



“ATÉ QUE AS LUZES SE CURVARAM”: INVESTIGANDO CONCEPÇÕES DE CIÊNCIA DE PROFESSORES EM FORMAÇÃO POR MEIO DE UMA NARRATIVA HISTÓRICA SOBRE A TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL

“So the Lights Have Bent”: Investigation of Pre-Service Teachers’ Conceptions of Science Through a Historical Narrative on the General Relativity Theory

Fernando Domingos [fernandodomingos@usp.br]

*Programa de Pós - Graduação Interunidades em Ensino de Ciências - PIEC USP
Universidade de São Paulo - USP
Rua do Matão, n. 1371, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil*

Alexandre Bagdonas [alexandre.bagdonas@ufla.br]

*Departamento de Educação em Ciências Físicas e Matemática - DFM UFLA
Universidade Federal de Lavras - UFLA
Avenida Central da UFLA, s/n, Aquecida Sol, Lavras, MG, Brasil*

João Zanetic [zanetic@if.usp.br]

*Departamento de Física Experimental - IFUSP
Universidade de São Paulo - USP
Rua do Matão, n. 1371, Cidade Universitária, São Paulo, Brasil*

Resumo

Pesquisas em Ensino de Ciências têm defendido a inserção de narrativas históricas como estratégia de ensino-aprendizagem nos diferentes níveis de ensino. No ensino, as narrativas históricas são vistas com simpatia, já que estimulam as relações entre o leitor/ouvinte em nível emotivo e cognitivo, seja despertando sentimentos como a empatia e identificação, seja levando a um maior envolvimento, compreensão e memorização dos tópicos narrados. Neste trabalho, desenvolvido com licenciandos em Física, utilizamos um episódio histórico da Teoria da Relatividade Geral (TRG) - a expedição do eclipse solar total de 29 de maio de 1919 - apresentado sob a forma de narrativa histórica, com o objetivo de promover e contextualizar debates sobre a ciência, sua natureza, sua relação com o contexto sócio-histórico e a influência de aspectos não-epistêmicos sobre o fazer científico. Mais especificamente, explorando impactos dos conflitos políticos sobre a ciência e investigando as influências da Primeira Guerra Mundial no estabelecimento da (TRG), caracterizamos e problematizamos as concepções epistemológicas dos licenciandos sobre as relações entre ciência e política. A construção da narrativa histórica se deu incorporando elementos de outra narrativa criada por pesquisas anteriores e também orientada por estudos de História e Filosofia da Ciência. A escrita é feita de forma que o texto é interrompido por questões do tipo “PENSE!” para que o professor possa discuti-lo e convidar os alunos a tomar partido das personagens da narrativa, colocando-os como parte integrante da história e podendo experimentar alguns dos dilemas e decisões envolvidos no trabalho científico. As discussões dos “PENSE!” foram propostas e conduzidas de maneira que nos permitissem identificar, classificar e problematizar as concepções epistemológicas dos sujeitos da pesquisa. Os dados foram coletados por meio de questionários (os próprios “PENSE!”), além de discussões ocorridas em aula, que foram gravadas e transcritas para que pudessem servir de base de dados. Posteriormente, as concepções foram classificadas de acordo com as seguintes categorias de análise: racionalismo, relativismo e posturas moderadas. De forma a abarcar outras concepções percebidas, foram adicionadas as categorias “senso comum” e “relativismo ingênuo”. De forma geral, além de ter-se encontrado nas narrativas históricas uma estratégia para orientar e contextualizar debates sobre a Natureza da Ciência, observou-se a predominância de concepções com tendências relativistas, ou seja, prevaleceu a ênfase em aspectos sociais em detrimento dos conteúdos da ciência (tendência racionalista), na análise das questões sobre as relações entre ciência e conflitos políticos. Observamos também concepções prescritivas e descritivas sobre as relações em questão, ou seja, como são, e como deveriam ser as relações entre a política e a prática científica.

Palavras-Chave: Arthur Eddington; Teoria da Relatividade Geral; Narrativa Histórica; História e Filosofia da Ciência; Ensino de Física.

Abstract

Research in Science Education has advocated the use of historical narratives as a teaching and learning strategy across different levels of education. The main arguments supporting this approach are: i) the shared similarities between the human cognitive system and the structure of narratives; ii) the constant presence of narratives and their importance in human development. In education, historical narratives are viewed favorably because they stimulate emotional and cognitive connections with the reader/listener, either by eliciting feelings such as empathy and identification or by fostering greater engagement, understanding, and memorization of the narrated topics. In this study, conducted with pre-service physics teachers, we employed a historical episode from the Theory of General Relativity (T.G.R.) - the expedition of the total solar eclipse on May 29, 1919 - presented in the form of a historical narrative. The goal was to promote and contextualize discussions about science, its nature, its relationship with socio-historical context, and the influence of non-epistemic aspects on scientific practices. More specifically, by exploring the impacts of political conflicts on science and investigating the influences of World War I on the establishment of T.G.R., we characterized and problematized the epistemological conceptions of the teacher trainees regarding the relationships between science and politics. The construction of the historical narrative incorporated elements from previous research narratives and was guided by studies in the History and Philosophy of Science. The text was interrupted by "THINK!" questions to facilitate discussion and encourage students to take sides with the characters in the narrative, making them an integral part of the story and allowing them to experience some of the dilemmas and decisions involved in scientific work. The "THINK!" discussions were proposed and conducted in a way that allowed us to identify, classify, and problematize the epistemological conceptions of the research subjects. Data were collected through questionnaires (the "THINK!" questions themselves) and class discussions, which were recorded and transcribed to serve as the basis for data analysis. Subsequently, the conceptions were classified into the following analytical categories: rationalism, relativism, and moderate stances. To encompass other perceived conceptions, categories such as "common sense" and "naive relativism" were added. Overall, besides finding historical narratives as a strategy to guide and contextualize debates about the Nature of Science, we observed a prevalence of relativistic-leaning conceptions, emphasizing social aspects over the content of science in the analysis of issues related to the relationships between science and political conflicts. We also noted prescriptive and descriptive conceptions about these relationships, i.e., how they are and how they should be.

