



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CAMPUS REITOR JOÃO DAVID FERREIRA LIMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO CIENTÍFICA E
TECNOLÓGICA

Lucas Albuquerque do Nascimento

Reflexões sobre Ciência e Ensino: O Eclipse Solar de 1919

Florianópolis

2020

Lucas Albuquerque do Nascimento

Reflexões sobre Ciência e Ensino: O Eclipse Solar de 1919

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do título de Mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Camillo.

Florianópolis
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Nascimento, Lucas Albuquerque do
Reflexões sobre Ciência e Ensino : O Eclipse Solar de
1919 / Lucas Albuquerque do Nascimento ; orientador,
Juliano Camillo, 2020.
117 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas,
Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica,
Florianópolis, 2020.

Inclui referências.

1. Educação Científica e Tecnológica. 2. Teoria da
Atividade Cultural-Histórica. 3. Ensino de Ciências. 4.
História e Filosofia da Ciência. 5. Eclipse Solar de 1919.
I. Camillo, Juliano. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e
Tecnológica. III. Título.

Lucas Albuquerque do Nascimento
Reflexões sobre Ciência e Ensino: O Eclipse Solar de 1919

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Ivã Gurgel
Universidade de São Paulo

Prof. Dr. Demétrio Delizoicov
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Elizandro Maurício Brick
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de mestre em Educação Científica e Tecnológica.

Prof. Dr. Juliano Camillo
Coordenador do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Juliano Camillo
Orientador

Florianópolis, 2020.

Este trabalho é dedicado a minha família, em especial ao meu avô José Sabino de Albuquerque (em memória) e aos meus amigos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Silvânia e Valdimiro, que fazem do impossível o possível, durante a minha criação e principalmente educação. A minha afilhada e irmã, Valdivânia que sempre será um exemplo de vida e superação e ao meu irmão Valdimiro Júnior que é uma fonte de inspiração e dedicação sobre trabalho.

Aos meus avós José Sabino (em memória) e Olindina, pelas suas histórias de vida e os seus sinceros votos de confiança creditados em seu neto.

Ao Juliano Camillo que para mim é muito mais do que um orientador, um verdadeiro amigo!

Ao João Otavio e a Sarah Orthmann, amigos que me fazem pensar e me questionar cada vez mais sobre História e Filosofia da Ciência e a vida. Também agradeço a todos os colegas de turma do Mestrado 2018, a toda comunidade do PPGECT e a UFSC.

Aos professores das disciplinas que cursei ao longo desses dois anos e aos grupos de pesquisas e estudos que participei. Aos membros da banca pelas contribuições desde o período da qualificação até o momento da defesa deste trabalho.

A Dayane Ros, pelos vários questionamentos que me fizeram e fazem pensar sobre a pesquisa, as suas contribuições, sugestões e correções ao discutirmos o trabalho.

Por fim e não menos importante, ao trabalhador brasileiro pelo financiamento dos meus estudos por meio da FAPESC/CAPES e todos aqueles que estiveram envolvidos e contribuíram durante essa caminhada.

Afeto é semente que brota em terra de peito alheio. É quando a grama do vizinho é tão verde porque você mesmo plantou. É bonito de ver quando o que tem aqui, tem por aí também, um campo aberto e fértil. Eu canto um solo, venho à luz, cresço muda, faço vida.

Dayane Ros

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), em parceria com a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

A dissertação tem como objetivo geral desenvolver uma releitura histórica do episódio sobre o Eclipse Solar de 1919, extraíndo daí reflexões que possam servir de subsídios ao ensino de ciências, que tratem também sobre ciência. Para isto, desenvolvemos um breve panorama sobre História e Filosofia da Ciência, Física Moderna e Contemporânea na Educação Científica que apontou para a necessidade de um mesmo referencial teórico educacional e historiográfico. Em seguida, discutimos perspectivas historiográficas da ciência como condições para o desenvolvimento de releituras históricas da ciência por meio do referencial teórico da Teoria da Atividade Cultural-Histórica. Para a releitura histórica, a Teoria da Atividade contribui na compreensão de ciência e atividade científica por meio da atividade orientada ao objeto e intencionalidade, multipolaridade, historicidade, contradição e problema. Apresentamos e discutimos também o ensino de ciências através de ações, operações e subsídios que podem proporcionar ao professor, por exemplo, o de ciências da natureza, meios de conduzir discussões e reflexões sobre ciência em situações relacionadas ao ensino de ciências, são eles: interação, historicidade e a ciência como atividade humana. Por fim, esperamos que essas discussões e reflexões possam ser um convite ao estudo acerca das questões relacionadas sobre ciência e ao ensino.

Palavras-Chave: Teoria da Atividade Cultural-Histórica. Ensino de Ciências. História e Filosofia da Ciência. Eclipse Solar de 1919.

ABSTRACT

The dissertation has as general objective to develop a historical reinterpretation of the episode about the Solar Eclipse of 1919, extracting from there reflections that can serve as subsidies to science teaching, which also deal with science. For this, we developed a brief overview of the History and Philosophy of Science, Modern and Contemporary Physics in Science Education, which pointed to the need for the same educational and historiographical theoretical framework. Then, we discuss historiographic perspectives of science as conditions for the development of historical reinterpretations of science through the theoretical framework of Theory of Cultural-Historical Activity. For historical re-reading, Activity Theory contributes to the understanding of science and scientific activity through object-oriented activity and intentionality, multipolarity, historicity, contradiction and problem. We also present and discuss science teaching through actions, operations and subsidies that can provide the teacher, for example, the science of nature, ways to conduct discussions and reflections on science in situations related to science teaching, they are: interaction, historicity and science as a human activity. Finally, we hope that these discussions and reflections can be an invitation to study about issues related to science and teaching.

Keywords: Cultural-Historical Activity Theory. Science Teaching. History and Philosophy of Science. 1919 Solar Eclipse.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Crescimento do número de programas de Pós-Graduação na área de ensino.	28
Figura 2: Número de periódicos por estrato no Qualis-Ensino.	28
Figura 3: Estrutura de uma atividade humana	68
Figura 4: Curvas sobre uma esfera.	79
Figura 5: Representação de um Eclipse Solar Total.	82
Figura 6: Deflexão da luz combinada.	83
Figura 7: Efeito Einstein.	84
Figura 8: Astrônomos brasileiros e estrangeiros durante a observação do eclipse.	85
Figura 9: Recepção aos astrônomos por meio de uma publicação em jornal.	91
Figura 10: Equipe brasileira e britânica, entre outras pessoas.	92
Figura 11: Local de Observação – Largo do Patrocínio.	93
Figura 12: Instrumentos usados pela Expedição Britânica em Sobral.	93
Figura 13: Expectativa sobre o eclipse total do Sol.	94
Figura 14: Imagem do Eclipse Solar de 1919.	95
Figura 15: A expectativa em relação aos resultados e sobre o dia do Eclipse.	96
Figura 16: Anúncio do retorno da expedição inglesa a Sobral.	98
Figura 17: Sobre o eclipse e os seus resultados.	100
Figura 18: Eddington (à esquerda) e manchete do New York Times.	101
Figura 19: Trecho do Filme “Os Deuses devem estar loucos”.	108
Figura 20: Estrutura do texto sobre o eclipse solar de 1919.	109
Figura 21: Estrutura da atividade sobre ciências.	110

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Estudos localizados

34

Lista de Tabelas

Tabela 1: Quantidade de estudos em relação aos periódicos	33
Tabela 2: Quantidade de estudos com as respectivas perspectivas	38
Tabela 3: Nível de ensino e quantidade de proposta didática ou intervenção de ensino	47
Tabela 4: Os mais longos eclipses totais do sol no século XX	94

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO: DAS INQUIETAÇÕES PARA UMA PESQUISA DE DISSERTAÇÃO.	16
O CONTEXTO DESTE TRABALHO	17
DAS DISCUSSÕES PARA UMA QUESTÃO	19
PROBLEMA DE PESQUISA E OS OBJETIVOS	22
1. ELEMENTOS SOBRE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA, FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UM BREVE PANORAMA.	26
1.1 INTRODUÇÃO	27
1.2 CAMINHOS METODOLÓGICOS	32
1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
1.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES	52
REFERÊNCIAS	55
2. PARA UMA RELEITURA HISTÓRICA: HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA E TEORIA DA ATIVIDADE CULTURAL-HISTÓRICA	60
2.1 HISTÓRIA DA CIÊNCIA E HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA: PERSPECTIVAS	61
2.2 TEORIA DA ATIVIDADE CULTURAL-HISTÓRICA	65
2.3 AS RELAÇÕES ENTRE TEORIA DA ATIVIDADE COM A RELEITURA DE EPISÓDIOS HISTÓRICOS DA CIÊNCIA	69
REFERÊNCIAS	71
3. UMA RELEITURA HISTÓRICA: O ECLIPSE SOLAR TOTAL DE 1919	73
3.1 ASPECTOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL: DO PONTO DE VISTA DA CIÊNCIA E ALGUNS DOS SEUS RESULTADOS	75
3.2 POR QUE PRECISOU DE UM ECLIPSE TOTAL DO SOL? E, NO BRASIL?	80
3.3 COMO SE ORGANIZOU UMA OBSERVAÇÃO DE ECLIPSE NO BRASIL EM 1919? A EXPEDIÇÃO DE SOBRAL	87
3.4 E, O QUE SE FAZ COM O QUE SE FEZ NO ECLIPSE?	97
REFERÊNCIAS	102
4. TEORIA DA ATIVIDADE COMO UM REFERENCIAL PARA SUBSIDIAR A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	104
4.1 SUBSÍDIOS PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: ALGUMAS REFLEXÕES	105
4.2 MEIOS DE CONDUÇÃO DOS SUBSÍDIOS NO ENSINO <i>SOBRE</i> CIÊNCIA	107

REFERÊNCIAS

111

5. À GUIA DE CONCLUSÃO: POTENCIALIDADES E CONDICIONANTES DE REFLEXÕES E DISCUSSÕES HISTÓRICAS DA CIÊNCIA E SOBRE CIÊNCIA NO ENSINO.

113

**INTRODUÇÃO: DAS INQUIETAÇÕES
PARA UMA PESQUISA DE
DISSERTAÇÃO**

INTRODUÇÃO: DAS INQUIETAÇÕES PARA UMA PESQUISA DE DISSERTAÇÃO.

“Você tem que ter uma atitude positiva e tirar o melhor da situação na qual se encontra”.

Stephen Hawking

O CONTEXTO DESTE TRABALHO

Na época da escola não era aquele aluno dos mais estudiosos da sala de aula, gostava mais de jogar futebol, lanchar no horário do recreio e comer frutas coletadas nas árvores que tinha na minha escola. Na sala de aula sempre fui comportado até porque os professores não gostavam do que eles chamam de “bagunça”, também queriam que seus alunos ficassem em silêncio boa parte ou toda a aula, caso contrário o aluno iria parar na tão temida sala da diretora! Em relação aos estudos, era aquele aluno do “mínimo esforço” onde gastava uma menor quantidade de energia possível na hora de estudar, mas sempre fazia o necessário para ter a nota média nas provas e “passar de ano”, afinal pela forma como eram as aulas, eu só compreendia esse sentindo em relação ao ato de estudar. E, assim, fui até o final do ensino médio e não reprovei nenhum ano escolar.

Mesmo não sendo tão estudioso quanto meus pais gostavam, eu era um aluno curioso e gostava de várias disciplinas no sentido de não ser cobrado em uma prova, mas sim no aspecto de entender os porquês dos fatos e acontecimentos. Dessa maneira, acabava gostando de ler sobre História, Geografia, Filosofia, Ciências e já no ensino médio de Física, Química e Biologia. E por gostar de várias disciplinas ao mesmo tempo, foi um desafio pra eu escolher qual curso pretendia prestar vestibular.

Nessa época em que prestei vestibular, foi justamente entre o período de transição dos vestibulares específicos das universidades federais e estaduais com o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). No vestibular específico da Universidade Federal do Piauí

(UFPI), tentei o curso de Engenharia Civil e não fui aprovado, no vestibular da Universidade Estadual do Piauí (UESPI), fui aprovado para o curso de Licenciatura em Física, por ser um curso em que me agradaria cursar e também não ter sido um dos mais concorridos nessa edição do vestibular. Mas, eu tive uma terceira chance que foi o ENEM, e consultando entre as possibilidades dos cursos, as universidades e a nota que eu tinha obtido na prova do ENEM, eu resolvi concorrer à vaga para um curso que eu não conhecia até então que foi Licenciatura em Ciências da Natureza na UFPI e ao sair o resultado final do ENEM também tinha sido aprovado.

Aprovado em dois vestibulares no mesmo ano eu tive que escolher entre Física na UESPI e Ciências da Natureza na UFPI. Sem conhecer o curso de Ciências da Natureza, fui pesquisar como era este curso e encontrei informações que me chamaram atenção por coincidirem com o meu gosto em várias áreas diferentes durante o curso eu estudaria Física, Química e Biologia de uma maneira não tanto aprofundado quanto um curso específico de uma dessas três áreas, mas que poderia abrir os meus olhos para “os porquês dos fatos e acontecimentos” relativos às questões científicas. Assim, escolhi este curso e resolvi iniciar a minha graduação.

Logo no início da graduação, tive a oportunidade de concorrer a uma vaga no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID), aprovado no processo seletivo comecei minha trajetória como professor de ciências em formação no ambiente escolar, principalmente no contexto da sala de aula. Assim, comecei a perceber a real noção da complexidade do que se entende como ensino de um modo geral e mais específico ensino de ciências. Esse momento considero como um dos momentos mais importantes da minha formação, pois comecei a entender o motivo pelo qual era tão mais cômodo para os professores ordenarem que os alunos fizessem silêncio na sala de aula e evitassem ao máximo fazer “bagunça”. Porém, ao mesmo tempo em que isso me incomodava e deixava-me inquieto, comecei a pensar que talvez fosse necessário mudar a dinâmica das relações entre ensino – professor – aluno – aprendizagem.

Para tentar suprir essa dificuldade busquei apoio nas disciplinas que tinha cursado até aquele momento da graduação, nas discussões em sala de aula com os professores da UFPI, nos momentos de planejamentos das atividades e reuniões semanais que tínhamos no programa de iniciação à docência. E, foi nesse momento, que por indicação de leitura do

professor coordenador do PIBID que conheci sobre História e Filosofia da Ciência (HFC) através do livro *Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino*. Ao ler o livro, comecei a encontrar possíveis respostas ao meu problema, onde que por meio da HFC pode se buscar uma forma de ensinar as ciências e poderia melhorar até a relação entre professor – aluno e aluno – professor.

É claro que a HFC não fornecia e não fornece todas as respostas que eu enquanto professor buscava e busco, porém serviu para entender que o docente além do compromisso que tem pelo ensino, pode ser também um profissional que deveria fazer reflexões sobre a sua própria prática e que é capaz de desenvolver pesquisa. Foi nesse contexto que decidi ser também professor-pesquisador e desenvolver estudos na linha de pesquisa em Epistemologia e História da Ciência.

Por consequência, durante a graduação realizei alguns projetos e atividades extracurriculares tendo como base a HFC, em seguida, desenvolvi meu trabalho de conclusão de curso, utilizando aspectos históricos e filosóficos da ciência e mesmo depois de licenciado utilizei durante os meus anos de experiência em sala de aula elementos da HFC no ensino de ciências e mais especificamente no ensino de física.

Por fim, foi durante a minha formação e prática enquanto docente, que desenvolvi a minha preocupação com o ensino e as ciências/física e junto com o desejo de melhorar e aprender cada vez mais tentei o ingresso em um mundo chamado de pós-graduação e dessa forma esta pesquisa de dissertação teve o seu início.

DAS DISCUSSÕES PARA UMA QUESTÃO

De forma breve esta seção discorre um pouco dos acontecimentos/discussões entre a ideia inicial do anteprojeto de pesquisa que foi submetido ao processo seletivo de ingresso ao mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica (PPGECT) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) até o momento em que por meio de uma questão (que sua resposta pode parecer um pouco desprezível) fez com que

eu refletisse e reafirmasse sobre os pressupostos teóricos desta pesquisa de mestrado, tensionado pelo prof. Juliano, essa questão citarei mais adiante.

Tendo como base todas as minhas preocupações e inquietações que foram construídas durante a minha experiência escolar como aluno da educação básica, formação inicial na licenciatura e experiência enquanto professor de ciências escrevi um anteprojeto de pesquisa pautado em questões relacionadas à HFC e o ensino de ciências. Mas, dessa vez, busquei avançar mais um pouco em vez de discutir o uso da HFC no ensino (projeto desenvolvido durante o trabalho de conclusão de curso ao longo da graduação) apostei em uma discussão pautada também no desenvolvimento de uma construção histórica e o episódio que apresentei como possibilidade de pesquisa no anteprojeto foi sobre o Eclipse Total Solar de 1919 observado no município de Sobral no estado do Ceará (CE).

A ideia de discutir tal episódio histórico foi sugerida por um professor que também pesquisa em HFC na educação científica. E, após ler alguns textos sobre a temática percebi a potencialidade que a observação do fenômeno natural poderia ter se pensado com articulações e relações ao ensino em aulas de ciências/física em diferentes níveis. Assim, a ideia central do anteprojeto ficou pautada na discussão do episódio histórico por meio da epistemologia de Thomas S. Kuhn e aplicação do mesmo em uma situação de formação inicial de professores de ciências da natureza.

Após passar pelo processo seletivo e com o início das disciplinas, das orientações, leituras e discussões com várias pessoas próximas começava a me preocupar no sentido da complexidade que é construir um estudo histórico e ainda mais relacionar com as ideias de um epistemólogo da ciência, não que isso seja algo impossível, mas comecei a perceber que a relação entre os fatos (episódio histórico e epistemologia) dependem da coerência entre estudo que pretendia construir, com os objetivos e interesses de pesquisa, as ideias e as questões da epistemologia adotada.

A ideia inicial era entender o que poderia ser considerado como objetivo e subjetivo durante a observação do Eclipse Solar de 1919 com o que a epistemologia de Kuhn entendia por objetividade e subjetividade. Entretanto, após a realização de algumas leituras do livro “*A tensão essencial: Estudos relacionados sobre tradição e mudança científica*” verifiquei que existem possíveis condicionantes em fazer essa delimitação, pois

tanto os fatores objetivos são permeados por subjetividade quanto os fatores subjetivos são infestados por questões relacionadas à objetividade, a demarcação precisa entre esses pontos talvez demandasse uma discussão bastante densa no campo da filosofia e exigiria um tempo muito maior do que os dois anos de mestrado.

Diante desse cenário, busquei outras possibilidades para construir o episódio histórico em questão, pois ainda continuei apostando na sua potencialidade para o ensino de ciências. Com as discussões e encontros relacionados às orientações surgiu a possibilidade de tentar compreender o episódio histórico por meio dos valores que permeiam uma atividade científica. Essa perspectiva serviu em algum sentido para uma ideia do trabalho que tenho até o momento, a contribuição foi no sentido de deixar mais evidente pra mim enquanto pesquisador em HFC e professor de ciências que questões relativas à atividade humana estão também relacionadas com a atividade científica e ao ensino e que são diversos os valores científicos e/ou sociais que contribuem para a (des)construção de um conhecimento científico.

Sempre participando em no máximo de atividades possíveis que de uma forma poderia contribuir com a pesquisa. Foi durante uma palestra ministrada pelo prof. Juliano, sobre *“Teoria da Atividade: Breves considerações”* que conheci essa perspectiva teórica que traz possibilidades em situações relacionadas à educação de um modo geral e ao ensino de ciências mais especificamente. E, dentre a fala do Juliano e a discussão originada a partir da palestra, uma frase me chamou atenção, a saber: *“a Teoria da Atividade contribui para a compreensão de um contexto e a construção de um fato”*. Essa frase chamou atenção porque comecei a perceber que o referencial teórico sobre Teoria da Atividade Cultural-Histórica poderia ser uma possibilidade de compreender questões relacionadas também *sobre ciência e ensino*.

Em seguida, fui ler textos referentes a essa perspectiva e ficou marcante o fato de que a Teoria da Atividade vai além do que pode ser considerado como interno x externo ou objetivo x subjetivo em uma atividade tanto social quanto científica, ela busca uma compreensão social e mais geral da atividade como, por exemplo, a atividade humana e o desenvolvimento do homem enquanto ser social, podendo extrapolar para uma atividade científica.

Dessa maneira, com base no entendimento citado acima, o referencial teórico pode ser relevante para problematizar algumas concepções acerca do conhecimento científico como, por exemplo, a ideia de que a atividade científica é também em sua essência uma atividade humana.

Dessa forma, resolvi apostar “minhas fichas” agora no uso da Teoria da Atividade Cultural-Histórica para buscar uma reflexão *sobre* ciência e ensino utilizando para isto uma releitura do estudo histórico sobre o Eclipse Solar de 1919. Mas, em uma das orientações, com o professor Juliano, fui questionado da seguinte maneira: *O que é necessário para que a “luz se curve”?* Esta pergunta pode parecer um pouco despreziosa logo de início e em um primeiro momento a resposta pode ser para muitos aquela que foi deferida por mim: *Ah! Precisa só de um campo gravitacional intenso.* Mas, logo em seguida com base em minhas leituras sobre o episódio histórico e o referencial teórico, lembrei que não bastava “somente” isso, depende de uma série de fatores e condicionantes que serão explorados nesta pesquisa e que vão servir como subsídios para o ensino de ciências.

Por fim, algumas proposições começaram a emergir na minha mente como, por exemplo, entender quais pontos poderão ser avançados com a pesquisa e para isso torna-se necessário buscar o que está sendo discutido na área, reconhecer que em todo momento da construção desta pesquisa posso retirar contribuições que irão fomentar a minha preocupação que são relacionadas ao ensino de ciências e o uso da HFC por meio do episódio histórico escolhido e devo estar atento também para que sejam reconhecidos os condicionantes desta pesquisa, na qual ao final podem surgir mais perguntas do que respostas e espero que essas outras questões possam inspirar novos projetos ou pesquisas no contexto da educação científica.

PROBLEMA DE PESQUISA E OS OBJETIVOS

Com base na complexificação dos meus interesses individuais por meio das relações que foram sendo desenvolvidas ao longo da minha trajetória (escolar e acadêmica) até o momento em que estou mestrando do PPGECT/UFSC, as preocupações, inquietações,

tensionamentos e discussões foram se materializando e constituindo esta pesquisa de dissertação de mestrado.

Torna-se um desafio discutir e problematizar aspectos relacionados sobre HFC por meio da Teoria da Atividade e, além disso, apresentar subsídios para o ensino de ciências, principalmente porque a reflexão e a problematização dessas perspectivas certamente em muitos momentos não irão parecer de forma linear e desenvolver um texto ou um trabalho de dissertação carece de uma atenção redobrada para que essas discussões não apareçam de forma confusa para os leitores.

O presente trabalho forma-se a partir de reflexões teóricas e exemplos que fundamentam e constituem a busca por respostas para o seguinte **problema de pesquisa**:

De que modo uma releitura do episódio histórico da ciência, acerca do Eclipse Solar de 1919, pode fornecer meta-reflexões para o ensino de ciências?

Tendo como base o problema de pesquisa buscamos, assim, como **objetivo geral** desenvolver uma releitura histórica do episódio sobre o Eclipse Solar de 1919, extraindo daí reflexões que possam servir de subsídios ao ensino de ciências, que tratem também *sobre* ciência.

Como os **objetivos específicos**, apresentamos:

- a) Mapear a inserção sobre História e Filosofia da Ciência, História da Física Moderna e Contemporânea no ensino de ciências e nas aulas de ciências.
- b) Discutir sobre historiografia da ciência e alguns elementos teóricos da Teoria da Atividade.
- c) Realizar uma releitura histórica sobre o Eclipse Solar de 1919 observado em Sobral – Ceará.
- d) Materializar a construção de subsídios para o ensino de ciências e apresentar meios de condução para estes subsídios por meio da Teoria da Atividade.

e) Apresentar as potencialidades e condicionantes das reflexões e discussões históricas da ciência e sobre ciência no ensino.

Cada um destes objetivos específicos está articulado ao objetivo geral da pesquisa e com os capítulos da dissertação, onde, os mesmos buscam uma compreensão do contexto em que a pesquisa está inserida, ou seja, a educação científica e tecnológica, para que a partir do desenvolvimento dos capítulos possibilite uma construção de respostas relacionadas ao problema de pesquisa e das questões menores que forem surgindo que possam assim ser esclarecidas. Por mais que em alguns momentos aspectos relacionados à Teoria da Atividade não esteja de forma explícita no texto, buscar compor a dissertação desta forma acaba por perpassar de forma implícita em pressupostos dessa perspectiva teórica.

Dito isso, no primeiro capítulo, *Elementos sobre História e Filosofia da Ciência, Física Moderna e Contemporânea na Educação Científica: Um breve panorama*. Desenvolvemos uma breve revisão da literatura onde temos como objetivo mapear os modos pelo qual elementos presentes no contexto da pesquisa e ensino de ciências dialogam com os aspectos sobre História da Ciência, Filosofia da Ciência e Física Moderna e Contemporânea e que discussões e considerações com base neste mapeamento possam ser subsídios para as reflexões sobre ciência e ensino.

O segundo capítulo, *Para uma releitura histórica: Historiografia da ciência e Teoria da Atividade Cultural-Histórica*. Traz a tona a História da Ciência (HC) com base nas perspectivas de Historiografia da Ciência. Diante desse cenário, também apresentamos aspectos teóricos da Teoria da Atividade que contribuem para uma releitura histórica de episódios da Ciência e que norteiam a releitura do episódio sobre o Eclipse Solar de 1919.

O capítulo 3, *Uma Releitura Histórica: O Eclipse Solar Total de 1919*. Buscamos construir e articular com aspectos da Teoria da Atividade, uma releitura histórica com base numa compreensão inicial acerca da Teoria da Relatividade Geral (TRG) e nas discussões que permitem formar uma compreensão de que o fato científico, neste caso o desvio da luz pela presença de um campo gravitacional intenso está também imbricado a um contexto social onde existem relações como, por exemplo, entre atividades humanas, ou seja, não

existe um “vazio sócio-cultural-histórico” no desenrolar das questões científicas. Dessa forma, a releitura não será escrita de uma maneira isolada entre campo científico e social.

