entre os dedos das duas pessoas e ambas são completamente descarregadas, mostrando que as</p>

	<p>eletricidades se neutralizaram. Outra demonstração do mesmo efeito foi feita pendurando uma bola de cortiça entre dois corpos metálicos de pequenas dimensões conectados aos revestimentos interno e externo de uma garrafa de Leyden. A bola vibrou entre os dois corpos metálicos até a garrafa de Leyden se descarregar completamente, de modo que os revestimentos da garrafa ficaram neutros.</p>				
8.	<p>Franklin montou um experimento no qual um sino acionado por eletricidade atmosférica. Ele pôs uma haste metálica isolada na parte superior de um imóvel, conectada a um dispositivo no qual havia dois sinos, com um chocalho levemente suspenso e isolado entre eles. Cada sino foi colocado nas extremidades da haste, sendo que um deles ficou na parte superior em contato com o ar e o outro na parte inferior. Quando a haste ficava suficientemente eletrizada, o badalo era atraído primeiro para um sino e depois para o outro. Com esse dispositivo, a crença de que o relâmpago e o trovão foi fortalecida. Esse procedimento experimental inaugura uma nova rotina de realização de diversos outros experimentos nos quais se buscava relacionar os conhecimentos disponíveis de então sobre eletricidade com os fenômenos atmosféricos observáveis, principalmente quando das tempestades com raios relâmpagos e trovões. Depois, Franklin conseguiu carregar uma garrafa de Leyden a partir de nuvens de tempestades.</p>				
9.	Teoria	Pontos Fortes	Pontos Francos	Experimentos	Desdobramentos
	Galvanismo	Aprofundamento da compreensão dos efeitos fisiológicos da eletricidade nos corpos dos animais e do ser humano	Fragilidade teórica por acreditar que a eletricidade estudada era de origem animal	Movimento de membros e corpos de animais e pessoas mortas	Desenvolvimento da teoria neuro elétrica e de instrumentos de reanimação cardíaca.

	Pilha voltaica	Armazenamento de energia elétrica de modo eficaz Elaboração teórica mais econômica	Grande custo de obtenção de grandes quantidades de energia	Descargas elétricas produzidas por diferentes metais justapostos	Desenvolvimento da teoria das pilhas e baterias
10.	<p>Dentre as diversas dificuldades apresentadas pelo modelo mecânico da eletricidade, temos a questão da velocidade da condução da eletricidade, a velocidade dos fenômenos de indução elétrica e a velocidade dos efeitos luminosos relacionados à eletricidade. Até o século XX a existência de éter era uma verdade inquestionável, e para solucionar tais problemas era preciso uma ideia de um éter mesmo imponderável e imaterial, mas que apresentasse algumas propriedades materiais como a elasticidade. Uma consequência direta das leis do inverso do quadrado é a ideia de interação à distância de modo imediato ou simultâneo.</p> <p>Além dessas dificuldades a adoção do modelo ondulatório para a eletricidade e o magnetismo, ao incorporar a luz como fenômeno eletromagnético não dava conta de explicar diversos fenômenos óticos, o que só foi explicado admitindo a possibilidade da existência do elétron.</p>				

Momento De Execução da Atividade Experimental

Nesse momento é dada a oportunidade aos grupos de estudantes de apresentarem os seus trabalhos, sendo que o professor apenas atua como mediador e como expectador. Aqui todos os procedimentos práticos e as explicações são levadas a cabo pelos alunos. De modo que não tem como prever os desempenhos individuais dos estudantes em cada grupo.