Teoria da Atividade como um referencial para subsidiar a Educação Científica, no quarto capítulo, propomos uma materialização dos capítulos anteriores por meio de subsídios ao ensino e sobre ciência. A partir de uma reflexão do que se considera por ensino de ciências a partir da Teoria da Atividade Cultural-Histórica e as relações desenvolvidas com a História e Filosofia da Ciência por meio da releitura histórica do estudo sobre o episódio do Eclipse Solar de 1919.

O quinto capítulo, *À guisa de conclusão: Potencialidades e condicionantes de reflexões e discussões históricas da ciência e sobre ciência no ensino*, desenvolvemos as considerações finais da pesquisa onde buscamos centrar a escrita em uma síntese geral da pesquisa de dissertação, nas possíveis respostas ao problema de pesquisa, das questões que foram surgindo ao longo do texto, apresentamos possíveis questões não esclarecidas que podem ser objetos de pesquisas no futuro e as potencialidades e condicionantes de todas as discussões construídas ao longo da pesquisa.

Por fim, esperamos que tanto objetivo geral quanto os objetivos específicos sejam alcançados e que a dissertação de mestrado possibilite avanços na educação científica e tecnológica e mais especificamente também no contexto das pesquisas sobre Epistemologia e História da Ciência.

Capítulo 1

**ELEMENTOS SOBRE HISTÓRIA E
FILOSOFIA DA CIÊNCIA, FÍSICA
MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UM
BREVE PANORAMA.**

1. ELEMENTOS SOBRE HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA, FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: UM BREVE PANORAMA.

“A filosofia da ciência sem a história da ciência é vazia; a história da ciência sem a filosofia da ciência é cega”.

Imre Lakatos

1.1 INTRODUÇÃO

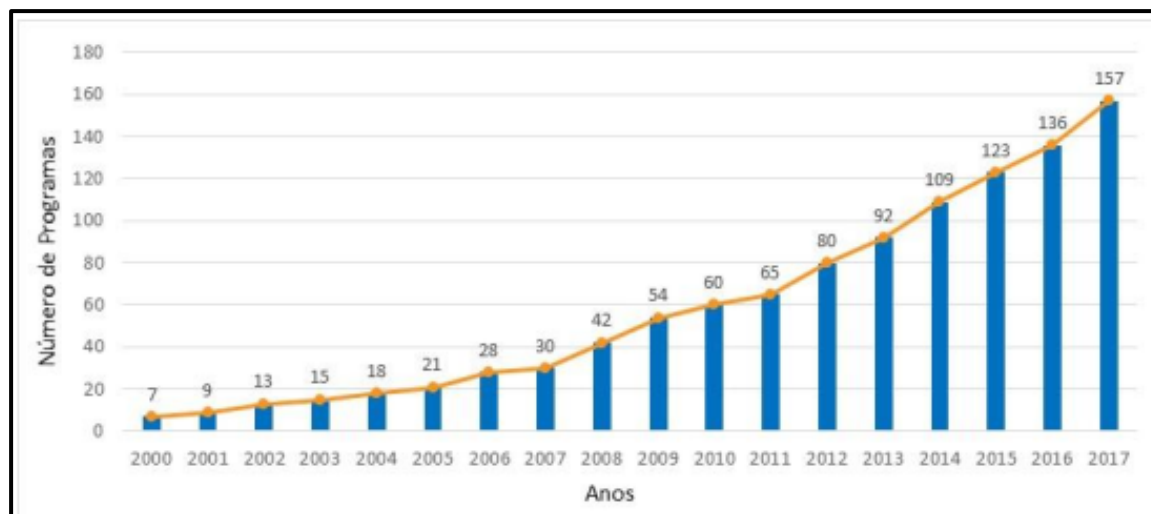
Nos últimos anos, podemos observar o crescimento da área de pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil por diversos meios como, por exemplo, o número crescente de periódicos que publicam artigos científicos em Ciências da Natureza e Matemática e a criação de novos programas pós-graduação da área de Ensino¹.

Quantitativamente, tal fato pode ser verificado nos relatórios publicados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), tanto nos relatórios das classificações dos periódicos em relação ao qualis quanto nos relatórios de avaliação quadrienal dos programas de pós-graduação, ambos abrangendo a área de Ensino.

No último relatório de avaliação 2013 – 2016 (Quadrienal 2017) da área de avaliação em Ensino foram divulgadas figuras que explicitam esse crescimento da área no contexto da pós-graduação (Ver Figura 1). “No quadriênio 2013-2016 a Área se consolidou bastante em termos quantitativos e qualitativos de programas registrados ao final da avaliação anterior (2010-2012), passando de 104 para 157 programas ativos totalizando 177 cursos” (BRASIL, 2017, p. 3).

¹ Deve ser destacado também como parte desse crescimento, o fato de que a área de ensino atualmente não considerada apenas programas de pós-graduação em ensino de Ciências da Natureza e Matemática. Fazem parte também, programas de pós-graduação como, por exemplo, Ciências e Saúde, Ensino de Humanidades e Linguagens, Ensino Tecnológico e entre outros (BRASIL, 2017, p. 89-92).

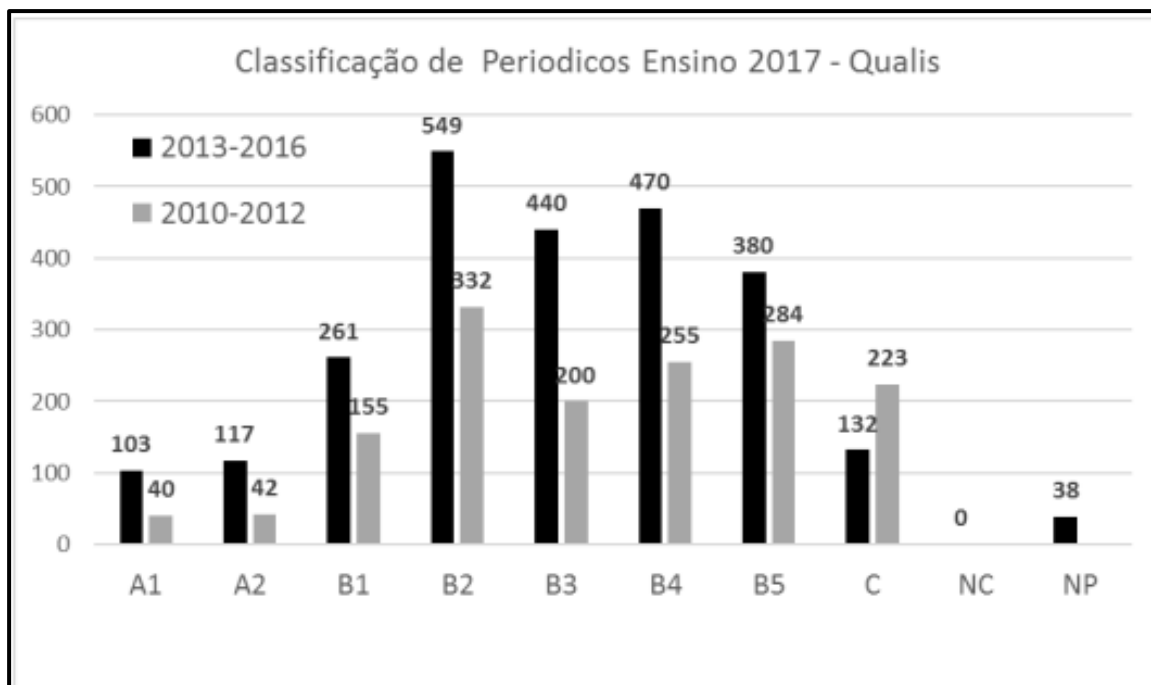
Figura 1 – Crescimento do número de programas de Pós-Graduação na área de ensino.



Fonte: Capes – Plataforma Sucupira *apud* Brasil, 2017, p. 6.

Ainda segundo Brasil (2017), a outra figura que evidencia a expansão da área de Ensino no último quadriênio (2013 – 2016), relaciona os números de periódicos no estrato Qualis-Ensino comparando quantitativamente com o período anterior dos anos entre 2010 – 2012. Conforme a figura (Ver Figura 2) abaixo:

Figura 2 – Número de periódicos por estrato no Qualis-Ensino.



Fonte: Brasil, 2017, p. 32.

Com esse crescimento expressivo tornou-se comum trabalhos mapear em forma de *estado da arte* a área ou campos vinculados com a educação científica “acompanhando esse

crescimento, vêm sendo intensificadas, também, as investigações e reflexões sobre a área, sua história e evolução, características e tendências” (SALEM, 2012, p. 29).

No campo de pesquisa em História e Filosofia da Ciência (HFC) não foi diferente, onde no trabalho *“Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no ensino de física”*, os autores apresentaram o *estado da arte* das pesquisas que investigam intervenções didáticas orientadas por HFC em salas de aula de Física e que estão publicadas nas principais revistas brasileiras dedicadas à publicação de trabalhos em Ensino de Ciências e Ensino de Física (TEIXEIRA, GRECA, FREIRE Jr., 2012).

Sobre HFC, nas últimas décadas pesquisas vem defendendo sua utilização na Educação Científica (NASCIMENTO; CARVALHO; SILVA, 2017; TEIXEIRA; GRECA; FREIRE Jr., 2012; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MARTINS, 2006a; MATTHEWS, 1995; ZANETIC, 1989). Sendo que um dos motivos que levaram a defesa e utilização da HFC no ensino de ciências foram as constantes inovações das ciências e tecnologias, onde passou a exigir uma Educação Científica e Tecnológica que busque a compreensão contextualizada dos saberes científicos, vinculados na dinâmica e na complexidade da vida humana.

Nessa perspectiva, Forato, Pietrocola e Martins (2011) defendem que se tornou necessário o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo dos alunos em todos os níveis de ensino, inclusive no ensino superior, em cursos de formação inicial de professores, onde podemos considerar também, nos cursos de formação inicial de professores da área em Ciências da Natureza.

Ainda segundo Forato, Pietrocola e Martins (2011) inserir e discutir conteúdos sobre as ciências na educação científica propicia um diálogo entre diversas abordagens possíveis como, por exemplo, aspectos sociais, metodológicos, econômicos, políticos, culturais, religiosos e entre outros. Assim, visa-se o ensino/aprendizagem também de aspectos epistemológicos de um conhecimento científico em constante (des)construção, ou

seja, uma educação para além de um ensino *em* ciência, deve-se buscar também um ensino *sobre e pela* ciência².

Diante das necessidades educacionais científicas apresentadas, o uso da HFC tornar-se importante para uma formação científica de qualidade porque segundo Beltran, Saito e Trindade (2014), a História da Ciência (HC) estuda as formas de elaborar, transformar e transmitir conhecimentos sobre aspectos da natureza, técnicas e sociedades, em diferentes épocas e culturas.

Em sua tese de doutorado, Peduzzi (1998) apresenta algumas potencialidades do uso didático da HC na educação científica, em resumo apresentamos cinco potencialidades, a saber,

(a) desmistificar o método científico, dando ao aluno subsídios necessários para que ele tenha um melhor entendimento do trabalho do cientista; (b) mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são ‘definitivas e irrevogáveis’, mas objeto de constante revisão; (c) contribuir para um melhor entendimento das relações da ciência com a tecnologia, a cultura e a sociedade; (d) tornar as aulas de ciência (e de física) mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo o desenvolvimento do pensamento crítico e, (e) propiciar o aparecimento de novas maneiras de ensinar certos conteúdos (PEDUZZI, 1998, p. 57 e 58).

Portanto, um professor em formação inicial como, por exemplo, o de Física, na sua prática em sala de aula “deve contemplar não só conteúdos de Física e questões metodológicas do ensino dessa disciplina, mas também aspectos epistemológicos a fim de não ensiná-la com visões dogmáticas, empiristas, indutivistas” (MASSONI, 2005, p. 5).

Além da dimensão epistemológica defende-se também uma discussão educacional científica por meio da ontologia dos fatos científicos, ou seja, problematizando a necessidade de um “olhar”, uma relação mais complexa e menos direta entre sujeito e objeto (Camillo, 2015).

Dentre os conteúdos de Física, a Física Moderna e Contemporânea (FMC) merece um destaque porque nos trabalhos como, por exemplo, Terrazzan (1992), Ostermann e

² Conforme Santos (1999), Educação *em* Ciência implica na dimensão conceitual da disciplina, Educação *sobre* Ciência são os aspectos metacientíficos e Educação *pela* Ciência agrega à dimensão disciplinar conceitual do ensino científico a sua dimensão formativa e cultural.

Moreira (2000) e Pereira e Ostermann (2009), concluíram que conceitos da FMC não são e/ou são poucas vezes inseridos, durante o ensino médio. Ou seja, os alunos são formados no ensino básico apresentando dificuldades de compreensão, em tais conceitos.

Os trabalhos de Terrazzan (1992) e Ostermann e Moreira (2000) expõem a pouca inserção da FMC, ao nível do ensino médio, que por vezes, acaba contemplando conteúdos da Cinemática, Dinâmica, Termologia, Óptica e Eletricidade. Os resultados desses trabalhos convergem com um dos resultados apresentado por Teixeira, Greca e Freire Jr., (2012), onde os autores após realizarem um *estado da arte* de estudos em periódicos sobre o uso didático de HFC consideraram que “Isso parece ilustrar uma tradição no ensino e na pesquisa em Ensino de Física no Brasil, cujo foco em Mecânica Clássica parece ser predominante” (TEIXEIRA, GRECA, FREIRE Jr., 2012, p. 26).

Por sua vez, Pereira e Ostermann (2009), apresentam uma revisão da literatura sobre o Ensino de Física Moderna, realizada através da consulta a artigos publicados em revistas de ensino de ciências do Brasil e do exterior entre os anos de 2001 a 2006. A pesquisa concentrou-se nos trabalhos direcionados ao ensino e resultou numa amostra de 102 artigos. Os pesquisadores concluíram que embora haja um número considerável de estudos envolvendo propostas didáticas inovadoras, há poucos trabalhos que investigam os mecanismos envolvidos no processo de construção de conhecimentos relativo a temas de Física Moderna em sala de aula.

Deste modo, nesse primeiro momento buscamos ampliar e aprofundar essas e outras possíveis questões sobre HFC e FMC na educação científica por meio de uma breve revisão da literatura onde mapeamos os artigos publicados em revistas nacionais tanto em ensino de ciências quanto ensino de física.

Para isso, foram privilegiados para análise dos estudos levantados, os seguintes aspectos em relação aos trabalhos que apresentam como característica³ uma proposta didática ou intervenção de ensino sobre HFC e/ou FMC na educação científica, a saber: a)

³ Existem diversos trabalhos de outra natureza na área como, por exemplo, natureza teórica e relatos de experiências. Porém, analisamos os trabalhos com situações em que a relação com as salas de aula possivelmente são maiores e mais próximas.

relações com o contexto educacional, b) conceito científico abordado, c) os pressupostos teóricos que fundamentaram as práticas de ensino e as discussões em situações didáticas, d) de uma maneira descritiva buscamos identificar o nível de ensino dessas propostas ou intervenções didáticas, e) as respectivas potencialidades e condicionantes.

Assim, por meio desse movimento, buscamos obter elementos condicionantes e reflexões que fundamentem as discussões sobre os subsídios ao ensino de ciências e os meios de condução desses subsídios que realizaremos mais adiante e principalmente no que se refere às potencialidades que esses trabalhos podem oferecer para uma discussão sobre HFC e FMC no ensino de ciências e as necessidades ainda existentes que exigem um aprofundamento no campo de estudo em Epistemologia e História da Ciência.

1.2 CAMINHOS METODOLÓGICOS

Realizamos uma revisão da literatura em periódicos que publicam no campo da educação científica. Para isso, adotamos como os critérios de seleção dos periódicos: 1) ser nacional, 2) a relevância que os mesmos possuem no campo da área de ensino e 3) que publicam trabalhos nas áreas em ensino de ciências e ensino de física. Os periódicos selecionados foram: *Alexandria*, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, *Ciência e Educação*, *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências* e *Investigações em Ensino de Ciências*. O recorte temporal da revisão foi de 6 anos, de 2012⁴ a 2018. O levantamento dos artigos foi realizado durante o mês de agosto de 2018, essa informação é importante, pois exceto a revista *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, todas as outras revistas ainda não haviam publicado todos os seus números⁵ em relação ao ano vigente.

⁴ O recorte temporal inicia em 2012 porque a pesquisa desenvolvida por Teixeira, Greca e Freire Jr. (2012) realizou um estado da arte das pesquisas que investigam intervenções didáticas orientadas por HFC em aulas de Física a partir da década de 1980 até meados de 2011.

⁵ *Alexandria* – até o 1º Número; *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* – até o 2º Número; *Ciência e Educação* – até o 2º Número e *Investigações em Ensino de Ciências* – até o 2º Número.

Em um primeiro movimento, com objetivo de selecionar os trabalhos de diferentes naturezas que discutem tanto HFC quanto FMC foram construídas para guiar a seleção dos trabalhos as três perguntas abaixo:

Pergunta 1: Quais artigos se referem à HFC na área da educação em ciências nos últimos anos?

Pergunta 2: Quais artigos se referem à FMC na área da educação em ciências nos últimos anos?

Pergunta 3: Quais artigos se referem tanto a HFC quanto FMC na área da educação em ciências nos últimos anos?

Foi localizado o total de 124 estudos (Ver Tabela 1) que envolvem discussões de natureza teórica, relatos de experiências, análises de materiais didáticos, propostas e/ou aplicação didática, outros trabalhos empíricos em História e Filosofia da Ciência, Física Moderna e Contemporânea e trabalhos que relacionam ambas as perspectivas. As quantidades de trabalhos estão distribuídas da seguinte forma:

Tabela 1 – Quantidade de estudos em relação aos periódicos.

Periódicos	Números de estudos
Alexandria	15
Caderno Brasileiro de Ensino de Física	61
Ciência e Educação	18
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências	10
Investigações em Ensino de Ciências	20
Totais	124

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Antes de iniciarmos os resultados e discussão, uma primeira colocação pode ser feita e é necessário neste momento, o número expressivo de artigos levantados no periódico *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* pode estar relacionado com uma característica do

periódico, dentre as várias seções de temas para publicação de trabalhos uma seção é específica em História e Filosofia da Ciência. Dessa forma, o número alto de publicações pode ser justificável.

Esse primeiro movimento, foi importante porque além de identificar a natureza dos trabalhos, foi importante também para selecionar os trabalhos que são específicos para as necessidades deste capítulo, devido à grande quantidade de trabalhos em ensino de ciências e ensino de física que são publicados nos periódicos selecionados para a revisão de literatura, houve a necessidade de um segundo levantamento, agora dentro dos 124 trabalhos levantados inicialmente.

Nesse sentido, um segundo movimento se fez necessário e que é mais urgente de acordo com as necessidades relacionadas ao objetivo que é um olhar analítico aos trabalhos cujo foco de discussão seja uma proposta didática ou uma intervenção em situação de ensino tendo como base HFC, FMC e as duas situações juntas.

Para isso, uma quarta pergunta foi construída para auxiliar no processo de filtragem dos artigos, agora a partir do total dos 124 trabalhos, a saber:

Pergunta 4: Quais os trabalhos apresentam ou discutem propostas didáticas ou intervenções de ensino que utilizam HFC e/ou FMC na área da educação em ciências?

Agora, foram encontrados 26 estudos (Ver Quadro 1) que apresentam alguma proposta didática ou implementação no ensino com base em HFC, FMC ou em ambas. O quadro abaixo apresenta esses trabalhos de acordo com os periódicos:

Quadro 1 – Estudos localizados.

Alexandria
OLIVEIRA, W. C.; DRUMMOND, J. M. H. F. Refletindo sobre desafios à inserção didática da história e filosofia da ciência em oficina de formação docente. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , v. 8, n. 3, p. 151-179, 2015.
TRÓPIA, G. A relação epistêmica com o saber de alunos no ensino de biologia por atividades investigativas. Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia , v. 8, n. 3, p. 55-80, 2015.
SOUZA, P. H.; TESTONI, L. A.; BROCKINGTON, G. O conceito de tempo no ensino de física: perfis epistemológicos e culturais. Alexandria: Revista de Educação em

Ciência e Tecnologia, v. 9, n. 2, p. 3-33, 2016.

AMARAL, P.; GUERRA, A. Pangênese e a hereditariedade: uma abordagem histórico-filosófica no ensino fundamental. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 143-167, 2017.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física

SILVA, N. C. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, 2012.

PEDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. Aspectos da natureza da ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 758-786, 2012.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 313-324, 2012.

SENRA, C. P.; BRAGA, M. A. B. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 7-29, 2014.

RAPOSO, W. L. História e Filosofia da Ciência na Licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 722-738, 2014.

PINHEIRO, L. A. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 517-528, 2015.

GUTTMANN, G. A. M.; BRAGA, M. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 442-460, 2015.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378-406, 2015.

REIS, U. V.; REIS, J. C. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 744-778, 2016.

FONSECA, D. S. *et al.* Pressão atmosférica e natureza da ciência: uma sequência didática englobando fontes primárias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 64-108, 2017.

BATISTA, C. A. S.; SIQUEIRA, M. R. P. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880-902, 2017.

SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro**

de Ensino de Física, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.
Ciência e Educação
RODRIGUES, E. V.; ZIMMERMANN, E.; HARTMANN, A. M. Lei da gravitação universal e os satélites: uma abordagem histórico-temática usando multimídia. Ciência & Educação , v. 18, n. 3, p. 503-525, 2012.
FARIA, C. <i>et al.</i> " Como trabalham os cientistas?": potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. Ciência & Educação , v. 20, n. 1, p. 1-22, 2014.
PAGLIARINI, C. R.; DE ALMEIDA, M. J. P. M. Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. Ciência & Educação , v. 22, n. 2, p. 299-317, 2016.
Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências
BARCELLOS, M.; GUERRA, A. Inovação curricular e Física Moderna: da prescrição à prática. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências , v. 17, n. 2, p. 329-350, 2015.
GROTO, S. R. <i>et al.</i> A Literatura de Monteiro Lobato na discussão de questões acerca da Natureza da Ciência no ensino fundamental. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências , v. 17, n. 2, 2015.
Investigações em Ensino de Ciências
RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. Investigações em Ensino de Ciências , v. 20, n. 2, p. 138-160, 2016.
SABINO, A. R.; PIETROCOLA, M. Saberes docentes desenvolvidos por professores do ensino médio: um estudo de caso com a inserção da física moderna. Investigações em Ensino de Ciências , v. 21, n. 2, p. 200-216, 2016.
ORTIZ, E.; SILVA, M. R. O uso de abordagens da história da ciência no ensino de biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. Investigações em Ensino de Ciências , v. 21, n. 1, 2016.
VITAL, A.; GUERRA, A. Os sentidos que os estudantes atribuem ao ensino de física e à sua abordagem histórica. Investigações em Ensino de Ciências , v. 23, n. 1, 2018.
PESSANHA, M. Obstáculos cognitivo-epistemológicos e modelos explicativos no estudo sobre a estrutura da matéria nas aulas de física. Investigações em Ensino de Ciências , v. 23, n. 2, p. 383-405, 2018.

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Além das questões apresentadas anteriormente que serviram na seleção dos trabalhos outras ações foram úteis para a filtragem dos artigos e análises dos estudos selecionados. Sobre essas outras ações:

1) No primeiro movimento além das três perguntas iniciais, os estudos foram localizados quando o título ou palavras-chave apresentavam as seguintes expressões: História da Ciência, Filosofia da Ciência, História e Filosofia da Ciência, Historiografia da Ciência, Epistemologia, Natureza da Ciência, Física Moderna e Física Moderna e Contemporânea. Foi nesse processo de seleção no qual se levantou 124 artigos.

2) Com a quarta pergunta mais a leitura dos resumos dos artigos levantados inicialmente, foram identificados os 26 artigos que de uma forma apresentam propostas didáticas ou intervenções em situações de ensino sobre HFC e/ou aspectos da FMC na educação científica.

Com isso, estabelecemos os seguintes focos temáticos para análise dos trabalhos, a saber:

- a) Relações com o contexto educacional.
- b) Conceito científico abordado.
- c) Os pressupostos teóricos.
- d) Nível de ensino.
- e) Potencialidades e condicionantes das propostas didáticas ou intervenções de ensino.

3) Por fim, realizamos a leitura na íntegra dos 26 estudos selecionados tendo como base os focos temáticos para análises apresentados acima. E, para suprir uma dificuldade encontrada – a organização e sistematização dos dados construídos – a estrutura do artigo desenvolvido por Halmenschlager *et al.* (2017)⁶ serviu como inspiração para a escrita deste capítulo.

⁶ Com a característica de revisão da literatura, o trabalho teve como objetivo traçar um panorama do modo pelo qual elementos presentes no âmbito da pesquisa e ensino de ciências e matemática dialogam com aspectos emergentes da Educação do Campo (HALMENSCHLAGER *et al.*, 2017).

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Duas considerações iniciais devem ser feitas antes de iniciarmos as análises dos resultados e discussão. A primeira caracteriza-se pelo fato de que mesmo alguns estudos selecionados (dentre os 124 artigos) que não discutiremos neste capítulo, por não apresentarem discussões sobre proposta didática ou intervenções de ensino sobre História e Filosofia da Ciência e/ou Física Moderna e Contemporânea, serão úteis em outros momentos da pesquisa, porque dentre os quais discutem temas sobre Natureza da Ciência (MARTINS, 2015; BOAS *et al.* 2013); Historiografia da Ciência, fontes primárias e secundárias (HIDALGO *et al.* 2018; VITAL, GUERRA, 2016; BATISTA, DRUMMOND, FREITAS, 2015).

E, a segunda, como pode ser visualizada na Tabela 2 (Ver Tabela 2) abaixo, tendo como referência o levantamento realizado, verificou-se a pouca quantidade de trabalhos que relacionam História e Filosofia da Ciência tendo como base discussões sobre Física Moderna e Contemporânea, em situações de propostas didáticas ou intervenções de ensino.

Tabela 2 – Quantidade de estudos com as respectivas perspectivas.

Perspectivas	Quantidade de Trabalhos
História e Filosofia da Ciência	15
Física Moderna e Contemporânea	8
História e Filosofia da Ciência com Física Moderna e Contemporânea	3
Totais	26

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

a) *Relações com o contexto educacional*

Nessa categoria identificamos se o ambiente educacional faz parte do processo de construção do conhecimento científico, ou seja, contribui para a produção da proposta didática ou intervenção de ensino, se há relações entre professores-alunos-pesquisadores

como sujeitos ativos a essas atividades. Ou, se o espaço escolar é utilizado como ambiente de aplicação didática sem participação dos pesquisadores durante o processo de elaboração das intervenções.

A relação com o contexto educacional na maioria dos estudos se deu no campo onde as propostas didáticas ou intervenções de ensino buscavam obter e construir dados para serem analisados e discutidos durante o desenvolvimento da própria pesquisa (PESSANHA, 2018; VITAL, GUERRA, 2018; FONSECA *et al.*, 2017; SANTANA, SANTOS, 2017; ORTIZ, SILVA, 2016; PINHEIRO, 2015; RAICIK, PEDUZZI, 2015; FARIA *et al.*, 2014; SILVA, ASSIS, 2012; SILVA, 2012; PEDUZZI, TENFEN, CORDEIRO, 2012; GUTTMANM, BRAGA, 2012). Acreditamos ser importante esse movimento porque as atividades de ensino ou atividades docente são passíveis de serem estudadas e pesquisadas, e isso pode possibilitar que existam reflexões e desenvolvimento do pensar sobre a própria prática a partir das propostas didáticas e intervenções de ensino.

Outros estudos apresentaram relação com o contexto educacional onde foi realizado *atividades pilotos* para que houvesse uma melhor adequação dos instrumentos de pesquisa com as necessidades apresentadas por cada contexto como, por exemplo, adequação de questionário (SOUZA, TESTONI, BROCKINGTON, 2016), alterações em entrevista (TRÓPIA, 2015) e ajustes na sequência de ensino (diminuição na quantidade de encontros) para uma segunda aplicação (BATISTA, SIQUEIRA, 2017).

Merece destaque também os trabalhos em que os professores que participaram da intervenção de ensino com base nos aspectos históricos e filosóficos das ciências eram membros de grupos de pesquisas, os quais desenvolveram o estudo (AMARAL, GUERRA, 2017; SILVA, MORAES, 2015). Esse movimento possui sua importância, pois além de incentivar a participação e manutenção de professores em grupos de pesquisas vinculados as universidades, possibilita também um melhor (re)conhecimento do público em que a proposta didática ou a intervenção de ensino é destinado.

Em outros estudos, as intervenções ocorreram em situações de ofertas de atividades de extensões como, por exemplo, realizações de oficinas (OLIVEIRA, DRUMMOND, 2015; RAPOSO, 2014) e curso de extensão (PAGLIARINI, ALMEIDA, 2016). A importância dessas propostas extracurricular reside no fato de que proporciona

uma formação a mais tanto para os alunos quanto para os professores envolvidos nos estudos e pensando na prática docente torna-se necessário a busca constante por formações extracurriculares.

Outra relação com o contexto educacional caracteriza-se pelo ato de observar antes de aplicar as intervenções de ensino. Estudos contaram com a observação dos proponentes da pesquisa ou os interventores, onde houve casos que o período de observação variou entre alguns dias até bimestres. Dessa forma existiram atividades que possibilitaram uma melhor adequação com o contexto da pesquisa (REIS, REIS, 2016; SABINO, PIETROCOLA, 2016; SENRA, BRAGA, 2014; RODRIGUES, ZIMMERMANN, HARTMANN, 2012).

Por fim, houve dois trabalhos onde as relações com o contexto educacional se deram por meio de reflexões sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea por meio do currículo de ensino em Física (BARCELLOS, GUERRA, 2015) e reflexões sobre ensino por meio de obras literárias infantis com base em concepções acerca da Natureza da Ciência (GROTO, MARTINS, 2015).

Em síntese, os trabalhos apresentaram diferentes relações com o contexto educacional onde foi destinada a proposta didática e as intervenções de ensino. Acreditamos que esse movimento tem importância porque evita um distanciamento do campo de pesquisa em ensino de ciências e das universidades com os mais diferentes níveis de contextos educacionais.

b) Conceito científico abordado

Sobre questões relacionadas ao conceito científico abordado, nessa categoria pretende-se identificar os conceitos que são trabalhados nas propostas didáticas ou intervenções de ensino, se são de uma área específica das ciências da natureza (Física, Química ou Biologia) ou das ciências de uma maneira geral e, como a discussão sobre esses conceitos permeia por meio de todo o estudo/pesquisa.

Por conta da característica de um dos periódicos selecionados, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, a maioria dos conceitos discutidos à luz da HFC foram relacionados à Física. De uma maneira geral, como apontam Teixeira, Greca, Freire Jr. (2012), em se tratando do uso didático da HFC, os trabalhos no campo da Física é em maior quantidade do que as outras áreas das ciências da natureza. Porém, notamos um crescimento de pesquisas relacionadas aos conceitos de Biologia e Química por meio da HFC, através dos periódicos que tratam da educação em ciências. Seria válido o movimento de levantar estudos em periódicos específicos dessas áreas.

De uma maneira mais específica, os conceitos de Física trabalhados nos estudos levantados foram, a saber: O conceito de tempo em diferentes concepções oriundas da Física e da Filosofia (SOUZA, TESTONI, BROCKINGTON, 2016); conceitos de espaço e tempo (REIS, REIS, 2016); aspectos históricos do vácuo (OLIVEIRA, DRUMMOND, 2015); textos sobre história da física como, por exemplo, força e movimento, cosmologia e gravitação, relatividade einsteiniana, próton e quarks (PEDUZZI, TENFEN, CORDEIRO, 2012); astronomia (RAPOSO, 2014; GUTTMANM, BRAGA, 2012), lei da Gravitação Universal (RODRIGUES, ZIMMERMANN, HARTMANN, 2012) e História da Eletricidade (RACIK, PEDUZZI, 2015). Dessa forma, torna-se importante destacar a variabilidade de conceitos trabalhados no âmbito do ensino de física por meio da HFC, são conceitos que abrangem temas da Mecânica Clássica até a Física Moderna e Contemporânea.

Mesmo em menor número, os trabalhos que discutem especificamente temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea, problematizam uma variada perspectiva conceitual e isso pode ser relacionado com o movimento de inserção da FMC no ensino básico e superior que ganhou força a partir dos anos 2000. Dentre os conceitos discutidos ganham destaque, efeito fotoelétrico (SANTANA, SANTOS, 2017; SILVA, ASSIS, 2012); radiação ionizante (SANTANA, SANTOS, 2017; SILVA, 2012); partículas elementares (PINHEIRO, 2015); espectroscopia e relações com modelos atômicos (SANTANA, SANTOS, 2017; SILVA, MORAES, 2015), radioatividade (BATISTA, SIQUEIRA, 2017), noções básicas e fundamentais da Física Quântica (PAGLIARINI, ALMEIDA, 2016), Teoria da Relatividade Restrita (BARCELLOS, GUERRA, 2015), Dualidade Onda-

Partícula (SABINO, PIETROCOLA, 2016) e temas relacionados à estrutura da matéria (PESSANHA, 2018).

Os trabalhos que envolveram questões conceituais relacionadas à Biologia partiram de questões controversas e polêmicas de determinados conceitos biológicos e essa perspectiva de discutir controversas/temas polêmicos no ensino de ciências por meio de episódios históricos possibilita o desenvolvimento crítico e reflexivo dos participantes. Os temas trabalhados foram, sobre a hereditariedade, a partir da apresentação a hipótese da pangênese, elaborada por Charles Darwin (AMARAL, GUERRA, 2017), problemas ambientais vivenciados por regiões com baixo nível de desenvolvimento econômico, buscando a solução de problemas (SENRA, BRAGA, 2014) e a descoberta da dupla hélice do DNA (ORTIZ, SILVA, 2016).

Um fato que chamou atenção tendo como base os trabalhos levantados, ou seja, não podemos generalizar para todos os trabalhos que discutem conceitos de Química por meio da HFC, foi que os estudos que em algum momento discutiram conceitos químicos, tais conceitos estavam sendo relacionados com aspectos da Física como, por exemplo, aspectos históricos e filosóficos das relações entre espectroscopia – Física com modelo atômico – Química (SILVA, MORAES, 2015) e os modelos atômicos propostos por Thomson, Rutherford e Bohr, além de outros conceitos relacionados à FMC (SANTANA, SANTOS, 2017). Não houve trabalhos que discutissem especificamente conceitos de química, e isso consideramos que não seja necessário porque por vezes separações entre as ciências da natureza é prejudicial ao ensino de ciências, onde pode formar uma falsa ideia de distanciamento ou falta de relação entre Física, Química e Biologia. Dessa forma,

Dentre as propostas concretas de inserção de FMC no Ensino Médio (EM) encontram-se aquelas que buscam promover a relação da Física com outras áreas do conhecimento. Os trabalhos desenvolvidos nessa perspectiva mostram que tal abordagem possibilita levar aos estudantes a relação que há entre os diferentes contextos políticos, sociais, artísticos, científicos, criando uma interlocução entre as disciplinas, geralmente, apresentadas de forma estanque ao aluno (SILVA, MORAES, 2015, p. 380).

Ainda sobre conceitos científicos abordados nos estudos, um trabalho apresentou a problematização do conceito por meio de uma perspectiva interdisciplinar entre as disciplinas das ciências da natureza, onde foi discutido questões sobre pressão atmosférica

(FONSECA *et al.* 2017). Alguns trabalhos não tiveram discussões em que foram problematizados conceitos específicos nem tanto de ciências da natureza quanto de Física, Química e Biologia, a semelhança entre esses trabalhos foram as problematizações e reflexões sobre ensino, aspectos da natureza do conhecimento científico, possibilidades do uso didático da HFC (VITAL, GUERRA, 2018; GROTO, MARTINS, 2015; TRÓPIA, 2015; FARIA *et al.*, 2014).

Em síntese, o uso didático de aspectos da HFC e FMC possibilita o trabalho de diversos conceitos científicos, os estudos históricos que são desenvolvidos e discutidos nas pesquisas permearam todas as propostas didáticas ou intervenções de ensino por meio de diversas atividades como, por exemplo, atividades de leitura e escrita, atividades experimentais, análise de entrevistas, questionários e avaliações, utilização de fontes primárias e fontes secundárias, o uso de literatura infantil, *softwares* (no caso da Física Moderna e Contemporânea) e animações, entre outras. Assim, fazendo parte da relação entre ensino e aprendizagem de conceitos científicos.

c) *Os pressupostos teóricos*

Nessa categoria identificamos os principais fundamentos teóricos das propostas didáticas e intervenções de ensino das discussões relacionadas à História e Filosofia da Ciência e Física Moderna e Contemporânea.

Uma característica presente em alguns trabalhos, que relataram uma proposta didática ou uma intervenção de ensino, é o fato de que os autores descreveram as etapas do estudo desenvolvido ou a prática realizada sem explicitarem ou citarem os referenciais que orientaram as mesmas (PESSANHA, 2018; GROTO, MARTINS, 2015; OLIVEIRA, DRUMMOND, 2015, PINHEIRO, 2015; SILVA, 2012).

Com base nos demais estudos levantados, torna-se possível apresentar alguns tipos de discussões teóricas presentes nos artigos analisados e que contemplaram um conjunto educacional (HFC/FMC) por meio de questões teóricas: **(I)** metodológica; **(II)**

epistemológica/construção do conhecimento e, **(III)** linguagem, leitura e escrita. Cabe ressaltar nesse momento que tiveram estudos que apresentaram mais de uma perspectiva teórica entre as descritas acima.

Na metodológica, o referencial mais utilizado entre os estudos levantados e analisados foi à perspectiva da pesquisa de abordagem qualitativa proposta por Bogdan e Blikem (1994) como, por exemplo, (AMARAL, GUERRA, 2017; RAICIK, PEDUZZI, 2015; SILVA, MORAES, 2015; RODRIGUES, ZIMMERMANN, HARTMANN, 2012) E, ainda no campo da pesquisa qualitativa outras duas pesquisas utilizaram autores diferentes, a saber: (SABINO, PIETROCOLA, 2016) utilizaram as ideias de Ludke e Andre (1986) e (SANTANA, SANTOS, 2017) partiu dos pressupostos do autor Flick (2009). Para os autores que trabalharam com essa perspectiva, a mesma foi utilizada principalmente nas análises dos dados construídos a partir das intervenções de ensino.

Dentro da perspectiva de pesquisa qualitativa, outros estudos especificaram qual abordagem metodológica foi utilizada para construção dos dados, onde foram utilizadas metodologias do tipo: pesquisa-ação (AMARAL, GUERRA, 2017; REIS, REIS, 2016); grupo focal para avaliação de projeto (SENRA, BRAGA, 2014); atividades dialógicas (FONSECA *et al.*, 2017); estudo de caso (BARCELLOS, GUERRA, 2015).

Ainda na metodológica, outros referenciais foram utilizados também como construção dos dados e análise dos mesmos como, por exemplo:

- A Análise Textual Discursiva proposta por Moraes e Galiuzzi (2011) foi utilizada por Amaral e Guerra (2017) com objetivo de melhor organização e entendimento dos dados obtidos.
- A perspectiva da Pedagogia de Projetos proposta no Brasil por (FERRARI, 2008), onde Raposo (2014) parte do princípio de que a atividade prática e a democracia são importantes ingredientes do processo educacional.
- A pesquisa baseada em projeto (COLLECTIVE, 2003) e sequência de ensino aprendizagem (LIJNSE; KLAASSEN, 2004) foram utilizadas como perspectivas metodológicas na sequência didática desenvolvida por Batista e Siqueira (2017), sobre radioatividade.

- Como uma forma de organizar e sistematizar os dados das análises, a Análise de Conteúdo (BARDIN, 1977) foi utilizada por Ortiz e Silva (2016); Rodrigues, Zimmermann e Hartmann (2012).
- E, por fim, a abordagem interpretativa proposta por (ERICKSON, 1986), foi utilizada na intervenção de ensino do estudo de Faria *et al.* (2014), porque possibilitou uma reflexão nas atividades de escrita e discussão na sala de aula, ao longo do processo de implementação da pesquisa.

Sobre a epistemológica/construção do conhecimento, é comum na área em História e Filosofia da Ciência a utilização da concepção de ciência, atividade científica e construção do conhecimento científico de epistemólogos da ciência como, por exemplo, Karl Popper (1902-1994), Ludwik Fleck (1896-1961), Thomas S. Kuhn (1922-1996), Imre Lakatos (1922-1974), Gaston Bachelard (1884-1962), Paul Feyerabend (1924-1994), entre outros. Essa utilização relaciona-se por meio de estudos históricos que são desenvolvidos na área e as contribuições desses autores possibilitam uma construção e releitura do “passado científico”.

A intervenção de ensino realizada por Souza, Testoni, Brockington (2012), aportou-se epistemologicamente das contribuições de Bachelard para uma compreensão de perfis e obstáculos epistemológicos no público-alvo acerca do conceito de tempo. Por sua vez, Pessanha (2018), utiliza da epistemologia bachelardiana, sobre tudo as ideias de rupturas e obstáculos epistemológicos em modelos explicativos acerca da estrutura da matéria.

O estudo desenvolvido por Trópia (2015) buscou compreender, o que os alunos de ensino médio entendem por aprender dentro do ensino de biologia, por meio de atividades investigativas através das relações epistêmicas com o saber propostas por Bernard Charlot.

A partir dos aspectos epistemológicos de Stephen Toulmin, a intervenção de ensino proposta e analisada por Guttman, Braga (2012), esperou que os alunos passassem a admitir a existência de diferentes teorias (Origem do Universo – *Big Bang* x Universo Eterno) e que estas lutem até que uma prevaleça sobre a outra.

No trabalho desenvolvido por, Silva e Assis (2012), as autoras buscaram através de uma proposta didática evidenciaram possíveis interações entre professores e alunos por meio de atividades experimentais que abordam o efeito fotoelétrico a partir da perspectiva de interação social proposta por Vigotski.

Os autores Peduzzi, Tenfen e Cordeiro (2012), utilizam-se da Teoria da Aprendizagem Significativa proposta por Moreira como subsídios para a construção das animações desenvolvidas que compuseram a proposta didática que estava relacionada com textos sobre a história da física.

Aportados teoricamente da perspectiva de Yves Chevallard sobre transposição didática, Raicik e Peduzzi (2015) discutem mais enfaticamente alguns pontos histórico-filosóficos de um dos segmentos de uma disciplina que discute temas relacionados à História da Ciência, por meio de uma abordagem sobre eletricidade e magnetismo (História da Eletricidade), onde os autores do trabalho desenvolveram um módulo “Uma discussão histórico-filosófica da eletricidade: os estudos de Gray e Du Fay” e avaliaram as possibilidades e limites apresentados em relação ao que era necessário ser ensinado sobre o referido episódio histórico.

O trabalho desenvolvido por Sabino e Pietrocola (2016), dentre outros objetivos, investigaram os saberes docentes mobilizados por professores de física ao ministrarem o conteúdo sobre Dualidade Onda-Partícula com alunos do terceiro ano do ensino médio. Para tal investigação, os autores utilizaram os pressupostos teóricos de Tardif, sobre o que o autor entende por saberes docente.

Por fim, e não menos importante, alguns pressupostos teóricos dos estudos levantados e analisados fazem referência a questões sobre linguagem, leitura e escrita. As atividades desenvolvidas por Pagliarini e Almeida (2016) apoiaram-se em textos de cientistas, sendo a abordagem centrada em leituras e escritas e mediações com interlocuções do professor interventor, o conteúdo trabalhado referiu-se ao início da Física Quântica e os pesquisadores utilizaram como apoio teórico noções de Análise de Discurso, na vertente de Michel Pêcheux.

E, com base no referencial teórico fornecido pelo pensamento bakhtiniano, Vital e Guerra (2018) analisaram os enunciados produzidos pelos alunos e professores (sujeitos da pesquisa) por meio de entrevistas individuais e semiestruturadas sobre os sentidos atribuídos ao ensino de física e à perspectiva histórica no ensino de física.

Em síntese, assim como se verificou uma variedade de conceitos científicos abordados nas propostas didáticas e intervenções de ensino que envolve aspectos da HFC e/ou FMC, sobre os referenciais teóricos não foi diferente. Cabe ressaltar que esse fenômeno é relevante em se tratando de questões relacionadas ao ensino de ciências, tanto na produção de novas pesquisas quanto na produção de novas propostas didáticas ou intervenções de ensino e que essas discussões sejam sempre bem articuladas entre os referenciais teóricos educacional – metodológico – epistemológico, como defendemos e como defende Damasio (2017).

d) Nível de ensino

Por meio desta categoria quantificamos o número de estudos relacionados com os diferentes níveis de ensino – Ensino Fundamental, Médio, Superior e formação continuada de professores. Ressaltamos que um mesmo trabalho pode contemplar mais de um nível de ensino.

A tabela 3, abaixo apresenta a quantidade de proposta didática ou intervenção de ensino com o respectivo nível de ensino, tendo como base os estudos levantados e analisados (Ver tabela 3):

Tabela 3 – Nível de ensino e quantidade de proposta didática ou intervenção de ensino.

Nível de Ensino	Quantidade de proposta didática ou intervenção de ensino
Fundamental	5
Médio	17
Superior	9

Formação continuada de professores	1
------------------------------------	---

Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

A quantidade numérica apresentada acima pode ser justificada por conta da característica da análise desenvolvida, considerou-se tanto HFC quanto FMC. Porém, é válido ressaltar o crescimento do uso didático e propostas de ensino com base em HFC nos níveis fundamental e médio se comparamos com os resultados apresentados pela pesquisa desenvolvida por Teixeira, Greca e Freire Jr. (2012),

“Quanto ao nível de ensino, a grande maioria dos trabalhos foi realizada no âmbito do Ensino Superior (9 trabalhos) e apenas 1 no Ensino Fundamental e 4 no Ensino Médio” (TEIXEIRA, GRECA, FREIRE Jr., 2012, p. 26).

Por fim, cabe ressaltar também a necessidade de se buscar formações continuadas, projetos e cursos de extensões ou fornecer subsídios para que os professores que estão atuando em diferentes níveis de ensino possam trabalhar com a História e Filosofia da Ciência e/ou Física Moderna e Contemporânea nas suas aulas de ciências/física.

e) *Potencialidades e condicionantes das propostas didáticas ou intervenções de ensino*

Nessa categoria analisamos as potencialidades e condicionantes das propostas didáticas ou intervenções de ensino de alguns estudos e que possam permitir uma reflexão sobre o ensino de ciências por meio da utilização da HFC e FMC.

Discussões sobre HFC no ensino de ciências e as intervenções em situações reais nas salas de aula podem possibilitar aos alunos um acesso aos conteúdos científicos de forma mais consciente e refletida, dessa forma:

(...) além do formalismo matemático, algo importante no ensino de física, porém quase que a única estratégia que se utiliza no ensino formal, a leitura de textos científicos e de divulgação científica, a história da ciência, a ficção científica, a relação entre a arte e a ciência, a experimentação, o estudo dos fenômenos naturais e da tecnologia, desde as mais sofisticadas até as mais simples, são ações estratégias que tem potencial para despertar o interesse de mais pessoas para o

valor do conhecimento científico, abrindo a possibilidade de os incorporarem em sua cultura (SOUZA, TESTONI, BROCKINGTON, 2016, p. 22-23).

Em relação aos textos produzidos pelos próprios cientistas (fontes primárias), são materiais que podem ser utilizados com objetivo didático quando a abordagem for sobre aspectos históricos e filosóficos da ciência, porém são materiais que sua natureza não é didática e que exige cautela na sua utilização no ensino de ciências,

Outra reflexão importante realizada na oficina diz respeito às fontes primárias. Considerando que o trabalho de interpretá-las é um desafio para os próprios historiadores da ciência, discutiu-se sobre a necessidade de reflexão constante e cautela na inserção de textos históricos originais no ambiente escolar (OLIVEIRA, DRUMMOND, 2015, p. 159).

Mesmo diante da cautela necessária em relação ao uso de fontes primárias no ensino de ciências, as mesmas possuem potencialidades como defendem Fonseca *et al.* (2017),

A perspectiva de utilização didática de fontes primárias permite atuar em lacunas observadas nesses materiais, trazendo justamente aquilo que eles não costumam conter: o *processo* de desenvolvimento e *justificativa* para os *produtos da ciência* neles apresentados (FONSECA *et al.*, 2017, p. 89 Destaque feito pelos autores).

Outros trabalhos (dentro das suas especificidades de conteúdos) apresentaram a potencialidade de que discussões dos conteúdos científicos por meio de elementos históricos e filosóficos da ciência permitem também uma melhor compreensão dos conceitos abordados, inclusive aqueles relacionados à Física Moderna e Contemporânea. (AMARAL, GUERRA, 2017; BATISTA, SIQUEIRA, 2017; SANTANA; SANTOS, 2017; REIS, REIS, 2016; RAPOSO, 2014; RAICIK, PEDUZZI, 2015; SILVA, 2012).

Outra potencialidade do uso da HFC no ensino de ciências que ficou marcante após as análises dos estudos levantados e que permeou várias considerações dos mesmos (REIS, REIS, 2016; GROTO, MARTINS, 2015; FARIA *et al.*, 2014; GUTTMANM, BRAGA, 2012; RODRIGUES, ZIMMERMANN, HARTMANN, 2012) foi acerca da contribuição na formação dos participantes das diversas pesquisas para uma melhor

compreensão sobre ciência, natureza do conhecimento científico e aspectos relacionadas a complexidade de uma atividade científica,

Em relação à natureza da ciência, vários alunos, em relatos em sala de aula e no portfólio, mostraram espanto ao perceberem que os cientistas se equivocam e realizam grandes descobertas com a ajuda de ideias de outros. A concepção inicial dos alunos era a de que os cientistas construíam toda uma nova teoria sem o aporte de ninguém (RODRIGUES, ZIMMERMANN, HARTMANN, 2012, p. 521).

(...) permitiram que fosse apresentado aos alunos uma visão de ciência um pouco mais informada. Isso fez com que grande parte dos alunos percebesse que a ciência não é um produto pronto e acabado, que ela é desenvolvida por homens com crenças e valores diferentes e que ela é integrada socialmente e culturalmente (REIS, REIS, 2016, p. 774).

Alguns resultados de estudos (SANTANA, SANTOS, 2017; PAGLIARINI, ALMEIDA, 2016; OLIVEIRA, DRUMMOND, 2015; SILVA, MORAES, 2015; FONSECA *et al.*, 2014; RAPOSO, 2014; SENRA, BRAGA, 2014) apontaram também que o uso da HFC e FMC (naqueles trabalhos que abordaram essa perspectiva) permitiu um melhor ambiente em sala de aula, ou seja, melhorou a relação entre professor-aluno, participação mais efetiva dos estudantes (inclusive de estudantes que por vezes não se mostravam tão participativos), maior interesse com as aulas de ciências e o desenvolvimento da criatividade dos alunos ao longo das atividades realizadas.

Além da condição (já apresentada e discutida acima) sobre o uso de aspectos históricos e filosóficos da ciência por meio de fonte primária no ensino de ciências, outros condicionantes acerca do uso da HFC foram destacados por estudos analisados, a saber,

Contudo, no decorrer desta pesquisa, notamos que o uso de uma abordagem em História da Ciência na educação, além de não ser algo simples, demanda conhecimento epistemológico e historiográfico acerca da História da Ciência. Encontramos pelo caminho algumas dificuldades, como a limitação do tempo didático, a falta de pré-requisitos conceituais básicos em relação à Ciência por parte dos acadêmicos e algumas visões distorcidas a respeito do episódio histórico que foi apresentado. No entanto, sabemos que não é possível modificar significativamente certas concepções por ultrapassarem o limite da proposta didática por nós desenvolvida (ORTIZ, SILVA, 2016, p. 120).