Síntese Integradora E Auto Avaliação

Síntese Integradora

No contexto de nossa atividade, as sínteses temáticas integradoras são produções textuais transdisciplinares, resultado do trabalho com os temas geradores propostos nos quatro textos e no filme problematizados em sala de aula, que possuem o propósito de evidenciar em que medida você alunos está conseguindo fazer uma elaboração própria dos temas estudados e se você consegue relacioná-los com outros temas abordados em outras disciplinas ou a elementos de seu dia a dia. Assim, tanto como pessoa quanto como aluno, você está sendo provocado a organizar os novos conhecimentos (conteúdos, habilidades e valores, de natureza intelectual, ética e estética), relacionando-os não só com suas experiências passadas (conhecimentos prévios), mas também com seus sonhos e seus desejos no futuro.

No momento da produção do texto escrito você é convidado a retomar, organizar e integrar as ideias. Como tema integrador norteador da sua produção textual apresentamos o seguinte texto que pode auxiliar você a retomar algumas ideias

A Teoria da Eletricidade nasce e se constitui no projeto moderno do Esclarecimento (Iluminismo) e por isso, intrinsecamente carrega consigo um projeto de formação cultural fundado na racionalidade técnica a ser consumada num futuro irrealizável. Quando nos voltamos criticamente para o passado da Teoria da Eletricidade, desnudamos as fragilidades desse conhecimento; suspendemos o tempo do devir, valorizamos a tradição e abrimo-nos para a possibilidade de uma experiência formativa que embora seja em Ciências Naturais reconstitui o lugar do humano pela ação capaz de transformar tanto a realidade como o próprio sujeito da ação.

Autoavaliação

Chegamos ao fim de nossa unidade formativa. Depois de elaborar sua síntese integradora, você agora está sendo convidado a fazer uma reflexão de autoavaliação de sua participação no conjunto das atividades desenvolvidas ao longo desse processo. Você pode utilizar os tópicos listados abaixo para organizar seu texto. Cada tópico pode ser desenvolvido num parágrafo.

- Quais eram suas expectativas ao se propor a participar dessas atividades?

- Suas expectativas foram atendidas?
- Como foi sua relação com os colegas e professor no início e como evoluiu ao longo do curso?
- Quais os temas abordados na unidade formativa de que você mais gostou? Por quê?
- Quais os temas abordados na unidade formativa em que você teve mais dificuldades? Por quê?
- Suas dificuldades foram superadas ao longo do curso?
- Quais são os conteúdos aprendidos que você considera mais interessantes ou importantes?
- Que sentido teve para você a experiência de desenvolvimento das atividades propostas? Quais as aprendizagens que essas atividades lhe proporcionaram?
- Quais são suas expectativas de futuro?
- Como pretende continuar a desenvolver sua formação escolar, profissional e cidadã?
- Que mensagem você daria para jovens que ainda não passaram por essa unidade formativa?

Bibliografia para o professor

ASSIS, A. K. T. **Os fundamentos experimentais e históricos da eletricidade.** Campinas: Editora da Unicamp, v. 1 e 2, 2018.

BELTRAN, M. H. R. **História da ciência para a formação de professores.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

BENJAMIN, W. **Magia e técnica, arte e política: Ensaio sobre literatura e história da cultura.** Tradução de Sergio Paulo Rouanet. 3ª. ed. São Paulo: Brasiliense, v. 1, 1987. (Obras Escolhidas).

BOSS, S. L. B. **Tradução comentada de artigos de Stephen Gray (1666-1736) e reprodução de experimentos históricos com materiais acessíveis: subsídios para o ensino de eletricidade.** Bauru: [s.n.], 2011.

GIL, A. C. **Metodos e Técnicas de pesquisa social.** 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 1987. 206 p.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

LESSA, S. **Introdução à filosofia de Marx.** 2ª. ed. São Paulo: Expressão Popular, 2011. 128 p.

MORAES, R. Mergulhos discursivos: análise textual qualitativa entendida como processo integrado de aprender, comunicar e interferir em discursos. In: FREITAS, M. D. C. G. E. J. V. D. **Metodologias emergentes de pesquisa em educação ambiental.** Ijuí: Ed. Injuí, 2005. p. 85-114.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 2000.