De fato, trabalhar com aspectos da HFC no ensino de ciências, principalmente em situações reais em sala de aula, demanda aprofundamentos tanto em questões epistemológicas quanto historiográficas da ciência. Mas, estar preparado para uma abordagem no ensino não é uma característica exclusiva ou inerente da HFC, qualquer outra forma de ensino ou perspectiva didática exige sempre um preparo por parte do docente.

Sobre as condições reais de ensino, pode ser que exista a necessidade da realização de ajustes nas intervenções. Por exemplo, no problema relacionado à falta tempo, cabe ao professor ser perspicaz e sensível ao perceber essa necessidade e ajustar as atividades da melhor maneira possível e de acordo com o aproveitamento máximo do tempo disponível, isso também faz parte do que podemos entender como professor crítico e reflexivo com sua própria prática, como foi feito na intervenção de ensino aplicada por Batista e Siqueira (2017). Certamente propostas didáticas ou intervenções de ensino não esgotam toda a discussão acerca da HFC, podendo ser explorado em uma perspectiva de “convite” ao saber histórico e filosófico para que cada vez mais crianças, jovens e adultos se interessem em compreender a construção de um conhecimento científico.

Por fim, quando a problematização de aspectos sobre HFC acontece por meio de textos, devemos ter atenção em relação à extensão desses textos, pois nem todos os alunos ou sujeitos de pesquisa possuem o hábito de leitura, mas é importante incentivar ou gerar condições para o hábito de ler. Como foi apontado como um condicionante no estudo dos autores Ortiz e Silva (2016), a saber:

A já conhecida falta de hábito de leitura dos estudantes tornou-se evidente nessa pesquisa, mesmo eles sendo acadêmicos em término do curso. Tal constatação ficou evidente ao problematizar aspectos relevantes em relação ao artigo científico que foi trabalhado na última etapa da proposta didática, que talvez por ser um texto extenso, com termos históricos e filosóficos, os pesquisados não aderiram à leitura (ORTIZ, SILVA, 2016, p. 120).

Em síntese, reconhecer as potencialidades e condicionantes de uma pesquisa em HFC tem suas relevâncias porque permite uma reflexão sobre o ensino de uma maneira geral e sobre o ensino de ciências de uma maneira mais específica. Além do mais, ao se (re)visitar a literatura, com base nessas potencialidades e condicionantes, os estudos e/ou

trabalhos futuros podem apresentar ou propor formas de avançar no campo da pesquisa e principalmente no contexto do ensino.

1.4 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

As discussões realizadas nesse capítulo permitem algumas reflexões importantes sobre ensino e, de uma maneira específica, sobre ensino de ciências que serão úteis também em momentos específicos nesta pesquisa de dissertação.

Na área de ensino é notório o crescimento de periódicos e programas de pós-graduação em ensino de ciências, quantitativamente e qualitativamente, esse crescimento pode ser observado, por exemplo, nos relatórios da Capes. Com o crescimento da área nesses meios foi inevitável o crescimento também de trabalhos e estudos sobre a educação em ciências no cenário nacional.

Dentre essas diversas pesquisas, o uso de elementos sobre História e Filosofia da Ciência assumiu um papel importante no campo da Didática das Ciências, por ser uma forma de ensinar conceitos científicos de uma maneira mais contextualizada e que quando bem utilizada pode vincular formas de ensino que estejam relacionadas à dinâmica da complexidade da vida humana.

Nesse sentido, elementos históricos e filosóficos da ciência podem servir como uma “porta de entrada” para discussões de conceitos relacionados à Física Moderna e Contemporânea, que em algumas situações não chegam ser discutidos no contexto da educação básica.

Por meio de uma breve revisão da literatura, em periódicos nacionais, foi mapeada a inserção sobre História e Filosofia da Ciência, História da Física Moderna e Contemporânea no ensino de ciências e nas aulas de ciências. E, após percorrer o caminho metodológico traçado, alguns focos temáticos para análise foram construídos e que foram importantes para guiar o processo de análise dos resultados e discussão dos 26 estudos levantados. A saber, os focos temáticos de análise: a) Relações com o contexto

educacional; b) Conceito científico abordado; c) Os pressupostos teóricos; d) Nível de ensino; e) Potencialidades e condicionantes das propostas didáticas ou intervenções de ensino.

Em relação ao contexto educacional, compreendemos por meio deste estudo, uma variabilidade de relações com o mesmo, nas propostas didáticas ou nas intervenções de ensino, são elas: a obtenção e construção de dados para serem analisados e discutidos durante o desenvolvimento de pesquisas, a realização de *atividades pilotos* para que houvesse melhorias nos instrumentos de pesquisa de acordo com as necessidades apresentadas por cada contexto, os membros de grupos de pesquisas de universidades participando dos planejamentos e das intervenções de ensino, as ofertas de atividades de extensões, as observações do ambiente de pesquisa e as reflexões sobre o ensino por meio de currículos. Através dessa variabilidade, pode ser evitado um distanciamento do campo de pesquisa em ensino de ciências e das universidades com os mais diferentes contextos educacionais, por conta do contato direto entre pesquisa, ensino e atividades de extensão.

Sobre os conceitos científicos abordados nas propostas didáticas ou intervenções de ensino, por causa da característica de um dos periódicos selecionados, (*Caderno Brasileiro de Ensino de Física*) a maioria dos conceitos discutidos à luz da HFC foram relacionados à Física. Porém, dentro do contexto da Física houve uma grande variedade dos conceitos discutidos e os trabalhos sobre Física Moderna e Contemporânea discutiram temas relevantes para área de ensino de Física, principalmente para a formação de professores. Houve alguns trabalhos nos quais os conceitos científicos eram do campo da Biologia e um fato que chamou atenção foi que nesse levantamento não houve nenhum trabalho que discutia especificamente só conceito da Química, os que apresentavam algum conceito químico eram relacionados com os conceitos da Física. Diante disso, pode ser importante o movimento de levantar estudos em periódicos específicos dessas áreas (Biologia e Química).

No que diz respeito aos pressupostos teóricos desses estudos levantados, tornou-se possível apresentar alguns tipos de discussões teóricas presentes nos estudos analisados e que contemplaram um conjunto educacional (HFC/FMC) por meio de questões teóricas: metodológica, epistemológica/construção do conhecimento e linguagem, leitura e escrita. Sendo que tiveram estudos que apresentaram mais de uma perspectiva teórica entre as

descritas acima. Esse fenômeno apresenta-se como importante em se tratando de questões relacionadas ao ensino de ciências, tanto na produção de novas pesquisas quanto na produção de novas propostas didáticas ou intervenções de ensino e se faz necessário que essas discussões sejam sempre articuladas entre os referenciais teóricos adotados nessas pesquisas.

Em relação ao nível de ensino das propostas didáticas ou intervenções de ensino, quantitativamente merece ser destacado o crescimento de trabalhos nos níveis fundamental e médio se comparamos com os resultados de outras pesquisas. Porém, cabe destacar também a necessidade de buscar propostas ou intervenções com o caráter de formação continuada ou fornecer subsídios para que os professores que estão atuando em diferentes níveis de ensino possam trabalhar com a História e Filosofia da Ciência e/ou Física Moderna e Contemporânea nas suas aulas de ciências/física.

Sobre potencialidades e condicionantes das propostas didáticas ou intervenções de ensino, discutir sobre HFC nas aulas de ciências possibilita aos alunos um acesso à ciência ou conteúdos científicos de forma mais consciente e reflexiva. Em relação o uso de fontes primárias em situações de ensino, as mesmas podem ser úteis por explicitar o processo de desenvolvimento e justificativa para questões da ciência, porém são materiais que exigem atenção e cautela. Existe a potencialidade de que discussões dos conteúdos científicos por meio de elementos históricos e filosóficos da ciência permitem uma melhor compreensão dos conceitos abordados, inclusive aqueles os relacionados à Física Moderna e Contemporânea. A História e Filosofia da Ciência contribuem também para uma melhor compreensão sobre ciência, natureza de um conhecimento científico e aspectos relacionados à complexidade de uma atividade científica e permite um melhor ambiente em sala de aula.

Ainda sobre potencialidades e condicionantes, alguns condicionantes estão relacionados à necessidade de aprofundamentos tanto em questões epistemológicas quando historiográficas da ciência e problemas relacionados ao tempo didático.

Nesse sentido existe a necessidade de trazer um episódio histórico para dar concretude ao ensino *de e sobre* ciência, explorar ainda mais as relações com referenciais

teóricos e aprofundar trabalhos e pesquisas sobre HFC e FMC, principalmente aqueles conceitualmente relacionados com a Teoria da Relatividade como, por exemplo, geral.

Por fim, o cerne da dissertação perpassa por contemplar e suprir algumas necessidades da área em ensino de ciências como, por exemplo, por meio do referencial da Teoria da Atividade Cultural-Histórica possibilitar uma reflexão *sobre* Ciência através da História e Filosofia da Ciência (releitura histórica do episódio sobre o Eclipse Solar Total de 1919) e natureza do conhecimento científico, ou seja, um referencial que discute sobre educação e também possibilita a construção de uma releitura histórica. Sobre o ensino, através de subsídios e os meios de condução desses subsídios se reflita sobre, por exemplo, temas relacionados à Física Moderna e Contemporânea no ensino de ciências e na formação de professores de Ciências da Natureza.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, P.; GUERRA, A. Pangênese e a hereditariedade: uma abordagem histórico-filosófica no ensino fundamental. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 10, n. 1, p. 143-167, 2017.
- BARCELLOS, M.; GUERRA, A. Inovação curricular e Física Moderna: da prescrição à prática. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, p. 329-350, 2015.
- BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BATISTA, C. A. S.; SIQUEIRA, M. R. P. A inserção da Física Moderna e Contemporânea em ambientes reais de sala de aula: uma sequência de ensino-aprendizagem sobre a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 3, p. 880-902, 2017.
- BATISTA, G. L. F.; DRUMMOND, J. M. H. F.; FREITAS, D. B. Fontes primárias no ensino de física: considerações e exemplos de propostas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 663-702, 2015.
- BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. D. P. **História da Ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.
- BOAS, A. V. *et al.* História da ciência e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 287-322, 2013.
- BOGDAN, R. C., BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto: Porto, Editora, 1994.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Relatório de Avaliação: Ensino**. Brasília: 2017.

CAMILLO, J. Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em ciências. **Doutorado em Ensino de Ciências–Física) IF/USP, São Paulo-SP**, 2015.

COLLECTIVE. Design-Based Research: An emerging paradigm for educational inquiry. **Educational Researcher**. London, v. 32, n. 5, p. 1-5, feb. 2003.

DAMASIO, F. **História da ciência na educação científica: uma abordagem epistemológica de Paul Feyerabend procurando promover a aprendizagem significativa crítica**. 2017, 400 p. Tese – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2017.

ERICKSON, F. Qualitative methods in research on teaching. In: WITTRUCK, M. C. (Ed.). **Handbook of research on teaching**. 3. ed. New York: Macmillan, p. 3-36, 1986.

FARIA, C. *et al.* " Como trabalham os cientistas?": potencialidades de uma atividade de escrita para a discussão acerca da natureza da ciência nas aulas de ciências. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 1, p. 1-22, 2014.

FERRARI, M. **John Dewey: o pensador que pôs a prática em foco**. Nova Escola, São Paulo, Edição especial grandes pensadores, 2008.

FLICK, U. **Desenho da pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FONSECA, D. S. *et al.* Pressão atmosférica e natureza da ciência: uma sequência didática englobando fontes primárias. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 64-108, 2017.

FORATO, T. C. M.; PIETROCOLOA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

GROTO, S. R. *et al.* A Literatura de Monteiro Lobato na discussão de questões acerca da Natureza da Ciência no ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. 2, 2015.

GUTTMANN, G. A. M.; BRAGA, M. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 442-460, 2015.

HALMENSCHLAGER, K. R. *et al.* Articulações entre educação do campo e ensino de ciências e matemática presentes na literatura: um panorama inicial. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 19, 2017.

HIDALGO, J. M. *et al.* A história da ciência (distorcida ou ausente) em livros didáticos: o conteúdo sobre o “experimento de Torricelli” como estudo de caso. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 11, n. 1, p. 101-124, 2018.

LIJSEN, P.; KLAASSEN, C. W. J. M. Didactical structures as an outcome of research on teaching-learning sequences? **International Journal of Science Education**. London, v. 26, n. 5, p. 537-554, apr. 2004.

Ludke, M. & Andre, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E.P.U, 1986.

MARTINS, A. F. P. Natureza da Ciência no ensino de ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 703-737, 2015.

MARTINS, R. A. Introdução: história da ciência e seu uso na educação. In: Silva, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006a.

MASSONI, N. T. **Epistemologias do século XX**. Instituto de Física Programa da Pós-Graduação em Ensino de Física – UFRGS. Porto Alegre, 2005.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p.164-214, 1995.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva** (2ª edição). Editora Unijuí: Unijuí, 2011.

NASCIMENTO, L. A.; CARVALHO, H. R.; SILVA, B. V. C. A História e a Filosofia da Ciência como recurso didático: Discutindo o seu uso com professores de ciências em formação. **Revista de Educação, Ciências e Matemática**, v. 7, n. 1, 2017.

OLIVEIRA, W. C.; DRUMMOND, J. M. H. F. Refletindo sobre desafios à inserção didática da história e filosofia da ciência em oficina de formação docente. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 151-179, 2015.

ORTIZ, E.; SILVA, M. R. O uso de abordagens da história da ciência no ensino de biologia: uma proposta para trabalhar a participação da cientista Rosalind Franklin na construção do modelo da dupla hélice do DNA. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 1, 2016.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. **Investigações em ensino de ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.

PAGLIARINI, C. R.; DE ALMEIDA, M. J. P. M. Leituras por alunos do ensino médio de textos de cientistas sobre o início da física quântica. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 2, p. 299-317, 2016.

PEDUZZI, L. O. Q. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a história e filosofia da ciência em um curso de mecânica**. 1998, 850 f. Tese (Doutorado em Educação) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998.

PEDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. Aspectos da natureza da ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, p. 758-786, 2012.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em ensino de ciências**, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009.

PESSANHA, M. Obstáculos cognitivo-epistemológicos e modelos explicativos no estudo sobre a estrutura da matéria nas aulas de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 2, p. 383-405, 2018.

PINHEIRO, L. A. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 517-528, 2015.

RAIČIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de Gray e Du Fay. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 20, n. 2, p. 138-160, 2016.

RAPOSO, W. L. História e Filosofia da Ciência na Licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 3, p. 722-738, 2014.

REIS, U. V.; REIS, J. C. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, p. 744-778, 2016.

RODRIGUES, E. V.; ZIMMERMANN, E.; HARTMANN, A. M. Lei da gravitação universal e os satélites: uma abordagem histórico-temática usando multimídia. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 3, p. 503-525, 2012.

SABINO, A. R.; PIETROCOLA, M. Saberes docentes desenvolvidos por professores do ensino médio: um estudo de caso com a inserção da física moderna. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 21, n. 2, p. 200-216, 2016.

SALEM, S. **Perfil, evolução e perspectivas da Pesquisa em Ensino de Física no Brasil**. 2012. 385 f. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SANTANA, F. B.; SANTOS, P. J. S. Espectroscopia e modelos atômicos: uma proposta para a discussão de conceitos de Física Moderna no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 2, p. 555-589, 2017.

SANTOS, M. E. Encruzilhadas de mudança no limiar do século XXI: coconstrução do saber científico e da cidadania via ensino CTS de ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 2, Valinhos. **Atas...**, 1999.

SENRA, C. P.; BRAGA, M. A. B. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 7-29, 2014.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, p. 378-406, 2015.

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, p. 313-324, 2012.

SILVA, N. C. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, 2012.

SOUZA, P. H.; TESTONI, L. A.; BROCKINGTON, G. O conceito de tempo no ensino de física: perfis epistemológicos e culturais. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 3-33, 2016.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I. M.; FREIRE Jr., O. Uma revisão sistemática das pesquisas publicadas no Brasil sobre o uso didático de História e Filosofia da Ciência no ensino de física. In: PEDUZZI, L. O.; MARTINS, A. F.; FERREIRA, J. M. H. (Org). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRRN, p. 9-40, 2012.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.

TRÓPIA, G. A relação epistêmica com o saber de alunos no ensino de biologia por atividades investigativas. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 55-80, 2015.

VITAL, A.; GUERRA, A. Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. **Ciência & Educação**, v. 22, n. 2, p. 351-370, 2016.

VITAL, A.; GUERRA, A. Os sentidos que os estudantes atribuem ao ensino de física e à sua abordagem histórica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n. 1, 2018.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989, 160 f. Tese – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

Capítulo 2

**PARA UMA RELEITURA HISTÓRICA:
HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA E
TEORIA DA ATIVIDADE CULTURAL-
HISTÓRICA**

2. PARA UMA RELEITURA HISTÓRICA: HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA E TEORIA DA ATIVIDADE CULTURAL-HISTÓRICA

*Mas a vida que eu levo erros lógicos.
Óbvio, cada letra em rap é um código
sórdido. Psicografado som sólido,
súbito. Nunca fui de fazer som pra
público. Verso meu universo, peço que
entenda meu mundo.*

Deixe-me ir, 1 kilo.

Neste capítulo, partes das discussões serão sobre a temática História da Ciência (HC), na tentativa de compreender o que pode ser entendido acerca desse campo de pesquisa e estudo que faz parte do ensino e aprendizagem de conceitos científicos. Também discutiremos a necessidade do conhecimento sobre algumas perspectivas historiográficas científicas e dos elementos condicionantes para o desenvolvimento de uma releitura histórica da ciência. Apresentaremos e discutiremos a perspectiva teórica, Teoria da Atividade Cultural-Histórica, focando nos principais elementos teóricos que estão aportando a pesquisa e também a releitura histórica sobre o episódio do Eclipse Solar de 1919 e suas relações com a própria História da Ciência.

2.1 HISTÓRIA DA CIÊNCIA E HISTORIOGRAFIA DA CIÊNCIA: PERSPECTIVAS

Tentar definir o que é História da Ciência certamente seria uma atividade não muito bem sucedida, principalmente porque existem diversas perspectivas epistemológicas que servem de suporte para os autores deste campo de pesquisa e a existência dessa diversidade torna rico e desafiador o desenvolvimento de estudos que na sua natureza tratam sobre conhecimentos históricos da ciência.

Porém, a partir de trabalhos desenvolvidos por pesquisadores e professores da área, podemos tentar compreender, por exemplo, perspectivas acerca da História da Ciência e como ela se relaciona com questões educacionais científicas.

Para Martins (2006a), a História das Ciências nos apresenta uma visão a respeito da natureza da pesquisa e do desenvolvimento científico que não costumamos encontrar, por exemplo, no estudo didático dos resultados científicos. Dessa maneira, a HC proporciona uma abordagem desde pensar até a formulação e construção/desconstrução de conhecimentos e teorias.

Ao longo dos anos a HC foi consolidando como uma área de conhecimento específica e dessa maneira foi sendo delimitado os possíveis objetos de estudos que seriam próprio dessa área. Podemos apresentar alguns desses objetos, a saber, objeto da epistemologia, objeto da história e objeto da sociologia (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014). Atualmente, podemos considerar também como objeto de estudo da HC a cultura, o desenvolvimento humano e a própria psicologia.

Assim como afirma os autores citados acima, podemos compreender, de maneira bem ampla que:

História da Ciência estuda a(s) forma(s) de elaboração, transformação e transmissão de conhecimentos sobre a natureza, as técnicas e as sociedades, em diferentes épocas e culturas (BELTRAN, SAITO, TRINDADE, 2014, P. 15).

A partir dessas breves considerações, acreditamos ser importante ressaltar que a própria História da Ciência possui a sua história, dessa forma entender como a própria HC foi se consolidando profissionalmente nos permite um “olhar mais amplo” acerca desse campo de pesquisa.

Kuhn (2011) afirma

Como disciplina profissional independente, a História da Ciência é um novo campo que ainda está emergindo de uma longa e variada pré-história. Somente a partir de 1950, e de início apenas nos Estados Unidos, é que a maioria de seus profissionais, mesmo os mais jovens, dedicou-se ou formou-se para uma carreira acadêmica em tempo integral nesse campo (KUHN, 2011, p. 127).

Na área da educação científica, em termos de publicações, episódios históricos têm sido apresentados e discutidos como, por exemplo, o episódio da queda da maçã, que “teria” desencadeado os estudos de Isaac Newton sobre a gravitação (MARTINS, 2006b), as contribuições para a eletrostática de Benjamin Franklin (SILVA e PIMENTEL, 2008), e a questão da geração espontânea e as contribuições de Louis Pasteur (MARTINS, 2009). Tais exemplos apresentam discussões que vão além das anedotas comumente disseminadas, por exemplo, em livros didáticos e pela própria mídia e dão uma dimensão construtiva e coletiva do conhecimento científico em questão. Ou seja, as análises de episódios possuem como característica a perspectiva da historiografia, que “reflete sobre os acontecimentos históricos, mas agrega-lhe um caráter discursivo novo. (...) procura desvendar aspectos da história, mas não é uma mera descrição da realidade histórica” (MARTINS, 2004, p. 115).

Segundo Martins (2004), a historiografia por sua vez difere do que se pode entender como História, que seria entendida como um conjunto de situações e acontecimentos pertencentes a uma época e a uma região – que é o objeto de estudo dos historiadores. O produto obtido a partir de estudos históricos desenvolvidos por historiadores pode-se chamar de historiografia. De acordo com Oliveira e Silva (2012), a historiografia da ciência pode ser entendida como uma análise dos episódios históricos da ciência, e tem como ponto de partida documentos e fatos relacionados ao desenvolvimento do conhecimento científico. Destaca-se que essa análise histórica está carregada de crenças e ideias filosóficas do historiador (ou professor de ciências), pois a leitura que faz dos documentos (e dos materiais empíricos, de modo geral) é sempre direcionada por tais conjuntos de crenças e ideias, oriundas, por exemplo, da sua própria formação.

Nos últimos anos, porém, muito se tem discutido acerca da natureza da história/historiografia da ciência e o papel por ela desempenhado como, por exemplo, na explicitação dos “valores e dos princípios epistemológico-metodológicos defendidos e efetivamente usados pelos cientistas” (VIDEIRA, 2007, p. 119), o que atribuiria para a historiografia uma tarefa crítica, “que procura mostrar, o mais claramente possível, as bases epistemológicas, históricas, políticas e axiológicas sobre as quais os discursos históricos são construídos” (VIDEIRA, 2007, p. 122). Nesse sentido, é fundamental também a explicitação do conjunto de valores a partir do qual o historiador desenvolve sua investigação histórica (e não somente dos valores dos cientistas estudados) para a

compreensão da produção do material historiográfico, ou seja, a explicitação de que o estudo historiográfico não acontece num “vazio histórico”.

Pode-se considerar como documentos e fatos relacionados à ciência diversos materiais como, por exemplo, “documentos escritos da época (publicados ou não), e outros vestígios não verbais (aparelhos, fotografias, desenhos, amostras e outros objetos antigos)” (MARTINS, 2004, p. 131). Tais materiais da época que foram escritos pelos pesquisadores e/ou cientistas estudados, são classificados como fontes primárias, conforme Martins (2005). A autora ainda discute que normalmente também são utilizadas como fontes de pesquisas no contexto em História da Ciência, as fontes secundárias, que são materiais como, por exemplo, estudos historiográficos e obras de apoio a respeito do período e dos autores investigados.

Além desses elementos, que podem caracterizar uma historiografia da ciência, Beltran, Saito e Trindade (2014) apresentam algumas tendências historiográficas que para eles foram marcantes ao longo da própria História da Ciência. A primeira delas, uma historiografia tradicional, caracterizada por uma narrativa histórica da ciência de forma linear e progressiva, seleciona no passado apenas o que parece ter permanecido, dá ênfase em erros e acertos e parte da distinção entre “ciência” e “pseudociência” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014).

Outra perspectiva historiográfica, denominada de internalismo, “pressupõe que a ciência seja autônoma, neutra e tenha uma dinâmica própria, independente da sociedade que a gerou” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 37). Em contra partida, a perspectiva externalista “não privilegia o debate entre diferentes teorias que envolvem estudiosos de um determinado período e elimina toda a complexidade envolvida no processo do fazer da ciência” (BELTRAN; SAITO; TRINDADE, 2014, p. 38). Mesmo, tendo em vista que essas duas tendências historiográficas (internalista e externalista) não são dicotômicas, Kuhn (2011, p. 32) afirma que “ainda assim, infelizmente, qualquer levantamento do estado atual do campo tem de tratá-los como empreendimentos quase sempre separados”.

Defendemos que, apesar da relativa separação entre elas, ambas devem ser consideradas em conjunto, por apresentarem características complementares e não

excludentes, sem esquecer das relações com os aspectos sociais, econômicos, políticos, religiosos e entre outros, ou seja, estamos pautados na perspectiva de que a ciência não se constrói somente por forças internas a ela, mas inserida em um contexto social mais amplo. Beltran, Saito e Trindade (2014) apresentam ainda uma “nova” perspectiva historiográfica, baseadas nos estudos historiográficos, por exemplo, de Canguilhem, a partir da qual se propõe mapear e contextualizar os conhecimentos do passado, considerando-se não só as continuidades, mas também as discontinuidades ao longo de um fazer científico.

Por fim, somente partir de uma produção historiográfica crítica, a escolha e análise de um conjunto dos materiais (fontes primárias e fontes secundárias) e alinhado com um problema de pesquisa e objetivos a serem alcançados, que o historiador da ciência ou outro pesquisador como, por exemplo, um professor de ciências, poderá tentar compreender/construir esse “passado científico” e, em seguida, produzir uma narrativa sobre ele: o seu estudo histórico (historiográfico).

2.2 A TEORIA DA ATIVIDADE CULTURAL-HISTÓRICA

Algumas pesquisas apontam que ainda existe a necessidade (tanto para professores em formação quanto para alunos em diferentes níveis de ensino da educação básica) de uma discussão da concepção de atividade científica como essencialmente também uma atividade humana (GIL-PÉREZ *et al.*, 2011; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; SILVA *et al.*, 2017).

Em geral, os autores citados acima defendem a importância por causa dos seguintes aspectos:

a) A compreensão da ciência como uma atividade humana, historicamente construída, imersa no contexto cultural de cada época e de cada povo, e não como uma construção puramente racional, desenvolvida por um suposto “método científico” único e universal a partir apenas de observações, experimentos, deduções e induções logicamente fundados.

b) Entender a ciência se desenvolvendo em um contexto cultural de relações humanas, dilemas profissionais e necessidades econômicas revela uma ciência parcial e falível, contestável, influenciada também por fatores extracientíficos.

c) Conhecer sobre as ciências e não apenas os conteúdos científicos, mas também alguns de seus pressupostos e limites de validade permitem criticar o dogmatismo geralmente presente no ensino de ciências, além de promover o pensamento reflexivo e crítico.

d) Possibilitar certo conhecimento metodológico como um antídoto à interpretação empírico-indutivista da ciência permite refletir sobre as relações e diferenças entre observação e hipóteses, leis e explicações e, principalmente, resultados experimentais e explicação teórica.

Nesse sentido é imprescindível compreender também o caráter social do desenvolvimento científico como, por exemplo,

o trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana - não tem lugar à margem da sociedade em que vivem mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, sem que isto faça supor que se caia num relativismo ingênuo incapaz de explicar os êxitos do desenvolvimento científico-tecnológico (GIL-PÉREZ et al., 2011, p. 137).

Para a discussão e reflexão dessa compreensão (atividade científica é também em sua essência uma atividade humana), propomos utilizar como referencial teórico a Teoria da Atividade Cultural-Histórica, relacionada com aspectos da História e Filosofia da Ciência (por meio da construção histórica do episódio – Eclipse Solar de 1919), para promover uma problematização e possibilitar reflexões *sobre* ciência e ensino apresentando subsídios à luz da Teoria da Atividade e meios de condução desses subsídios.

A Teoria da Atividade tem como base os trabalhos desenvolvidos por Vigotski, onde o psicólogo, “no começo do século XX, trabalhou na construção de uma psicologia sócio-cultural-histórica, buscando nos métodos de Marx o caminho para o entendimento da mente humana nas suas condições reais de existência” (CAMILLO e MATTOS, 2014, p.

213). Porém, diversos trabalhos posteriores ampliaram a perspectiva vigotskiana como, por exemplo, os estudos e pesquisas desenvolvidas por Leontiev e Engeström.

Para Leontiev (1960), os motivos e interesses humanos não são dados *a priori* desde o nascimento, mas são históricos e sociais, ou seja, são desenvolvidos nas crianças pela sociedade, a partir das condições de vida e educação. Nesse sentido, concordamos com os autores Eidt e Duarte (2007), quando se trata em adquirir algumas considerações sobre a atividade de ensino na escola os interesses dos alunos não devem ser entendidos como algo natural e imutável, ao contrário, eles podem ser modificados e novas necessidades podem ser criadas ao longo do processo de escolarização (EDIT e DUARTE, 2007, p. 58-59).

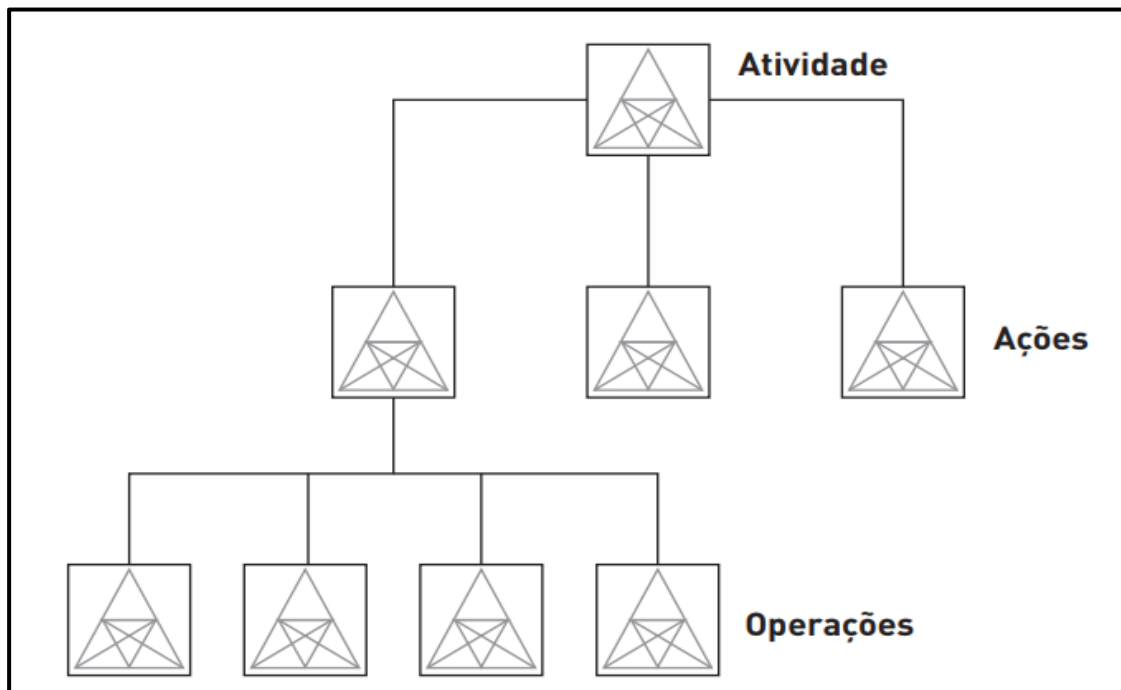
Assim, a Teoria da Atividade nos oferece diversas potencialidades quando pensamos em um contexto educacional de um modo geral e mais especificamente para um ensino de ciências, onde se busca problematizar os aspectos teóricos com suas relações nos aspectos humanos, históricos, sociais, culturais e entre outros como, por exemplo,

- O estudo da mente humana em seus contextos culturais e históricos.
- Um sistema conceitual geral com os seguintes princípios básicos: atividade com estrutura hierárquica, orientada a objetos, processo de internalização/externalização, mediação por ferramentas e desenvolvimento/aprendizagem.
- Abordagens teóricas que colocam a atividade e a cultura no centro das tentativas de entender a natureza humana.
- Uma psicologia que se concentra não no indivíduo, mas na interação entre ele, os sistemas de artefatos e outros indivíduos em desenvolvimento.
- Uma abordagem não dualista para a compreensão e transformação da vida humana que toma a atividade humana dialética como sua ontologia (CAMILLO e MATTOS, 2014, p. 214).

De acordo com Leontiev (2004), conforme citado por Camillo e Mattos (2014, p. 2017) a atividade humana (Ver Figura 3) é constituída por ações e operações que em diferentes níveis coordenam-se para gerar um nível superior na hierarquia. As operações

(relacionadas às condições instrumentais), quando coordenadas, geram ações (com fins específicos) e estas, quando coordenadas, compõem a atividade (com seu motivo).

Figura 3 – Estrutura de uma atividade humana



Fonte: Camillo e Mattos (2014).

Porém, ainda segundo Camillo e Mattos (2014), apesar de a atividade ser composta na coordenação de ações e operações, é ela que determina e é determinada pelo contexto para que a coordenação possa acontecer, ou seja, a estrutura da atividade humana não se dá por meio de uma simples lógica causal.

Nesse sentido e relacionando com a História da Ciência, a Teoria da Atividade contribui para uma compreensão histórica da própria História das Atividades, ou seja, uma atividade científica relaciona-se com outras atividades de diferentes períodos e meios, sendo objetivadas ou geradas por um ou mais motivos que por sua vez tem uma natureza contraditória e problemática. Assim, à luz da própria Teoria da Atividade por meio do modelo de estrutura de uma atividade humana, uma atividade científica em sua gênese é regida por operações que possuem suas condições, instrumentos e regras e suas ações com objetivos e fins específicos (CAMILLO; MATTOS, 2014; CAMILLO; MATTOS, 2019a).

Dessa forma, acreditamos que pode ser pensada parte dos meios de condições dos subsídios para o ensino de ciências de acordo com o modelo de atividade humana desenvolvido por Leontiev.

2.3 AS RELAÇÕES ENTRE TEORIA DA ATIVIDADE COM A RELEITURA DE EPISÓDIOS HISTÓRICOS DA CIÊNCIA

A possibilidade de interpretar a atividade científica a partir das relações entre operações e ações não esgota todas as potencialidades da Teoria da Atividade acerca da atividade científica, ou seja, outros elementos da referida teoria podem ser relacionados com as ciências como, por exemplo, a atividade orientada ao objeto e intencionalidade, multipolaridade, historicidade, contradição e problema. Esses elementos teóricos serão apresentados nesta seção para serem articulados com a releitura do episódio histórico do eclipse solar de 1919 no próximo capítulo.

Quando se trata de ações tanto individuais quanto grupais, ambas são dirigidas a metas, ou seja, um sistema de atividade coletivo,

(...) mediado por artefatos e orientado para um objeto, é visto em relação a uma rede de outros sistemas de atividade e é tomado como uma unidade principal de análise (ENGESTRÖM, 2013, p. 76).

Dessa forma e segundo Camillo (2015), a ferramenta humana e por consequência a atividade humana, é o veículo de certo modo de ação, que foi desenvolvido numa atividade orientada ao objeto.

Sobre a multipolaridade do sistema de atividades, a mesma está relacionada com “um sistema de atividades que é sempre uma comunidade com múltiplos pontos de vista, tradições e interesses” (ENGESTRÖM, 2013, p. 77).

Segundo Engeström (2013), a historicidade está vinculada com os sistemas de atividades que tomam forma e se transformam durante longos períodos de tempo. Seus problemas e potencialidades só podem ser compreendidos por meio de sua própria história.

As contradições à luz da Teoria da Atividade podem ser relacionadas com momentos fundamentais da história, porque, são os motores do desenvolvimento histórico, ou seja,

O desenvolvimento histórico se dá pela superação de contradições e pelo surgimento de novas contradições que necessitam ser superadas e que existem objetivamente e não estão somente presentes no pensamento daquele que investiga. Compreender o movimento histórico é compreender o desenvolvimento das contradições (CAMILLO, 2015, p. 70-71).

Segundo Camillo (2015), podemos pensar a dimensão de problema para além da dimensão epistemológica, isso não significa ignorar essa perspectiva, mas, considerar a mediação, por meio da ação humana, ou seja, a

(...) ação humana é capaz de operar generalizações tanto no plano subjetivo quanto no plano objetivo: a subjetividade humana torna-se mais rica à medida que opera transformações e a realidade transforma-se continuamente incorporando aquilo que o mundo passa a ser após as transformações operadas pelas atividades humanas. Assim, não há separação entre sujeito e objeto e a mediação não é um elo intermediário que conecta sujeito e objeto, mas é uma relação constitutiva de ambos, de sujeito e objeto, ou seja, constitutiva da realidade humana (CAMILLO, 2015, p. 124).

Dessa forma e pensando em uma Educação Científica e Tecnológica mais humana, através de uma releitura histórica tendo como objeto o Eclipse Solar de 1919 e articulações teóricas com a Teoria da Atividade, buscamos a superação dos modelos cognitivistas e individualistas acerca do conhecimento e do desenvolvimento humano e uma superação por meio de uma perspectiva que não considere o conhecimento como uma cópia de uma realidade fixa (CAMILLO; MATTOS, 2019b)

Por meio dessas considerações acerca de alguns dos elementos da Teoria da Atividade podemos fazer articulações com releituras históricas. No próximo capítulo, iremos articular com o episódio do Eclipse Solar de 1919 alguns elementos históricos da Teoria da Relatividade Geral, apresentando algumas contradições e problemas no que se relaciona com a concepção de Gravidade e as articulações das atividades da observação, registro e análise do eclipse total do Sol em Sobral.

REFERÊNCIAS

BELTRAN, M. H. R.; SAITO, F.; TRINDADE, L. D. P. **História da Ciência para formação de professores**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2014.

CAMILLO, J. **Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em ciências**. 2015. 229 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CAMILLO, J.; MATTOS, C. R. Educação em ciências e a teoria da atividade sócio-cultural-histórica: contribuições para a reflexão sobre tensões na prática educativa. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 1, p. 211, 2014.

CAMILLO, J.; MATTOS, C.R.. Ensaio sobre as relações entre Educação, Ciência e Sociedade a partir da perspectiva do desenvolvimento humano. **Linhas Críticas**, v. 25, p. 94-123, 2019a.

CAMILLO, J. MATTOS, C. R. Notas sobre a expansão da teoria da atividade na educação em ciências no Brasil. **Revista Brasileira da Pesquisa Sócio-Histórico-Cultural e da Atividade**, v. 1, n. 2, p. 26-26, 2019b.

EIDT, N.; DUARTE, N. Contribuições da teoria da atividade para o debate sobre a natureza da atividade de ensino escolar. **Psicologia da Educação**, n. 24, p. 51-72, 2007.

ENGESTRÖM, Y. Aprendizagem expansiva no trabalho: em direção a uma reconceitualização da teoria da atividade. In: SIMONELLI, A.P.; RODRIGUES, D.S. (orgs). **Saúde e trabalho em debate. Velhas questões, Novas perspectivas**. Brasília: Paralelo 15, p. 71-104, 2013.

FORATO. T. C. M.; PIETROCOLOA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

GIL-PÉREZ, D.; MONTORO, I. F.; ALÍS, J. C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

KUHN, T. S. **A tensão essencial: estudos selecionados sobre tradição e mudança científica**. São Paulo: UNESP, 2011.

LEONTIEV, A. N. “Las necesidades y los motivos de la actividad”. In: **Psicologia**. México, Grijalbo, 1960.

MARTINS, L. A. C. P. História da ciência: objetos, métodos e problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, 2005.

MARTINS, L. A. C. P. Pasteur e a geração espontânea: uma história equivocada. **Filosofia e História da Biologia**, v. 4, n. 1, p. 65-100, 2009.

MARTINS, R. A. Ciência *versus* historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre História da Ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. (Orgs.). **Escrevendo a História da Ciência: tendências, propostas e discussões historiográficas**. São Paulo. EDUC/Livraria Editora da Física/FAPESP, 229 p., p. 115-145, 2004.

MARTINS, R. A. Introdução: história da ciência e seu uso na educação. In: Silva, C. C. (Org.). **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006a.

MARTINS, R. A. A maçã de Newton: história, lendas e tolices. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino**. São Paulo: Editora Livraria da Física, p. 167-189, 2006b.

OLIVEIRA, R. A.; SILVA, A. P. B. História da ciência e ensino de física: uma análise meta-historiográfica. In: PEDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Orgs.). **Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino**. Natal: EDUFRN, p. 41-64, 2012.

SILVA, C. C.; PIMENTEL, A. C. Uma análise da história da eletricidade presente em livros didáticos: o caso de Benjamin Franklin. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 141-159, 2008.

SILVA, M. L. S.; et al. Natureza da Ciência no ensino fundamental: Por que não?. **Experiências em Ensino de Ciências**, v.12, n. 3, p. 1-30, 2017.

VIDEIRA, A. A. P. **Historiografia e história da ciência**. Escritos. Fundação Casa de Rui Barbosa, (1), p. 111–158, 2007.

Capítulo 3

UMA RELEITURA HISTÓRICA: O ECLIPSE SOLAR TOTAL DE 1919

3. UMA RELEITURA HISTÓRICA: O ECLIPSE SOLAR TOTAL DE 1919

“O problema concebido pelo meu cérebro foi resolvido pelo céu luminoso do Brasil”.

Albert Einstein, em entrevista a Assis Chateaubriand, no O Jornal, em 1925.

Neste capítulo, desenvolvemos uma releitura histórica sobre o Eclipse Solar Total de 1919 observado no estado do Ceará (CE) no município de Sobral. A observação e o registro do fenômeno foram utilizados como uma corroboração empírica do desvio da luz pela presença de um campo gravitacional intenso (Efeito Einstein), uma das bases da Teoria da Relatividade Geral (TRG) proposta por Albert Einstein (1879-1955) no ano de 1916. Mas, *o que é necessário para que a “luz se curve”?*

A partir de reflexões acerca da questão acima, acreditamos ser necessário compreender que a Física e atividade científica deve ser contextualizada por meio das práticas humana, ou seja, em um contexto teórico-científico (que nesse caso será relacionado com a TRG) com o contexto sócio, cultural e histórico (por meio da releitura histórica do episódio – Eclipse Solar de 1919).

Alguns dos elementos da Teoria da Atividade podem ser observados na releitura histórica deste capítulo, com a contribuição da História da Ciência podemos fazer articulações do modo que o referencial teórico se integre com o episódio do eclipse solar de 1919.

Relacionado com a atividade orientada ao objeto, os trechos que discutem sobre a Teoria (nesse caso a Teoria da Relatividade Geral) ser construída a partir de dados (como, por exemplo, matemáticos) para fomentar a própria Teoria da Relatividade Geral, isso fez com que os astrônomos tivessem suas atividades orientadas e mediadas por artefatos.

Quando forem discutidas sobre as três expedições astronômicas (Britânica, Americana e Brasileira), que foram até Sobral observar o Eclipse Solar, ressaltamos que as mesmas tinham objetivos diferentes, tradições e interesses específicos. Dessa forma, pode evidenciar a multipolaridade do sistema de atividades.

Sobre historicidade e as mudanças ao longo do tempo discutir gravitação newtoniana e/ou gravitação einsteiniana podem ser compreendidos por meio de sua própria história, seus problemas, contradições e potencialidades.

Por meio de materiais como, por exemplo, trabalhos acadêmicos, livros e jornais da época relacionados à temática nossa caminhada iniciou trazendo discussões sobre a TRG e os aspectos/resultados da teoria que estão relacionados com o desvio da luz pela presença de um campo gravitacional intenso. Em seguida, discutimos as necessidades de uma corroboração desse efeito por meio de um eclipse total do Sol e as especificidades encontradas no Brasil para a realização de uma expedição astronômica. Sobre a expedição dirigida ao Brasil, abordamos o aspecto organizacional da mesma através das atividades desenvolvidas pelos participantes e o contexto da época. Por fim, problematizamos sobre os acontecimentos pós-observação do fenômeno natural e as consequências do mesmo no campo científico e social.

3.1 ASPECTOS DA TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL: DO PONTO DE VISTA DA CIÊNCIA E ALGUNS DOS SEUS RESULTADOS

Partimos como início dessa história⁷ através da relação entre a Teoria da Relatividade Geral (TRG) com a Teoria da Relatividade Especial (TRE), a qual a última teoria em linhas gerais ao tratar o tempo como uma coordenada introduz a noção de espaço-tempo. E, a TRG tem como objetivo estudar a geometria deste espaço-tempo. Dessa forma, é incluída como parte da teoria a descrição da gravitação que nesse contexto assumiu um papel diferente da gravitação newtoniana⁸, ou seja, mecânica e gravitação assumem o papel

⁷ Cabe destacar que existem aspectos da Teoria da Relatividade Geral que não serão trabalhados nesse trabalho como, por exemplo, o comportamento de relógios e réguas em um corpo de referência em rotação, o contínuo euclidiano e o não euclidiano, as coordenadas gaussianas. Focamos em situações e problemas científicos relacionados à construção da ideia de desvio da luz para buscar explicitar essas questões em um contexto teórico-científico e introduzir a discussão sobre o Eclipse Solar de 1919 dentro desse contexto.

⁸ A gravitação newtoniana era uma estrutura independente das leis mecânicas: havia as leis de Newton, e havia a interação gravitacional (MAZON, RUZZI, 2012, p. 35).

de elementos indissociáveis dentro de uma mesma teoria e o espaço-tempo é deformado pela presença de massa.

Durante um período de poucos meses, em 1905, Einstein construiu e publicou uma sequência de trabalhos que transformaram os estudos no campo da Física, como apresenta Ferreira (2017), as principais contribuições para a área foram:

a) a luz se comporta como feixes de energia, tal como partículas de matérias (FERREIRA, 2017, p. 20).

b) as trajetórias conturbadas e caóticas de pólen e poeira que adernam por um prato de água podiam advir do tumulto nas moléculas d'água, que quicam e vibram em contato umas com as outras (FERREIRA, 2017, p. 20).

c) E havia encarado um problema que atormentava físicos fazia quase meio século: o fato de as leis da física parecerem se comportar de maneira distinta a depender do ponto de vista do observador (FERREIRA, 2017, p. 20).

Durante o ano de 1907, já trabalhando em um instituto de patentes em Berna, Einstein recebeu um convite do físico alemão Johanness Stark (1874-1957) para escrever sua explanação “Sobre o princípio da relatividade e suas implicações”. Segundo Ferreira (2017) foi durante esse período que Einstein percebeu que o princípio da Teoria da Relatividade Especial estava incompleto e necessitava de uma reformulação para que sua teoria tivesse uma característica geral.

Essa incompletude estava relacionada com uma incompatibilidade entre a Teoria da Relatividade Especial e a Teoria newtoniana da gravitação e em poucas palavras “(...) no quadro teórico da TRE, o conceito de velocidade é relativo, o que não acontece com o conceito de aceleração. Tal situação faz com que o sistema inercial⁹ ocupe um lugar privilegiado na teoria newtoniana” (VIDEIRA, 2005, p. 84).

⁹ Sistema inercial ou Sistema referencial inercial “é aquele que se movimenta a velocidade constante” (FERREIRA, 2017, p. 23).

Em um dos seus vários experimentos mentais (*gedankenexperimenten*)¹⁰, Einstein tentou um dos seus primeiros passos para redefinir a gravidade e generalizar sua teoria: “*Se uma pessoa está em queda livre, ela não sente o próprio peso*”. Após alguns exercícios mentais, Einstein considera que “(...) o que você sente da gravidade depende totalmente de estar em aceleração ou desaceleração” (FERREIRA, 2017, p. 30).

Segundo Videira (2005), Einstein usou como um de seus pontos de partida uma observação conhecida desde Galileu Galilei (1564-1642), a saber: *no vácuo, todos os corpos caem do mesmo modo, independente de suas naturezas*.

Por que, quando levantamos uma pedra e depois largamos, ela cai por terra?

Geralmente a resposta para essa pergunta é: “*Porque a Terra a atrai*”. Essa concepção é válida com base nos princípios da Mecânica Clássica, porém na Física Moderna e Contemporânea discute essa questão de uma maneira diferente trazendo outra resposta,

A ação da Terra sobre a pedra ocorre de maneira indireta. A Terra cria em sua vizinhança um *campo gravitacional*. Este atua sobre a pedra e ocasiona o movimento de queda. Sabemos pela experiência que a intensidade da ação sobre um corpo diminui quando nos afastamos mais e mais da Terra, de acordo com uma lei bem determinada. Segundo o nosso ponto de vista, isto significa: a lei que rege as propriedades espaciais do *campo gravitacional* deve ser uma lei bem determinada, para representar corretamente a diminuição do efeito da gravitação com a distância ao corpo que exerce a ação. (...) o corpo (por exemplo, a Terra) gera diretamente o campo em sua imediata vizinhança; a intensidade e direção do campo em pontos mais distantes são então determinadas pela lei que rege as propriedades espaciais dos campos gravitacionais (EINSTEIN, 2015, P. 56-57).
Grifo nosso.

Dessa forma, no texto escrito “Sobre o princípio da relatividade e suas implicações”, Einstein incluía uma seção que abordava o que aconteceria caso existisse uma generalização do seu princípio para incluir a gravidade “Com poucas palavras, indicou algumas consequências: a presença da gravidade alteraria a velocidade da luz e faria os relógios correrem mais devagar” (FERREIRA, 2017, p. 31).

¹⁰ Einstein imaginava situações e construções nas quais extrapolava as leis físicas para descobrir o que poderiam causar no mundo real. Na falta de um laboratório de verdade, ele criava jogos cuidadosamente articulados em sua mente, encenando acontecimentos que eram analisados em detalhes (FERREIRA, 2017, p. 22).

No ano de 1908, o matemático alemão Hermann Minkowski (1864-1909) “mostrou (por meio de cálculos matemáticos) que a Teoria da Relatividade Restrita era a geometria de um espaço plano com quatro dimensões: as três dimensões do espaço euclidiano tradicional e uma quarta dimensão representando o Tempo” (SCHENBERG, 1983, p. 11). Partindo também dessa ideia, Einstein (inicialmente Einstein considerava essa ideia uma “erudição supérflua”¹¹) generaliza¹² “o espaço plano de Minkowski por um espaço curvo com quatro dimensões, identificando a sua curvatura com o campo gravitacional” (SCHENBERG, 1983, p. 11).

Com mais tempo para trabalhar, essa generalização tornaria anos depois a Teoria da Relatividade Geral (TRG), publicada por Einstein em 1916 e propôs tornar os sistemas não-inerciais “*equivalentes*” aos sistemas inerciais, ou seja, Einstein buscou a construção de uma teoria física que valesse para todo e qualquer sistema de referência.

Nesse contexto acontecia uma mudança de perspectiva, interpretavam-se os fenômenos por meio das propriedades dos corpos em queda livre. Agora, com o desenvolvimento da TRG, “(...) ela seria um princípio da natureza, denominado por Einstein de Princípio de Equivalência¹³ (PE)” (VIDEIRA, 2005, p. 84).

Sendo um princípio da natureza, o PE deveria ser aplicado à gravitação, apontando para o fato de que as massas dos corpos, que sofrem a ação de um campo gravitacional qualquer, não interfeririam nas equações que determinam os seus movimentos (VIDEIRA, 2005, p. 84).

Conforme Videira (2015), outra mudança está relacionada ao entendimento sobre o conceito de massa, na teoria da gravitação proposta por Isaac Newton (1643-1727), a

¹¹ Matematicamente, as novas previsões de Einstein com objetivo de generalização da teoria da relatividade apresentava problemas. Nesse sentido, Einstein tinha desdém pela matemática, e gracejava: “Desde que os matemáticos se lançaram sobre a teoria da relatividade, eu mesmo não a entendo mais” (FERREIRA, 2017, p. 33).

¹² Em 1911, quando reviu as ideias que havia anotado em sua explanação, Einstein percebeu que a matemática poderia ajudar a leva-las ainda mais longe (FERREIRA, 2017, p. 33).

¹³ “Equivalência” porque a vida em um laboratório em queda livre era equivalente à vida sem gravidade (WILL, 1996, p. 28).

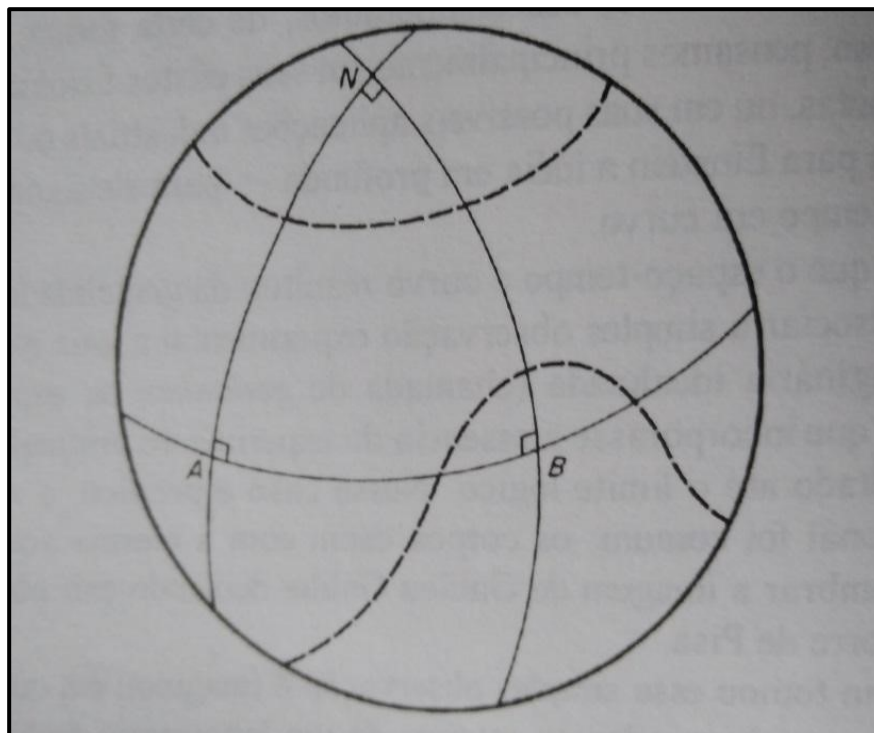
massa gravitacional, é responsável pela presença da força da gravidade, e a massa inercial representa a reação de um corpo a uma força qualquer. Com o advento da TRG,

Desde Newton, saber-se que essas duas massas são iguais, o que faz com que as trajetórias dos corpos, sob a ação da força gravitacional (...), sejam independentes de suas massas. Essa constatação, já empregada por Newton, ganhou um outro estatuto nas mãos de Einstein, (...) os corpos, que se encontram sob a ação de um campo gravitacional, têm suas trajetórias diretamente determinadas pela massa responsável pelo campo (VIDEIRA, 2005, p. 84).

Com essa consideração, tendo com base o PE proposto por Einstein considera-se que o espaço-tempo era curvo. Até então, o espaço era descrito pelos postulados de Euclides, onde o espaço é plano, ou seja, com as considerações do espaço-tempo curvo, “Uma trajetória, que em uma geometria plana seria retilínea, na teoria de Einstein passou a ser uma *geodésica do espaço*, tornado curvo devido à presença de corpos maciços” (VIDEIRA, 2005, p. 84 *grifo nosso*).

Alguns tipos de espaços curvos (Ver Figura 4) podem ser compreendidos. Utiliza-se para isso o exemplo da superfície de uma esfera de acordo com a figura abaixo:

Figura 4 – Curvas sobre uma esfera.



Fonte: WILL, 1996, p. 28.

A Figura 4 “viola os postulados de Euclides, pois na superfície de uma esfera as linhas retas são ‘círculos máximos’. As linhas de longitude e o equador são exemplos de círculos máximos. Tais linhas são chamadas de geodésicas¹⁴ em qualquer espaço-curvo” (WILL, 1996, p. 29).

Conforme Videira (2005), com o desenrolar desses problemas, questões e considerações, Einstein desde então buscava extrair dessas consequências possibilidades de serem submetidas ao crivo da experiência. Pois, teoricamente Einstein estava convencido de que a nova teoria (TRG) implicaria dois efeitos físicos:

I) Os relógios funcionariam mais lentamente nas proximidades de um campo gravitacional e ocorreria uma mudança das frequências em que um átomo emite radiação nas mesmas circunstâncias.

II) O caráter curvo do espaço-tempo, sendo a luz desviada por percorrer essa trajetória no espaço.

Dessa forma, essas questões relacionadas às necessidades de uma atividade experimental, em relação ao caráter curvo do espaço-tempo que desviaria a trajetória da luz, serão exploradas nas próximas seções.

3.2 POR QUE SE PRECISOU DE UM ECLIPSE TOTAL DO SOL? E, NO BRASIL?

Torna-se importante destacar que a ideia de “desvio da luz” teve sua origem bem antes dos trabalhos desenvolvidos por Einstein. Alguns autores como, por exemplo, Zylbersztajn (1989), Will (1996) e Mourão (1993), fazem referência a John Michell (1724-1793) como a primeira pessoa a considerar o possível efeito da gravidade sobre a luz, no ano de 1783. Nesse período do século XVIII, a hipótese sobre a luz então aceita era que a mesma constituía-se de partículas ou “corpúsculos”.

¹⁴ Geodésicas são “na verdade qualquer curva formada pela interseção de um plano que passe pelo centro de uma esfera com sua superfície. As curvas pontilhadas não são geodésicas” (WILL, 1996, p. 28).

Anos depois outros estudiosos também chegavam a considerações semelhantes,

Estimulado pelas especulações do físico e matemático francês Pierre Simon de Laplace (1749-1827), de que a gravidade atrai a luz, o astrônomo alemão Johann Georg Von Soldner (1776-1833) questionou se a gravidade não encurvaria a trajetória de um feixe luminoso que tangenciasse o sol. Tal ideia foi sugerida por Soldner mais de um século antes de Einstein (MOURÃO, 1993, p. 99).

O astrônomo alemão Soldner, em 1801 estimou um desvio da luz em 0,875 segundos de arco. Por motivos instrumentais da época e a crescente supremacia da teoria ondulatória da luz, o trabalho publicado por Soldner em 1803, foi esquecido (MOURÃO, 1993, p. 99-100).

Mais de um século depois, no ano de 1911, Einstein encarou seu princípio da relatividade e voltou a pensar na luz. Com base em outro experimento mental, Einstein fez o seguinte tensionamento,

Imagine que você esteja dentro de uma espaçonave em movimento, longe de planetas e de estrelas. Agora imagine que o raio de luz de uma estrela distante entra por uma janelinha exatamente à sua direita, atravessa o interior da nave e sai pela janela à sua esquerda. Se a nave estiver parada e a luz atingir a janela em linha perpendicular perfeita, vai sair pela janela exatamente a sua esquerda (FERREIRA, 2017, p.34).

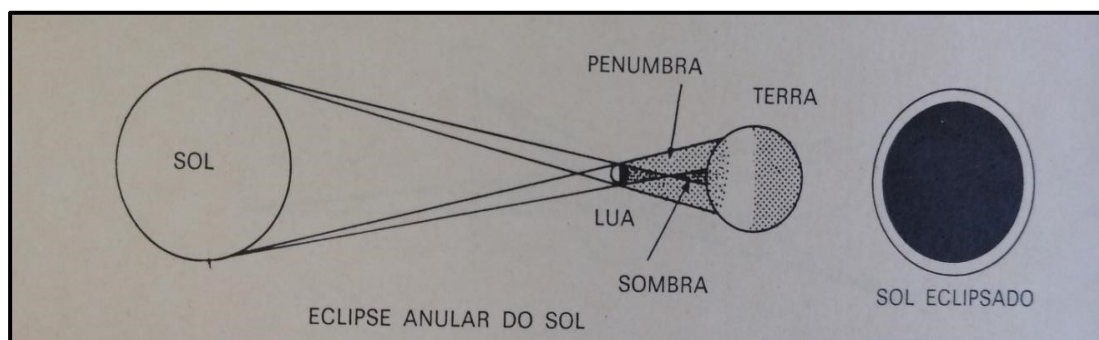
Einstein com base na situação acima continua imaginando,

Entretanto, caso a nave esteja em movimento a uma velocidade alta e constante no momento que o raio de luz entrar, quando a luz atingir o outro lado a nave terá se deslocado, e o raio sairá por uma janela mais atrás. Do seu ponto de vista, o raio de luz entra por um ângulo e encurta o caminho numa linha reta. Se a nave estiver *acelerando*, a aparência será totalmente outra: o raio de luz vai fazer uma *curva* na nave e sair mais atrás (FERREIRA, 2017, p.34).

Ou seja, Einstein percebia que a gravidade deformaria o espaço-tempo causando um desvio na trajetória da luz, tal como uma lente. Porém, “A melhor maneira de comprovar a existência desse desvio, segundo Einstein, seria observá-lo durante um eclipse total do sol” (MOURÃO, 1993, p. 100).

A figura abaixo (Ver Figura 5) mostra como ocorre um eclipse total do sol¹⁵ e como deve ser a organização do planeta (nesse caso a Terra) e os corpos celestes envolvidos (Sol e Lua).

Figura 5 – Representação de um Eclipse Solar Total.



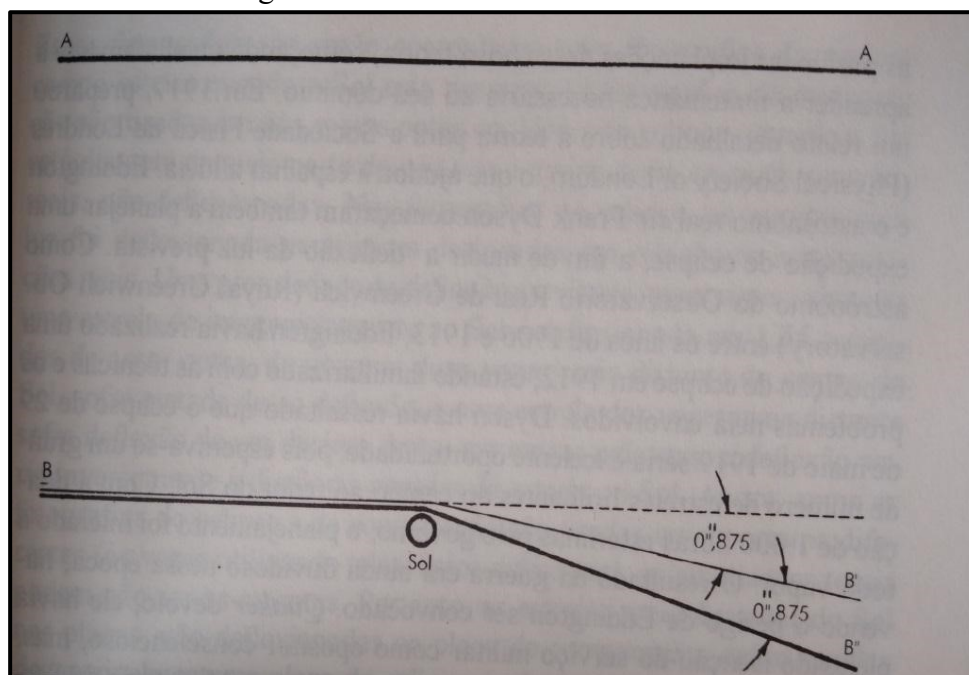
Fonte: Mourão, 1993, p. 194.

De acordo com a teoria proposta por Einstein, “um raio luminoso que passa rente a um corpo celeste é desviado na direção deste; o ângulo de desvio α de um raio luminoso que passa a uma distância de Δ raios solares será de (...)” (EINSTEIN, 2015, p. 104).

$$\alpha = 1,7/ \Delta \text{ segundos de arco.}$$

No desvio apresentado acima e segundo Einstein (2015), acrescenta-se que metade deste desvio, segundo a teoria, dever-se ao campo de atração (newtoniano) do Sol e a outra metade à modificação proposta por Einstein, ou seja, geométrica do espaço (“curvatura”) provocado por um campo gravitacional intenso como, por exemplo, pelo Sol. Conforme a figura abaixo (Ver Figura 6).

¹⁵ Os eclipses do Sol podem ser *centrais* ou *parciais*. Um *eclipse central* ocorre quando o eixo do cone de sombra formado pela Lua se encontra com a Terra. O deslocamento deste ponto de encontro sobre o solo terrestre define a *linha de centralidade* do eclipse. Um eclipse central constitui um *eclipse total* (MOURÃO, 1993, p. 76).

Figura 6 – Deflexão da luz combinada.¹⁶

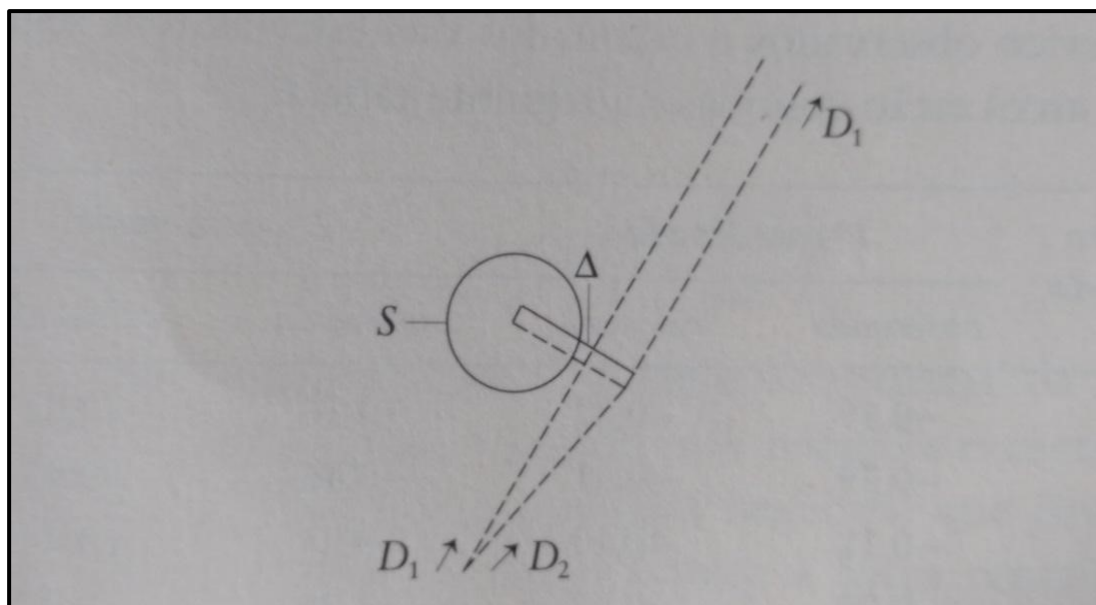
Fonte: Will, 1996, p. 75.

Conforme Einstein (2015) e Videira (2005) era preciso esperar a ocasião de um eclipse solar total, pois em condições normais da Terra nenhuma outra atividade experimental seria possível registrar e analisar o desvio da luz, por apresentar uma intensidade de uma forma muito fraca e também “em qualquer outro momento a atmosfera está fortemente iluminada pela luz solar que as estrelas próximas ao Sol se tornam invisíveis” (EINSTEIN, 2015, p. 104).

A figura abaixo (Ver Figura 7) explicita uma amostra do fenômeno que deve ser esperado.

¹⁶ Sobre a Figura 5 – Linha AA': linha reta distante do Sol. Linha BB': linha “reta” de réguas, tangentes ao Sol, deflexionada em relação à linha distante em 0,875 segundos de arco (de acordo com a relatividade geral). Linha BB'': direção do raio de luz, deflexionada em relação à linha “reta” BB' em 0,875 segundos de arco. Essa parcela vem do princípio de equivalência ou da teoria newtoniana. A deflexão de réguas tangentes em relação a réguas distantes depende do grau de curvatura do espaço, podendo variar de teoria para teoria (WILL, 1996, p. 75).

Figura 7 – Efeito Einstein.



Fonte: Einstein, 2015, p. 105.

Com a “ausência” do Sol,

(...) uma estrela infinitamente distante seria vista na direção D_1 como observada da Terra. Mas, em consequência do desvio da luz provocado pelo Sol, vemos-na na direção D_2 , isto é, a uma separação do centro do Sol um pouco maior do que a separação verdadeira (EINSTEIN, 2015, p. 105).

Mas, como se faz isso tudo na prática, ou seja, durante o eclipse?

Durante um eclipse total do Sol fotografam-se as estrelas na sua vizinhança. Depois faz-se uma segunda fotografia das mesmas estrelas quando o Sol se encontra em outra parte do céu (isto é, alguns meses mais tarde ou mais cedo). As imagens das estrelas fotografadas durante o eclipse total do Sol devem estar desviadas radialmente para fora (afastando-se do centro do Sol), em relação à fotografia de referência, por uma quantidade que corresponde ao ângulo α (EINSTEIN, 2015, p. 105).

Antes de chegar a esse valor (1,7 segundos de arco) de desvio da luz por um campo gravitacional intenso, Einstein determinou que a deflexão de um raio tangente ao Sol deveria ser de 0,875 segundos de arco (mesmo valor estimado por Soldner em 1801), “Um dos motivos da semelhança dos valores encontrados é que, embora grande parte das bases teóricas das deduções fossem completamente distintas, Einstein ainda se utilizava da noção de espaço plano em 1911” (BASILIO, 2018, p. 47-48).

A primeira tentativa de corroborar o efeito Einstein foi com as contribuições de Erwin Freundlich (1885-1964) “(...) apesar dos esforços do astrônomo Erwin Freundlich para montar uma expedição, gerou-se pouco interesse. A expedição Freundlich fracassou e a proposta de Einstein foi esquecida” (WILL, 1996, p. 70).

Outra tentativa fracassada de registro do Efeito Einstein por meio de um eclipse solar total foi durante o ano de 1912 (Ver Figura 8), uma expedição inglesa, da qual participava o jovem astrônomo inglês Arthur S. E. Eddington (1882-1944) esteve na cidade mineira de Passa Quatro para observar o eclipse total de 10 de outubro. Por motivos meteorológicos não foi possível observar nada. Choveu intensamente no dia do eclipse (VIDEIRA, 2015; BARBOZA, 2010; MOURÃO, 1993).

Figura 8 – Astrônomos brasileiros e estrangeiros durante a observação do eclipse.



Fonte: Videira, 2007, p. 121.

No ano de 1914, Erwin Freundlich, organizou outra expedição para ir à Rússia observar o eclipse de 21 de agosto de 1914. No início daquele mês, começou a Primeira Guerra Mundial, os membros da expedição foram confundidos por espões, presos e tiveram os materiais de observação confiscados (MOURÃO, 1993).

Nesse meio tempo, Einstein revendo os seus cálculos, conclui que a deflexão deveria ser 1,7 segundos de arco, o dobro do valor previsto anteriormente, no qual não fora levada em conta a curvatura do espaço-tempo (já explicado anteriormente) (MOURÃO, 1993, p. 100).

Cabe destacar que o valor previsto por Einstein até a tentativa de observação e registro do eclipse na cidade mineira e na Rússia era de 0,875 segundos de arco, ou seja, o fracasso durante essas duas expedições foi “benéfico”, pois com a análise dos registros fotográficos das estrelas durante o eclipse certamente o valor calculado seria outro (1, 7 segundos de arco) e a TRG teria sofrido críticas ou descrédito.

Ainda, conforme Mourão (1993), em 1918, nos EUA, o Observatório de Lick organizou uma expedição para observar o eclipse de 8 de junho. Infelizmente a expedição não obteve sucesso e os resultados não foram conclusivos.

Mesmo diante de tanto fracasso, não houve desânimo na comunidade científica interessada em comprovar as ideias de Einstein sobre a gravitação. Dessa forma, restava esperar o próximo eclipse solar total, o qual estava previsto para o ano seguinte, em 1919.

Dessa vez, entra em cena Henrique Morize (1860-1930), francês naturalizado brasileiro, “autor de um relatório¹⁷ minucioso e enviado a vários observatórios, possíveis candidatos, para o envio de expedições ao Ceará, uma das melhores regiões para observação do eclipse” de 1919 (VIDEIRA, 2005, p. 83). A cidade apresentada no relatório com potencial de observação adequada do fenômeno natural era Sobral, na qual além de ser uma boa região de observações astronômicas, possivelmente na data do eclipse apresentaria condições climáticas adequadas para os registros das chapas fotográficas.

Diante desse cenário, sabe-se que Eddington foi o principal responsável pela decisão dos ingleses organizarem e enviarem duas expedições diferentes para observação

¹⁷ O relatório de Morize foi acolhido, por exemplo, pelo Joint Permanent Eclipse Committee, órgão oficial da Royal Astronomical Society para eclipses. Na época, o astrônomo real era Dyson, (...). Eddington era o secretário geral dessa mesma associação. Além disso, ele era catedrático de astronomia na Universidade de Cambridge (VIDEIRA, 2005, p. 85).

do eclipse solar total de 1919¹⁸. Uma para Sobral, no Brasil, liderada por Charles Davidson e Andrew Crommelin (1865-1939) e a outra para Ilha de Príncipe, na costa ocidental da África, capitaneada pelo próprio Eddington (VIDEIRA, 2005).

O grupo de astrônomos que se dirigiram à Ilha do Príncipe não teve muita sorte, o dia amanheceu chuvoso e durante o eclipse conseguiram registrar apenas duas imagens que serviriam para a análise, com essa quantidade de chapas fotográficas registradas não seria possível fazer as comparações necessárias para verificar o possível desvio da luz pela presença de um campo gravitacional intenso (ZYLBERSZTAJN, 1989).

Por fim, a atividade realizada pela expedição astronômica dirigida a Sobral foi considerada um sucesso para o registro das chapas fotográficas necessárias. Porém, mais detalhes específicos dessa expedição serão apresentados e discutidos na próxima seção.

3.3 COMO SE ORGANIZOU UMA OBSERVAÇÃO DE ECLIPSE NO BRASIL EM 1919? A EXPEDIÇÃO DE SOBRAL

A atividade de observar e registrar o Eclipse Solar de 1919 no Brasil teve como objetivo verificar a existência ou não do desvio da luz por um campo gravitacional intenso, foi regida por várias “operações” que por meio de “instrumentos específicos” e coordenados proporcionaram “ações”, onde essas ações tinham “objetivos específicos” que todos esses objetivos também coordenados faziam parte da “atividade”, ou seja, da expedição de Sobral.

Nessa perspectiva, busca-se uma construção histórica também da expedição dirigida ao Brasil, onde por meio dela apresentaram-se as atividades humanas envolvidas desde a sua organização até o dia 29 de maio de 1919, data que ocorreu o fenômeno natural.

¹⁸ Mas não *tão* simples assim. Os poucos lugares na Terra onde seria possível observar o eclipse total eram remotos e distantes. Num mundo que havia acabado de sair de uma guerra devastadora, os astrônomos teriam que viajar uma longa distância para montar os seus equipamentos (FERREIRA, 2017, p. 48).

Para isso, torna-se importante observar que esse fato científico (desvio da luz por um campo gravitacional intenso) não estava isolado de um contexto social e que as relações sociais também fizeram parte da construção de um conhecimento científico e da atividade científica.

O período histórico vivenciado na época dos preparativos para a expedição dirigida ao Brasil era de constantes tensões e conflitos, pois foi durante a Primeira Guerra Mundial (1914-1918), que desdobramentos e articulações foram realizados para a verificação do Efeito Einstein.

Conforme Videira (2005) e Will (1996), um personagem importante nessa atividade foi Eddington¹⁹, que desde jovem demonstrava interesses no campo da Matemática e Astronomia. E, ao longo de sua carreira acadêmica tornou-se um cientista influente assumindo vários postos importantes no meio acadêmico como, por exemplo, assistente do astrônomo Real, no *Royal Greenwich Observatory*, professor de astronomia da Universidade de Cambridge e foi eleito membro da *Royal Society* de Londres.

Conforme discute Martins (2015) e Will (1996), após ser convocado pelo exército inglês a participar da guerra, Eddington se recusou, alegando “Objeção de Consciência”, juridicamente esse argumento era válido porque Eddington era de uma seita religiosa conhecida como *Quaker*²⁰.

Diante da negação de participar da guerra, Eddington adotou também uma postura que para muitos não era comum na época, a saber:

(...) defendeu que as relações científicas deviam estar acima das divergências políticas, e que os pesquisadores dos diferentes países em conflito deviam continuar a se respeitar e a colaborar entre si. Muitos outros astrônomos, como Herbert Hall Turner, defendiam que as relações científicas com a Alemanha e

¹⁹ Seus primeiros trabalhos importantes, publicados durante a década de 1910, foram a respeito dos movimentos das estrelas na Via Láctea e uma análise teórica da construção das estrelas, calculando seu equilíbrio e determinando a temperatura, densidade e pressão no seu interior (MARTINS, 2015, p. 209).

²⁰ Os membros da seita *Quaker*, enfatizam uma vivência direta do fiel em relação a Cristo, adquirida pela devoção e pela leitura da Bíblia. Os *Quakers* se destacavam por sua posição pacifista (MARTINS, 2015, p. 209).

todos os seus aliados deveriam ser encerradas permanentemente, por causa da guerra (MARTINS, 2015, p. 209).

Mas, foi enquanto secretário da *Royal Astronomical Society* e durante a Primeira Guerra Mundial, que Eddington através do astrônomo holandês²¹ Willem de Sitter (1872-1934), conheceu os trabalhos de Einstein sobre a teoria da relatividade geral (FERREIRA, 2017; MARTINS, 2015).

Com o domínio da matemática e os interesses religiosos em buscar por meio da ciência apresentar um exemplo prático de como os cientistas deviam se comportar, durante as tensões e conflitos da guerra, Eddington começou a estudar e a divulgar a teoria de um físico alemão dentro da Inglaterra (WILL, 1996).

Dessa forma, as primeiras ações de Eddington foram apresentar “uma conferência sobre o assunto no congresso da *British Association for the Advancement of Science* em 1916 e um relatório sobre a teoria para a *Physical Society* em 1918. Foi o primeiro autor de língua inglesa a escrever sobre o assunto” (MARTINS, 2015, p. 210).

Por causas de suas convicções e atitudes tomadas durante esse período, Eddington quase foi preso e só não foi por causa do apoio e da influência de Frank Watson Dyson (1868-1939), que era na época o Astrônomo Real. Segundo Martins (2015) e Will (1996), o argumento dado por Dyson que evitou a prisão de Eddington, foi que matemático e professor de astronomia (Eddington) era indispensável para o planejamento de estudos astronômicos que seriam realizados quando a guerra acabasse. Dentre esses estudos, incluíam as observações e registros do eclipse solar que ocorreria no ano seguinte, em 1919.

Todo esse contexto histórico, social, político e religioso que precedeu a observação do fenômeno natural influenciaram na possibilidade do envio ou não das duas expedições astronômicas (como já apresentado anteriormente, uma para Ilha do Príncipe, na África e outra em Sobral, no Brasil “Ver Seção 4.2”), porque somente quando “A guerra

²¹ A Holanda era um país que havia permanecido neutro e que tinha contato tanto com o bloco alemão quanto com os aliados da França, da Inglaterra e da Rússia (MARTINS, 2015, p. 209-2010).

de fato terminou no final de 1918, (...) rapidamente foram organizadas duas expedições de observação” (MARTINS, 2015, p. 212).

Dessa forma e com base na influência de Dyson junto ao governo inglês, houve a doação de 1000 libras esterlinas pelo governo, o planejamento foi iniciado “a todo vapor” (WILL, 1996; MOURÃO 1993).

No dia 8 de março de 1919, após aproximadamente quatro meses do fim das hostilidades causadas pela Primeira Guerra Mundial, as duas expedições saíram da Inglaterra (VIDEIRA, 2005; WILL, 1996).

A comissão inglesa que veio ao Brasil chegou a Belém do Pará no dia 5 de abril, pelo transatlântico *Anselm*. Após, Crommelin e Davidson serem informados de que nada estava pronto ainda, em Sobral, os cientistas seguiram de navio até Manaus (MOURÃO, 1993).

Como destaca Mourão (1993), após passarem quase um mês na região norte do Brasil, os cientistas regressaram ao estado do Pará e partiram de Belém, no vapor Fortaleza, em direção à cidade de Camocim, município do estado do Ceará, aonde chegaram após uma viagem de cinco dias.

Ao chegarem à cidade de Sobral, Crommelin e Davidson, foram recepcionados pelos dois únicos habitantes que falavam inglês, o norte-americano John Sanford e o engenheiro Leocádio Araújo e por um político da cidade, o qual cedeu sua casa como hospedagem aos membros da comissão inglesa (MOURÃO, 1993). Nessa mesma casa,

(...) já se encontravam instalados os dois membros da comissão norte-americana, o meteorologista Andrew Thomson e o geofísico Daniel Wise, ambos da Carnegie Institution de Washington, cujo objetivo era estudar os efeitos do eclipse no magnetismo terrestre e na eletricidade atmosférica. Essa comissão tinha como intérprete o professor H. de Lima, da cidade de Fortaleza (MOURÃO, 1993, p. 103).

Na época, circulavam várias notícias (Ver Figura 9) no jornal local *Correio da Semana* sobre a atividade que iria ser desenvolvida na cidade de Sobral e para recepcionar os astrônomos foi publicado uma reportagem como, por exemplo, o trecho destacado abaixo:

Figura 9 – Recepção aos astrônomos por meio de uma publicação em jornal.



Fonte: Correio da Semana 10 de maio de 1919.

Também participaram da expedição de Sobral (Ver Figura 10), a comissão brasileira, chefiada pelo astrônomo Henrique Morize, na qual tinha como objetivo o estudo da coroa solar, sua forma e disposição (por Henrique Morize e Alírio de Mattos) e analisar por meio de espectroscopia a constituição da coroa solar (por Domingos Costa e Theophilo Lee) (VIDEIRA, 2005; MOURÃO, 1993).

Figura 10 – Equipe brasileira e britânica, entre outras pessoas.



Fonte: Museu do Eclipse.

Henrique Morize também foi autor de um pedido curioso, feito em jornal, para a população de Sobral, a saber:

(...) durante o eclipse as pessoas deveriam se manter calmas e em silêncio, o que implicava, por exemplo, não soltarem fôgos de artifício, pois estes poderiam atrapalhar a qualidade das chapas fotográficas (VIDERIA, 2005, p. 83).

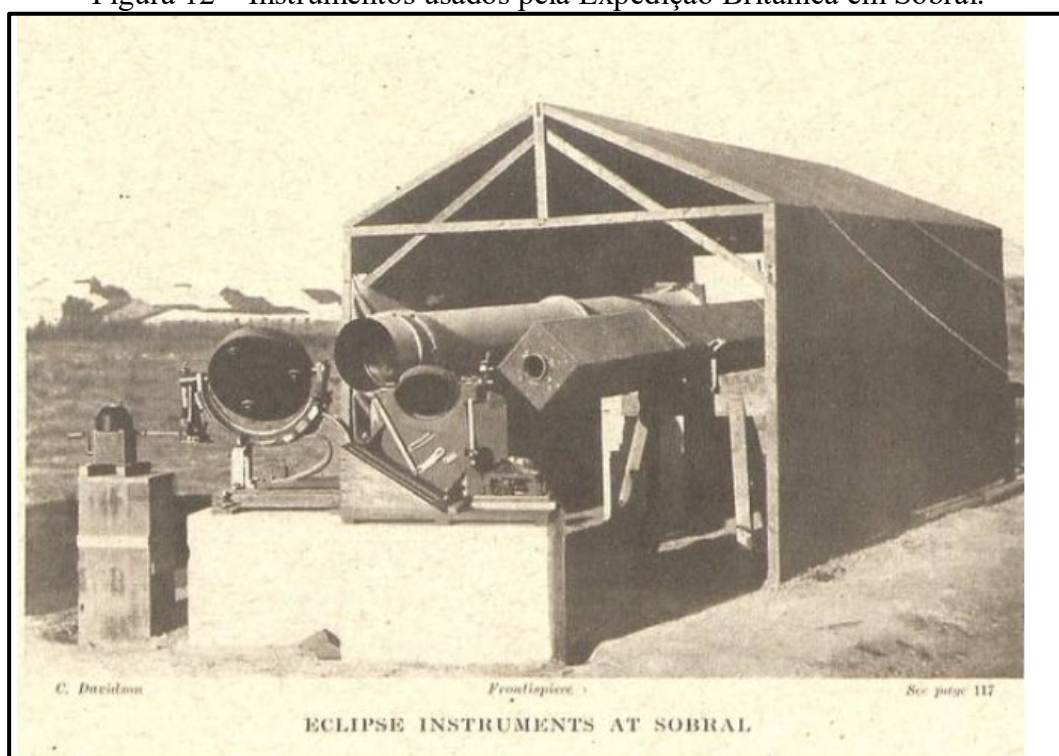
Em 11 de maio de 1919, os brasileiros demarcaram um quadrado de 30 metros no largo do Patrocínio (Ver Figura 11), onde foram instalados os instrumentos (Ver figura 12) para observação do eclipse (MOURÃO, 1993). Essa região, em Sobral, apresentava boas condições para observação do fenômeno, principalmente “uma região muito rica em estrelas brilhantes: o aglomerado aberto estelar das Híades, na constelação de Touro” (MOURÃO, 1993, p. 21).

Figura 11 – Local de Observação – Largo do Patrocínio.



Fonte: Mourão, 1993, p. 199.

Figura 12 – Instrumentos usados pela Expedição Britânica em Sobral.



Fonte: Eddington (1920).

Além dessa importância acerca da localidade, esse eclipse em questão continuava sendo uma boa oportunidade de verificar o efeito Einstein porque foi um dos eclipses totais do Sol mais longo do século XX, e o seu tempo de duração (Ver tabela 4) poderia proporcionar o registro de uma boa quantidade de chapas fotográficas necessárias para as análises posteriores.

Tabela 4 – Os mais longos eclipses totais do sol no século XX.

Data	Duração máxima de totalidade	Região de Visibilidade
18 de Maio de 1901	6 min 29 seg	Sumatra, Bornéu, Nova Guiné.
29 de Maio de 1919	6 min 50 seg	Peru, Brasil, Oceano Atlântico, África Central, Moçambique.
8 de Junho de 1937	7 min 4 seg	Oceano Pacífico e Peru.
20 de Junho de 1955	7 min 8 seg	Ceilão, Tailândia e Filipinas.
30 de junho de 1973	7 min 4 seg	Guiana, Oceano Atlântico, Saara, Sudão, Etiópia e Somália.
11 de Julho de 1991	6 min 54 seg	Oceano Pacífico, Havái, América Central e Brasil.

Fonte: Mourão, 1993, p. 80.

Pouco antes do eclipse, no dia 24 de maio, a capa (Ver Figura 13) do jornal *Correio da Semana* anunciava uma extensa reportagem sobre a expectativa gerada acerca da observação do fenômeno e suas possíveis consequências relacionadas ao meio científico.

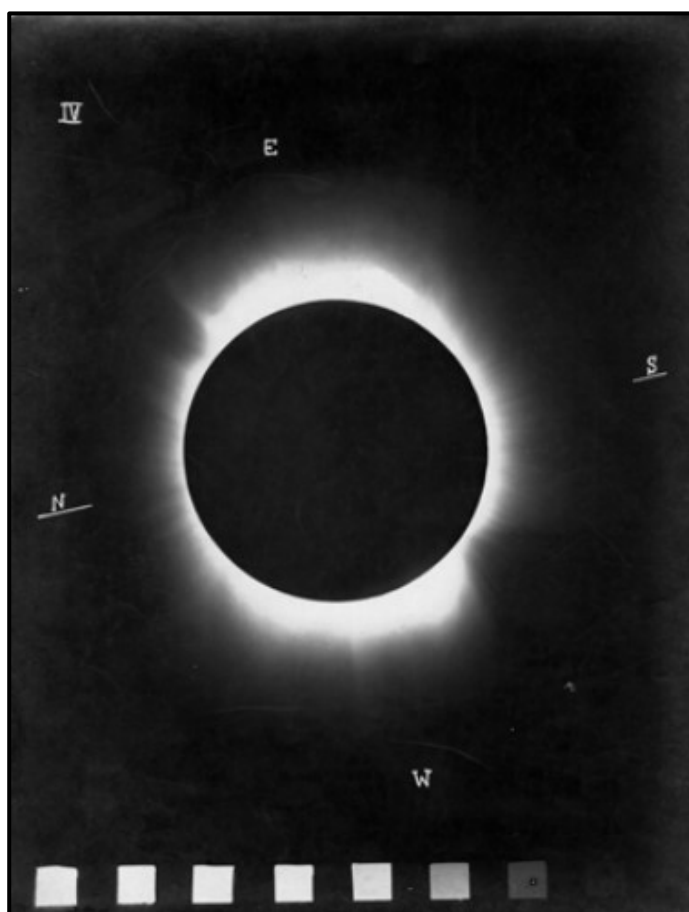
Figura 13 – Expectativa sobre o eclipse total do Sol.



Fonte: Correio da Semana 24 de maio de 1919.

Em 29 de maio, no dia do eclipse, o céu da cidade de Sobral, amanheceu boa parte encoberto, com nuvens do tipo cúmulo. Porém, minutos antes do eclipse estar na sua fase total, ocorreu uma abertura onde se achava parte da região do solar. E, segundo as previsões de Lélío Gama, por volta das 8h 56min seria observado à fase máxima do eclipse, onde nesse instante teve início uma série de fotografias (Ver Figura 14), por parte dos cientistas tanto da comissão brasileira quanto pela inglesa (MOURÃO, 1993).

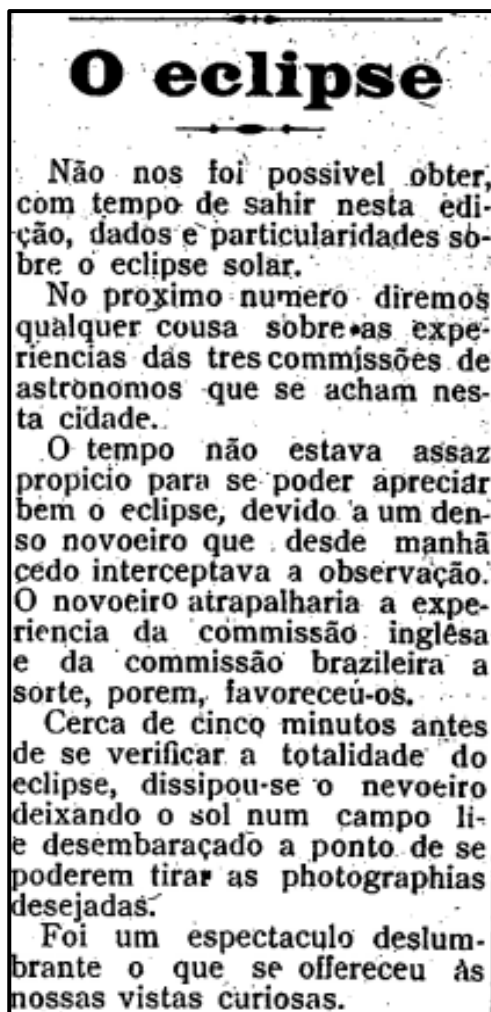
Figura 14 – Imagem do Eclipse Solar de 1919.



Fonte: Observatório Nacional.

A dificuldade climática enfrentada durante os minutos antes da observação e a expectativa acerca dos resultados do eclipse foi tema de uma reportagem (Ver Figura 15) publicada no *Correio da Semana*, no dia 31 de maio de 1919.

Figura 15 – A expectativa em relação aos resultados e sobre o dia do Eclipse.



Fonte: Correio da Semana 31 de maio de 1919.

Segundo Videira (2005) por meio de telegramas eram feitas as comunicações entre Eddington (na África) – *Royal Society* (Inglaterra) – Crommelin (no Brasil). E, segundo Mourão (1993), através de uma dessas comunicações, Crommelin telegrafou: “Eclipse esplêndido”.

Após, um período conturbado de organização das expedições e as demandas logísticas necessárias, foram feitas os registros necessários para a verificação da existência ou não do desvio da luz por um campo gravitacional intenso. Na próxima seção, discute-se sobre os principais acontecimentos históricos após os registros fotográficos.

3.4 E, O QUE SE FAZ COM O QUE SE FEZ NO ECLIPSE?

Após os registros fotográficos, existiram alguns acontecimentos importantes acerca da atividade de observar e registrar o Eclipse Solar de 1919 como, por exemplo, a necessidade de voltar a Sobral para o registro das fotográficas que seriam utilizadas para as comparações, as análises dos materiais por meio da matemática, as divergências/polêmicas acerca das medidas calculadas, o anúncio e repercussão dos resultados das expedições. Esses pontos serão apresentados e discutidos nesta seção.

Como apresentado anteriormente (Ver seção 3.3), houve a necessidade de voltar a Sobral para o registro das fotografias que seriam utilizadas para comparação junto com as fotografias que foram registradas durante o eclipse. Essa atividade possibilitaria a realização dos cálculos matemáticos necessários para verificar o desvio da luz.

Dois dias depois do eclipse, a comissão inglesa dirigiu-se a Fortaleza, voltando a Sobral em meados de julho para obter as fotografias da região do campo estelar ocupado pelo Sol durante o eclipse. Essas fotografias, obtidas em julho, antes do nascer do Sol, foram utilizadas para comparação com as outras, nas quais o Sol estava oculto pela Lua. Nessas fotos, como não havia a presença do Sol, não deveria haver nenhum desvio (MOURÃO, 1993, p. 107).

No dia 7 de junho de 1919, era publicado no *Correio da Semana*, o anúncio da volta dos astrônomos a cidade de Sobral (Ver Figura 16). A volta ocorreu durante o mês de julho, como era previsto na reportagem.

Figura 16 – Anúncio do retorno da expedição inglesa a Sobral.

Para este fim os membros da Comissão inglesa voltarão a Sobral, mais ou menos no meado de Julho para tirarem estas photographias com os instrumentos na mesma posição que estavam durante o eclipse.

Aquellas estrellas apparecerão em fins de Julho QUATRO horas antes do sol e então será possível photographal-as em um céu escuro e na mesma attitude que estavam durante a totalidade.

Este ponto é de grande importancia; é o *pivot* de toda a questão sobre que versam as experiencias feitas neste eclipse.

Devido á delicadeza extraordinaria do problema astronomico em questão, torna-se necessario tomar toda precaução, a fim de afastar, o Quando possível, qualquer erro devido a pequenos defeitos opticos que existem em todos os instrumentos.

Tirando-e as futuras photographias na mesma posição em que foram tiradas durante o eclipse poder-se-á fazer um bello estudo comparativo e chegar-se á uma conclusão satisfatoria.

Fonte: Correio da Semana 7 de junho de 1919.

Para análise das fotografias, o cálculo da medida do efeito previsto por Einstein não foi um processo simples. Em todas as placas analisadas, as estrelas estavam situadas a alguma distância do Sol.

“Para calcular o valor do desvio na borda solar era preciso estimar as distâncias de cada uma das estrelas e de seus raios luminosos ao centro do Sol e aplicar a lei do decrescimento do desvio, dada por $1/r$. Além disso, era preciso tomar cuidado com o deslocamentos ou rotações nas placas e com a aberração²² e a refração” (VIDEIRA, 2005, p. 86).

²² Diferença entre a posição real e a posição aparente da fonte luminosa. Por exemplo, “se a fonte luminosa está parada, mas o observador se move, ele também não observa a direção real da fonte luminosa. (...) É um fenômeno semelhante ao que ocorre quando nos movemos sob a chuva: se a chuva estiver caindo verticalmente, mas estivermos correndo, ela atingirá principalmente nossa parte da frente, como se estivesse caindo inclinada” (MARTINS, 2012, p. 9).

Dessa forma, foram traçadas três hipóteses que eram as possibilidades para a comprovação do efeito Einstein ou não, a saber:

(...) (a) um desvio igual a zero; b) um desvio igual a $0,87''$ e c) um desvio de $1,75''$. O primeiro revelaria que um raio luminoso não é afetado pela gravidade, invalidando a teoria de Einstein; o segundo poderia ser explicado por uma combinação da teoria newtoniana com o princípio da equivalência; e o terceiro resultado, que era o esperado por Eddington, corroborava a teoria da relatividade geral (EINSENSTAEDT; VIDEIRA, 1995, p. 96 *apud* DANIEL, 2011, 219).

Segundo os resultados publicados no trabalho dos astrônomos Dyson, Eddington e Davidson (1920), as principais medidas forneceram os seguintes valores:

Sobral: $1,98 \pm 0,12$ segundos de arco.

Ilha de Príncipe: $1,61 \pm 0,30$ segundos de arco.

Porém, houve polêmicas e divergências em relação ao resultado obtido. Segundo Ferreira (2017), as placas do astrógrafo de Sobral forneceram um valor médio de 0,93 segundos de arco, longe da previsão relativística e muito perto da conclusão newtoniana. Mas por conta do calor, aquelas placas foram deformadas e assim foram desprezadas por Eddington e o valor considerado foi das fotografias registradas pelo telescópio de quatro polegadas (FERREIRA, 2017; MARTINS, 2015).

No dia 6 de Novembro, houve a reunião oficial de anúncio dos resultados obtidos nas expedições astronômicas e o responsável pela condução daquela reunião foi J. J. Thomson (1856-1940), o presidente da *Royal Society*.

Numa série de falas comandadas por Frank Dyson, as medidas tomadas na expedição de observação do eclipse foram expostas a uma plateia de seus pares de maior renome. Assim que o percalço com que se deparou a expedição de Sobral foi explicado, os palestrantes mostraram que as medidas do eclipse confirmavam de maneira espetacular a previsão de Einstein (FERREIRA, 2017, p. 50).

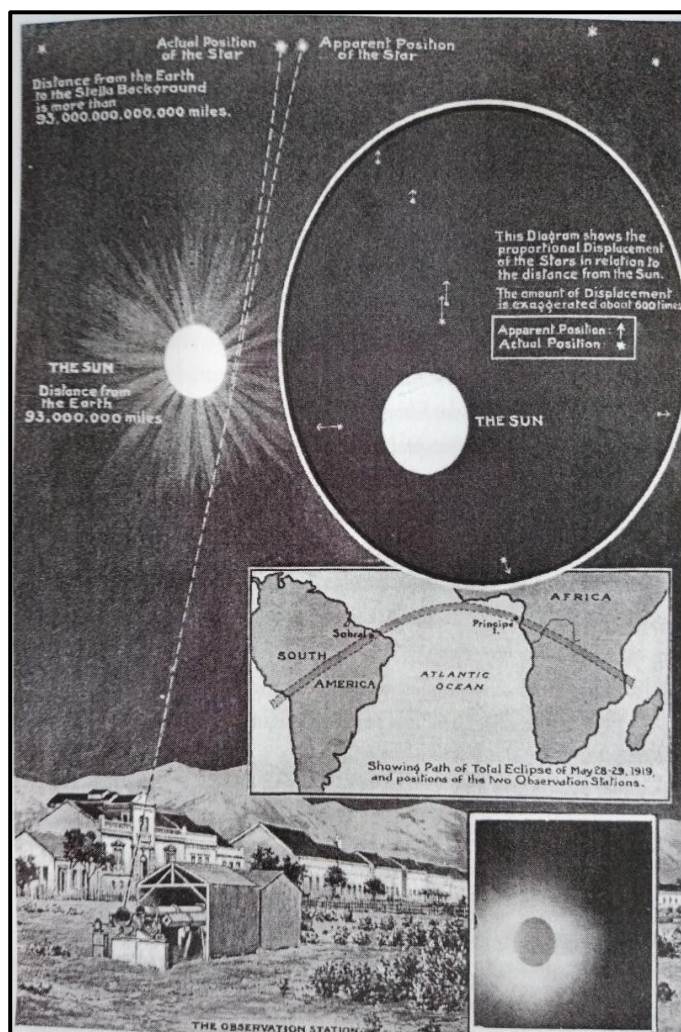
As explicações durante a reunião foram aceitas, principalmente porque “Na época, os astrônomos que estudaram o trabalho consideraram aceitável desprezar os resultados obtidos com o telescópio ‘defeituoso’” (MARTINS, 2015, p. 213). Descrevendo sobre os

dados apresentados, J. J. Thomson, afirma “o resultado mais importante que se obteve em ligação com a teoria da gravitação desde os tempos de Newton” (FERREIRA, 2017, p. 51).

A repercussão da corroboração empírica de uma das bases da Teoria da Relatividade Geral foi imediata, diversos jornais publicaram reportagens sobre essa atividade científica como, por exemplo, o jornal *Times* de Londres publicou no dia 7 de Novembro de 1919: “Revolução na ciência – Nova teoria do universo – Ideias newtonianas derrubadas” (MARTINS, 2015; WILL, 1996; MOURÃO, 1993).

Outro exemplo, e que chama atenção pelo tamanho do destaque (Ver Figura 17), foi publicado no *Illustrated London News*, onde foi apresentada a descrição do eclipse e de seus resultados publicados.

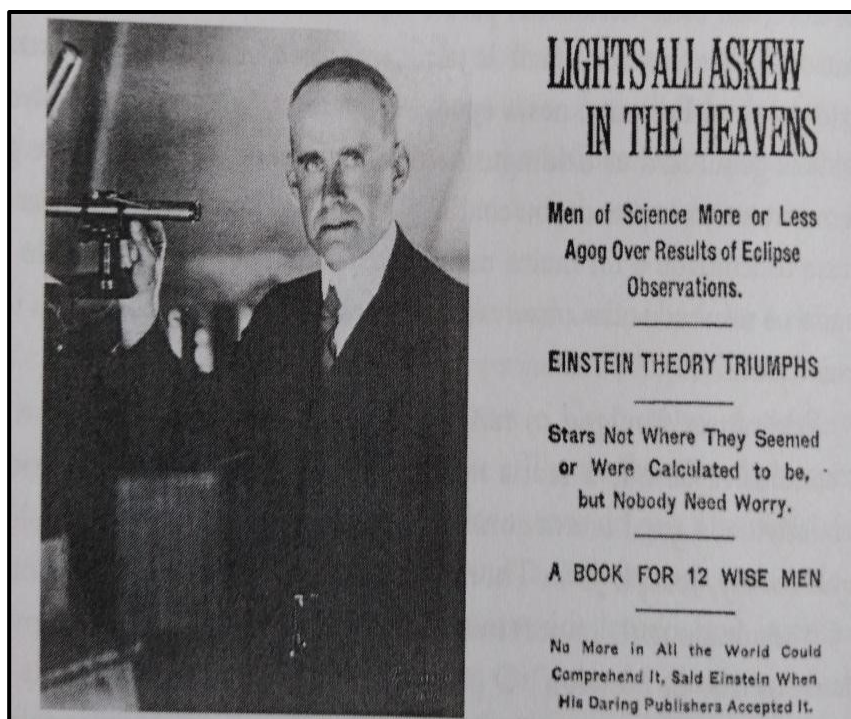
Figura 17 – Sobre o eclipse e os seus resultados.



Fonte: Martins, 2015, p. 211.

No dia 10 de Novembro, outra reportagem, agora uma manchete do *New York Times* (Ver Figura 18). E, por causa de tanta repercussão midiática, o público ficou curioso para conhecer o autor da Teoria da Relatividade Geral e em poucos dias Einstein ganhou reconhecimento mundial.

Figura 18 – Eddington (à esquerda) e manchete do New York Times.



Fonte: Martins, 2015, p. 214.

Mesmo após a comunidade científica de certa forma ter aceitado os resultados apresentados, houve durante outros eclipses – pós-eclipse de 1919 – envio de várias expedições para tentar obter melhores resultados.

“(…) houve três expedições em 1922, uma em 1929, duas em 1936, uma em 1947 e outra em 1952 e uma, mais recente, em 1973. Supreendentemente houve pouca melhora, com medições diferentes dando valores entre três quartos e uma vez e meia a previsão da relatividade geral” (WILL, 1996, p. 79).

Voltando a questão inicial do capítulo, *o que é necessário para que a “luz se curve”?* Por meio da releitura histórica do episódio sobre o Eclipse Solar de 1919, consideramos que questões relacionadas ao contexto da ciência, principalmente as contribuições, inquietações, os embates teóricos e matemáticos enfrentados por Einstein possibilitaram que a compreensão de desvio da luz por um campo gravitacional fosse aceita

e incorporada a Teoria da Relatividade Geral. Porém, diante disso tudo, também consideramos que essa atividade científica não deve ser descontextualizada, por exemplo, compreendida fora de um contexto social, onde de uma forma imbricada com o contexto científico permitiu, por exemplo, a organização, a logística e a viabilização da observação, registro e análise das chapas fotográficas registradas durante o fenômeno natural.

Dessa forma, a releitura histórica sobre o Eclipse Solar de 1919 pode ser relacionada como uma atividade científica que está imbricada por uma miríade de outras atividades humanas que trazem à tona outras questões sociais, políticas, religiosas, econômicas e até mesmo midiáticas e que de certa forma contou com várias “operações” para que gerassem “ações” específicas que quando coordenadas permitiram também alcançar o objetivo da “atividade” científica que era a partir da observação, registro e análises das chapas fotográficas registradas durante e depois do eclipse verificar o desvio da luz por um campo gravitacional intenso.

REFERÊNCIAS

BARBOZA, C. H. M. Ciência e natureza nas expedições astronômicas para o Brasil (1850-1920). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Humanas, v. 1, n. 1, p. 273-294, 2010.

BASILIO, S. G. **A Ideologia em Materiais de Divulgação Científica: Um Estudo da Imagem de Einstein em Discursos sobre as Ondas Gravitacionais**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2018.

DANIEL, G. P. **História da ciência em um curso de licenciatura em Física: a gravitação newtoniana e a gravitação einsteiniana como exemplar**. 2011. 404 f. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica)–Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis, 2011.

DYSON, F.; EDDINGTON, A.; DAVIDSON, C. A determination of the deflection of light by the Sun's gravitational field, from observations made at the Total Eclipse of May 29, 1919. **Philosophical transactions of the Royal Society of london**, v. 220, p. 291-333, 1920.

EDDINGTON, A. S. **Space, Time and Gravitation: an Outline of the General Relativity Theory**. Cambridge University Press, 1920.

EINSTEIN, A. **A teoria da relatividade especial e geral**. Rio de Janeiro: Contraponto Editora, 2015.

FERREIRA, P. G. **A teoria perfeita: uma biografia da relatividade**. São Paulo: Companhia das Letras, 2017.

MARTINS, R. A. **Teoria da relatividade especial**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

MARTINS, R. A. **A origem histórica da relatividade especial**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

MAZON, K. T. **Introdução à Física Moderna**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2012.

MOURÃO, R. R. F. **Os eclipses da superstição a previsão matemática**. Ed. Unisinos, 1993.

SCHENBERG, M. **Albert Einstein: pensamento político e últimas conclusões**. Brasiliense, 1983.

VIDEIRA, A. A. P. Einstein e o Eclipse de 1919. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 83-87, 2005.

VIDEIRA, A. A. P. **História do observatório Nacional: a persistente construção de uma identidade científica**. Rio de Janeiro: Observatório Nacional, 2007.

WILL, C. M. **Einstein estava certo? Colocando a relatividade geral à prova**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1996. 279 p.

ZYLBERSZTAJN, A. A deflexão da luz pela gravidade e o eclipse de 1919. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 6, n. 3, p. 224-233, dez. 1989.

Capítulo 4

**TEORIA DA ATIVIDADE COMO UM
REFERENCIAL PARA SUBSIDIAR A
EDUCAÇÃO CIENTÍFICA**

4. TEORIA DA ATIVIDADE COMO UM REFERENCIAL PARA SUBSIDIAR A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

“A alegria não chega apenas no encontro do achado, mas faz parte do processo da busca. E ensinar e aprender não pode dar-se fora da procura, fora da boniteza e da alegria”.

Paulo Freire.

A ideia do capítulo perpassa por uma materialização dos capítulos anteriores, por meio de uma discussão sobre o referencial teórico, Teoria da Atividade Cultural-Histórica, serão descritos e discutidos possíveis subsídios para professores refletirem sobre questões relacionadas ao ensino à luz da Teoria da Atividade. E por fim, apresentamos os meios de condução desses subsídios que levamos em consideração reflexões *sobre* ciências através das discussões dos capítulos anteriores, principalmente, o capítulo da releitura histórica do estudo sobre o Eclipse Solar de 1919.

4.1 SUBSÍDIOS PARA A EDUCAÇÃO CIENTÍFICA: ALGUMAS REFLEXÕES

A partir de um estudo realizado em trabalhos sobre Teoria da Atividade Cultural-Histórica (SANNINO; ENGSTRÖM, 2018; ENGSTRÖM, 2013; ROTH; LEE, 2007), trabalhos sobre atividades pedagógicas por meio da Teoria da Atividade (EIDT; DUARTE, 2007; ASBAHR, 2005) e trabalhos onde a Teoria da Atividade relaciona-se com a Educação em Ciências (CAMILLO; MATTOS, 2019a; CAMILLO, 2015; CAMILLO; MATTOS, 2014; CAMILLO, 2011) destacamos três subsídios que são necessários ao se pensar em situações reais de ensino.

Dessa forma, esses subsídios buscam criar elementos para que professores, em específico os de ciências da natureza, possam a partir dessa discussão refletir sobre o ensino de acordo com a suas especificidades, necessidades e do contexto em que está inserido.

O primeiro subsídio está relacionado com o entendimento sobre **interações** que à luz da Teoria da Atividade entende-se por: deslocar nossa atenção do indivíduo isolado para o meio social e para as práticas culturais em que está inserido. Ou seja, pensando em situações de ensino e aprendizagem devem ser criadas condições para que aquilo que se busca ensinar faça sentido e desenvolva o interesse por parte dos estudantes em querer compreender o objeto de estudo. As interações podem estar relacionadas com o processo de construção de um conhecimento.

O segundo subsídio, trata-se sobre a **historicidade**, onde a atividade humana não é estática no tempo. Ela evolui e é ao mesmo tempo condicionada (jamais determinada) pelo passado e pelo devir. Inspirada nas questões e problematizações sobre historicidade, as atividades de ensino devem explicitar a sua própria “historicidade” das discussões e de certa forma respeitar as condições históricas atuais, ou seja, estar sensível aos problemas e as questões de um contexto social que podem ser úteis em uma situação de ensino.

Os **artefatos** caracterizam-se como o terceiro tipo de subsídio que por meio da Teoria da atividade são entendidos como instrumentos produzidos culturalmente, carregam consigo marcas das gerações humanas passadas e sua atividade, marcas culturais que remetem as relações existentes quando da produção ou significação. Em uma situação de ensino, os artefatos podem ser compreendidos como, por exemplo, os recursos didáticos e/ou metodológicos que assim como no campo da Teoria da Atividade, os artefatos em situações reais de ensino podem alterar o fluxo e/ou dinâmica de uma atividade. Dessa forma, qualquer meio ou instrumento de ensino com potencial uso em situações escolares requerem: atenção, planejamento e ponderações a respeito de suas potencialidades e condicionantes, por parte do docente.

A partir das considerações sobre interação, historicidade, artefatos articulados com a perspectiva de ciência como atividade humana, exemplificado por meio da releitura histórica sobre o Eclipse Solar de 1919, na próxima seção apresentamos e articulamos uma possibilidade de conduzir os subsídios em uma situação de ensino de ciências.

4.2 MEIOS DE CONDUÇÃO DOS SUBSÍDIOS NO ENSINO *SOBRE* CIÊNCIA

Com base nas discussões até o momento da dissertação realizamos alguns meios de condução dos subsídios para o ensino *sobre* ciência podendo servir de inspiração, por exemplo, para professores de ciências da natureza. Os meios de condução são estruturados pelos subsídios apresentados na seção anterior e pelas discussões presentes na construção histórica do estudo sobre o Eclipse Solar de 1919.

SUBSÍDIOS

1º Elemento:

Discussão prévia sobre ciência e ensino.

Objetivo: Explicitar uma historicidade da temática.

Sugestão de artefato: Artigo científico relacionado ao tema do elemento.

2º Elemento:

Analogia da Garrafa.

Objetivo: Destacar que qualquer artefato altera o fluxo/dinâmica de uma atividade.

Sugestão de artefato: Trecho do filme “*Os Deuses devem estar loucos*”. Os 15 minutos iniciais.

- Sobre o trecho do filme:

- Mostra a diferença entre comunidades distintas, uma comunidade considerada como “civilizada” e a outra uma comunidade de Bosquímanos que vive em um deserto africano. Com atividades diárias diferentes da comunidade “civilizada”, sem regras, leis e horários a cumprir, a comunidade dos Bosquímanos utiliza “artefatos naturais” como, por exemplo, madeiras e ossos para obtenção de água e alimento. Até que uma garrafa – que na comunidade “civilizada” é utilizada como um artefato para armazenar refrigerante – é

jogada de um avião que sobrevoava o deserto e a mesma cai próxima a um dos membros da comunidade (Ver Figura 19). Nesse contexto diferente, a garrafa passa a ter outro objetivo, onde começa a ser utilizada nas atividades diárias da comunidade dos Bosquímanos. Dessa forma, o artefato alterou o fluxo e a dinâmica de toda a comunidade causando um abandono dos “artefatos naturais” e até a discórdia entre os seus membros.

Figura 19 – Trecho do Filme “Os Deuses devem estar loucos”.



Fonte: Os Deuses devem estar loucos (1980).

3º Elemento

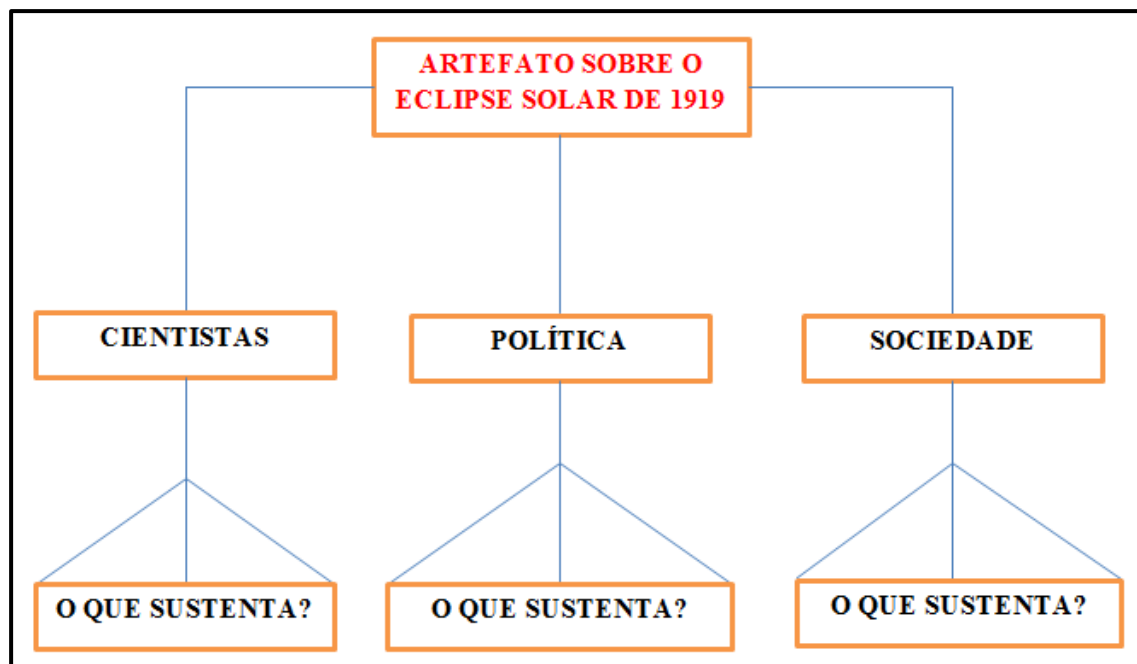
Sobre o Eclipse Solar de 1919.

Objetivo: Discutir sobre as relações entre as atividades humana durante a observação e o registro do Eclipse Solar de 1919 em Sobral (CE).

Sugestão de artefato: Texto síntese da construção do estudo histórico.

Diante disso e de maneira análoga a proposta de Leontiev apresentamos a estrutura do artefato/texto (Ver Figura 20):

Figura 20 – Estrutura do texto sobre o eclipse solar de 1919.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

Onde as operações (o que sustenta?) são os meios instrumentais que coordenados geram ações (dos cientistas, da política e da sociedade) quando coordenados possibilitaram o desenvolvimento e o sucesso da expedição cujo objetivo era observar e registrar o fenômeno natural.

Uma condução inicial desse subsídio pode ser relacionada a um ponto específico que foi destacado na construção história sobre o episódio do Eclipse Solar de 1919, ou seja, o objeto (Eclipse Solar de 1919) estava sendo observado por diversas “facetas”, por exemplo, a expedição inglesa buscava verificar o efeito Einstein, a expedição norte-americana pretendia estudar os efeitos do eclipse no magnetismo terrestre e na eletricidade atmosférica e a expedição brasileira estava interessada em estudar a coroa solar, sua forma e disposição e analisar por meio de espectroscopia a constituição da coroa solar. Dessa forma, um mesmo objeto pode ser observado por diferentes atividades e isso pode gerar tensionamentos sobre a atividade científica ser em sua essência também uma atividade humana.

4º Elemento

Sobre ensino de ciências.

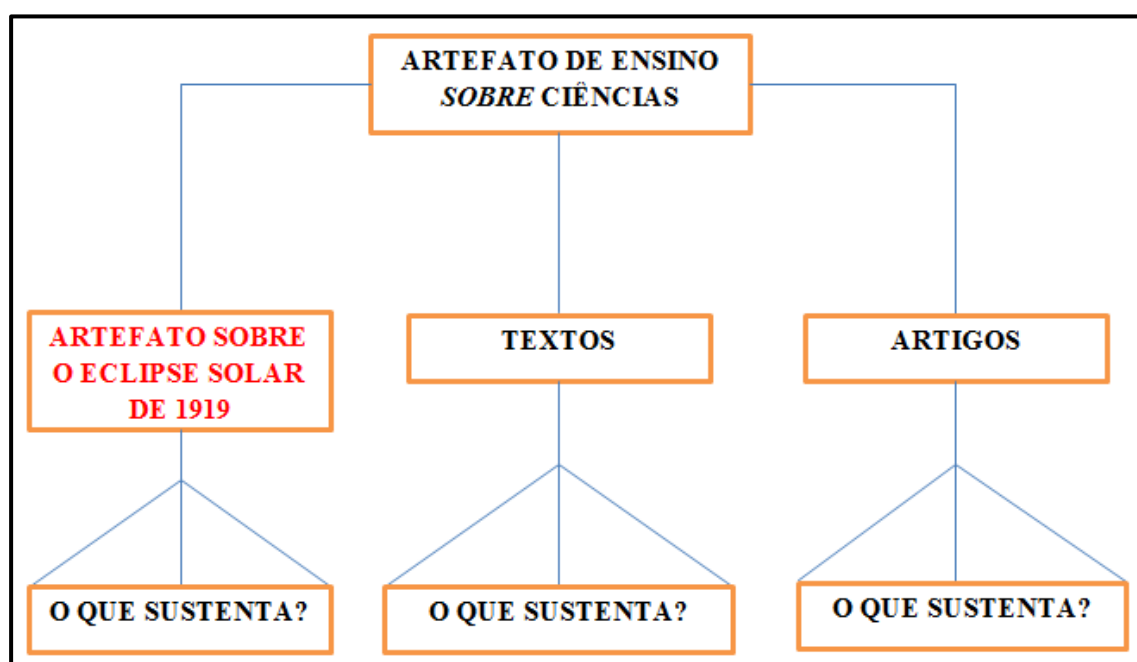
Objetivo: Mostrar como os elementos anteriores se materializam na educação científica.

Sugestões de artefatos: Outros materiais sobre o Eclipse Solar de 1919 como, por exemplo, artigos, jornais ou imagens sobre o fenômeno.

Na Teoria da Atividade, uma atividade humana não acontece de maneira isolada, uma única atividade relaciona-se e coordena-se com diversas outras atividades, porém obtêm novos objetivos e uma atividade se insere em outras atividades por meio das ações que são sustentadas por meios instrumentais específicos (operações) e que quando coordenadas geram outras ações que também coordenadas possibilitam o desenvolvimento de outra atividade.

Dessa forma apresentamos a estrutura do artefato da 4º elemento (Ver Figura 21) e, que servirá para possibilitar discussões e problematizações *sobre* ciências e ensino. Vale destacar que o artefato/texto da 3º elemento pode estar presente em uma das ações desta 4º elemento.

Figura 21 – Estrutura da atividade *sobre* ciências.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor.

De forma específica para esta 4º elemento de ensino pensamos as operações nas possibilidades instrumentais oferecidas e coordenadas pelas ações (o estudo histórico desenvolvido; textos “fontes primárias ‘principalmente jornais da época’” e artigos “fontes secundárias”) para um ensino *sobre* ciências onde esses instrumentos oferecem meios para problematizar e discutir reflexões *sobre* ciências e ensino.

5º Elemento

Discussão e reflexão sobre os meios de condução dos subsídios.

Objetivo: Fazer um levantamento e discutir sobre as potencialidades e os condicionantes dos subsídios para o ensino de ciências.

Sugestão de artefato: Um diálogo coletivo ou um debate.

Perceba que esses subsídios apresentados a partir do que constitui teoricamente as interações, historicidades e artefatos não se tratam de uma “sequência inalterável”, ou seja, os subsídios e os seus meios de condução certamente podem sofrer alterações com base no desenvolvimento e aprofundamento da atividade e suas especificidades educacionais e as interações são muito mais aspectos que consideramos fundamentais para a reflexão sobre ciência e ensino de ciências.

Por fim, essas articulações entre ensino/ensino de ciências e historiografia da ciência a partir de aspectos teóricos da Teoria da Atividade Cultural-Histórica pode proporcionar ao professor, por exemplo, o de ciências, uma possibilidade a mais de pensar sobre a sua própria prática docente, pois, o professor e o papel que ele representa altera a dinâmica das atividades, dentre elas, o próprio ato de ensinar.

REFERÊNCIAS

ASBAHR, F. S. F. **A pesquisa sobre a atividade pedagógica: contribuições da teoria da atividade.** 2005.

CAMILLO, J. **Contribuições iniciais para uma filosofia da educação em ciências.** 2015. 229 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

CAMILLO, J. **Experiências em contexto: a experimentação numa perspectiva sócio-cultural-histórica.** 2011. 175 p. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências – Ensino de Física) – Instituto de Física, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

CAMILLO, J.; MATTOS, C.R. Ensaio sobre as relações entre Educação, Ciência e Sociedade a partir da perspectiva do desenvolvimento humano. **Linhas Críticas**, v. 25, p. 94-123, 2019a.

CAMILLO, J.; MATTOS, C. R. **Educação em ciências e a teoria da atividade sócio-cultural-histórica: contribuições para a reflexão sobre tensões na prática educativa.** Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, v. 16, n. 1, p. 211, 2014.

EIDT, N.; DUARTE, N. Contribuições da teoria da atividade para o debate sobre a natureza da atividade de ensino escolar. **Psicologia da Educação**, n. 24, p. 51-72, 2007.

ENGESTRÖM, Y. Aprendizagem expansiva no trabalho: em direção a uma reconceituação da teoria da atividade. In: SIMONELLI, A.P.; RODRIGUES, D.S. (orgs). **Saúde e trabalho em debate. Velhas questões, Novas perspectivas.** Brasília: Paralelo 15, p. 71-104, 2013.

ROTH, Wolff-Michael; LEE, Yew-Jin. “Vygotsky’s neglected legacy”: Cultural-historical activity theory. **Review of educational research**, v. 77, n. 2, p. 186-232, 2007.

SANNINO, A.; ENGESTRÖM, Y. Cultural-historical activity theory: founding insights and new challenges. **Cultural-Historical Psychology**, v. 14, n. 3, p. 43-56, 2018.

Capítulo 5

**À GUIA DE CONCLUSÃO:
POTENCIALIDADES E
CONDICIONANTES DE REFLEXÕES
E DISCUSSÕES HISTÓRICAS DA
CIÊNCIA E SOBRE CIÊNCIA NO
ENSINO.**

5. À GUIA DE CONCLUSÃO: POTENCIALIDADES E CONDICIONANTES DE REFLEXÕES E DISCUSSÕES HISTÓRICAS DA CIÊNCIA E SOBRE CIÊNCIA NO ENSINO.

“Ela está no horizonte – diz Fernando Birri. – Me aproximo dois passos, ela se afasta dois passos. Caminho dez passos e o horizonte corre dez passos. Por mais que eu caminhe, jamais a alcançarei. Para que serve a utopia? Serve para isso: para caminhar”.

Eduardo Galeano

Neste capítulo desenvolveremos as considerações finais da pesquisa centrando a escrita em uma síntese geral da dissertação, nas possíveis respostas ao problema de pesquisa, das questões que foram surgindo ao longo do texto, apresentaremos possíveis questionamentos não esclarecidos que podem ser objetos de pesquisas no futuro e as potencialidades e condicionantes de todas as discussões construídas ao longo da pesquisa.

Escrever sobre as considerações desta pesquisa não foi fácil. Para muitos essa parte de um trabalho representa a finalização de um processo. No caso desta pesquisa, acreditamos que a mesma pode ser a abertura de um caminho a ser trilhado nos próximos anos, no sentido de desenvolver outros estudos a partir deste.

A pesquisa foi se constituindo e materializando ao longo dos anos, pensar sobre educação nos remete pensar sobre a nossa própria formação, desde o tempo da escola básica e a própria prática enquanto estudante de pós-graduação e professor. Nesse sentido, foi natural algumas “idas” e “voltas” durante a produção desta dissertação de mestrado.

Desde a ideia inicial deste trabalho, construir historicamente o episódio do Eclipse Solar de 1919 por meio da perspectiva epistemológica de Thomas Kuhn, passando pela ideia de trabalhar o episódio histórico por meio de valores que permeiam a atividade científica até chegarmos à possibilidade de trabalharmos através da Teoria da Atividade uma releitura histórica sobre o Eclipse Solar de 1919 pensando no contexto historiográfico e educacional, até chegarmos ao problema de pesquisa, essa trajetória foi trilhada por vários

momentos de discussões e reflexões em meios como, por exemplo, aulas, grupos de pesquisa e estudos, eventos científicos, entre outros.

Nesse sentido, algumas soluções para o problema “*De que modo uma releitura do episódio histórico da ciência, acerca do Eclipse Solar de 1919, pode fornecer meta-reflexões para o ensino de ciências?*” foram sendo construídas não somente por meio de leituras de artigos científicos, dissertações e teses.

Apresentamos de uma maneira sintética, a necessidade de entendermos melhor, por exemplo, o contexto da área da História e Filosofia da Ciência, Física Moderna e Contemporânea na educação científica, para que a partir desse panorama pudessemos reconhecer algumas necessidades da área e que o trabalho apresentasse alguma possibilidade de avanço e/ou discussão dessas necessidades.

Dessa forma, após o levantamento de trabalhos, as análises e as considerações, o breve panorama apontou para a necessidade de um referencial teórico que possibilite uma discussão tanto no contexto educacional quanto historiográfico para servir de subsídios *sobre* ciências.

Mas, qual História da Ciência estamos falando? Qual Historiografia da Ciência estamos nos referindo? Reconhecer as diferentes perspectivas da História da Ciência e Historiografia da Ciência possibilitou extrair desse reconhecimento e da Teoria da Atividade Cultural-Histórica, elementos como, por exemplo, a perspectiva de atividade humana mediada por ações e operações e extrapolar essa perspectiva para a ideia de atividade científica também mediada por ações e operações.

Nesse sentido, entra em cena de uma forma protagonista, a releitura histórica sobre o Eclipse Solar de 1919, onde relacionamos e tentamos compreender que a Física e atividade científica deve ser contextualizada por meio das práticas humana, ou seja, em um contexto teórico-científico, que nesse caso será relacionado com a TRG, com o contexto sócio, cultural e histórico, por meio da releitura histórica do episódio – Eclipse Solar de 1919.

A partir do reconhecimento da área de pesquisa, a tentativa de compreensão das diferentes perspectivas teóricas históricas das ciências e historiográficas da ciência, a

concretude dessas discussões por meio de um episódio histórico, utilizamos novamente a Teoria da Atividade agora para pensarmos sobre ensino e *sobre* ciência por meio das interações, historicidades, artefatos e a compreensão de ciência como atividade humana.

Então, acreditamos que é o conjunto de todos esses elementos que fornecem respostas para o problema de pesquisa como, por exemplo, a necessidade de reconhecer a área, as diferentes perspectivas teóricas, episódio histórico em busca de uma concretude e as relações entre ensino e releitura histórica por meio da Teoria da Atividade.

É válido destacar também alguns condicionantes desta pesquisa que podem ser objetos de estudos futuros, a saber: investir numa releitura histórica mais ampla, ou seja, nos outros eclipses solares que estiveram relacionados com estudos acerca do Efeito Einstein, aprofundar a discussão sobre Teoria da Atividade e enveredar também pelo caminho da ontologia, analisar materiais de divulgação científica sobre o tema Eclipse Solar de 1919 devido ao grande volume de textos durante as comemorações do centenário, analisar a dimensão pedagógica discutida em artigos e livros sobre o episódio histórico em questão, materializar essas discussões em uma situação real de ensino como, por exemplo, no ensino médio e avaliar a passagem dessas discussões por salas de aulas.

Por fim, esperamos que essas reflexões possam ser um convite ao estudo acerca das questões relacionadas *sobre* ciência e ao ensino e que a leitura deste trabalho possa proporcionar debates na área do ensino de ciências e esperamos gerar discussão em áreas não afins da ciência.