Keywords: Arthur Eddington; General Relativity Theory; Historical Narrative; History and Philosophy of Science; Physics Teaching.

INTRODUÇÃO

Em suas memoráveis palavras, Carl Sagan (1934 - 1996) já nos alertava: *“Nós vivemos em uma sociedade extremamente dependente da ciência e da tecnologia, na qual, quase ninguém sabe coisa alguma sobre ciência e tecnologia”* (Sagan, 1993, p. 52). Como se uma profecia estivesse se cumprindo, hoje, as suas palavras ecoam mais do que nunca, em um momento em que enfrentamos as sérias consequências de narrativas anticientíficas que ameaçam nossa saúde, bem-estar, economia e, até mesmo, os processos democráticos.

A sociedade contemporânea tem testemunhado um extraordinário crescimento na quantidade e acessibilidade de informações, fenômeno este impulsionado, sobremaneira, pelo avanço tecnológico e pela disseminação das plataformas digitais. Não obstante, a mencionada proliferação traz consigo um desafio premente: a manipulação consciente e sistematizada de narrativas, muitas vezes em detrimento do conhecimento científico estabelecido. À medida em que a disseminação de informações assume novos e diferentes formatos, e alcance cada vez maior, o enfrentamento de narrativas pouco informadas, manipulações de informações e discursos anticientíficos torna-se essencial para a construção de uma sociedade mais informada e que se oriente com base em evidências.

As narrativas, enquanto estruturas de comunicação que moldam a maneira como percebemos e compreendemos o mundo ao nosso redor, têm desempenhado relevante papel na construção da cultura e da identidade humana ao longo da história. No entanto, com o advento das mídias digitais e sociais, a disseminação de narrativas atingiu níveis jamais alcançados, permitindo que informações e ideias se espalhem rapidamente e alcancem audiências globais em tempo recorde. Essa aceleração na disseminação de informações cria também um terreno fértil para sua manipulação, onde grupos de interesses exploram vieses cognitivos, emoções ou desconfianças para promover agendas específicas, muitas vezes, anticientíficas, negacionistas.

Narrativas manipulativas minam a compreensão e aceitação da ciência, promovendo discursos que rejeitam consensos estabelecidos. Substituem evidências empíricas por teorias infundadas, por vezes, absurdas. Esses discursos podem abranger uma ampla gama de tópicos: a negação das mudanças climáticas, o movimento antivacina, o *design* inteligente, a relação entre o consumo de cigarro, câncer e outras doenças respiratórias, o *kit covid* e o terraplanismo são apenas alguns exemplos. A disseminação dessas narrativas é frequentemente facilitada por estratégias de manipulação, como seleção de evidências, a criação de narrativas emocionais envolventes e a exploração de desconfianças nas instituições científicas.

Na literatura recente podemos encontrar diversos autores que se debruçaram sobre os temas em questão. Pivaro e Giroto Jr. (2020), por exemplo, fazem um retrospecto histórico de como negacionismo científico foi sistematicamente utilizado como forma de manipulação da opinião pública, culminando, no contexto brasileiro, nas conhecidas posições de um ex-presidente e seus apoiadores frente ao coronavírus e às questões relacionadas às mudanças climáticas. Em trabalho posterior, os mesmos autores investigaram perfis de redes sociais examinando as características presentes nas narrativas negacionistas desse mesmo grupo político, relacionando-as à falta de conhecimento sobre como os conhecimentos científicos são construídos (Pivaro & Giroto Jr., 2023).

Marinelli (2020), analisa o movimento terraplanista e sua narrativa de apelo à experiência pessoal como critério epistemológico irrefutável. O autor argumenta ainda que o crescimento de movimentos semelhantes aponta para uma crise de confiança nas instituições de uma sociedade, dentre elas, a ciência. Diante de tal desconfiança, resta aos indivíduos recorrer à sua experiência pessoal para avaliar e validar até mesmo aquilo que se encontra dentro dos domínios da ciência.

A recente pandemia de SARS-CoV-2 desnudou outro interessante exemplo de narrativa construída sobre informações imprecisas, ou mesmo, falsas: o “*kit covid*”. Sob a alegação de que certos medicamentos - cloroquina, hidroxiclороquina e ivermectina - seriam potencialmente efetivos na prevenção da COVID-19, o governo brasileiro distribuiu milhares desses *kits* medicamentosos para a população através dos sistemas público e privado de saúde, mesmo com extensas evidências mostrando pouca ou nenhuma efetividade desses medicamentos para tal fim. Ferreira e Silva (2023) examinam como muitos dos trabalhos publicados à época foram utilizados de forma arbitrária e sem nenhum rigor científico-metodológico para sustentar a narrativa de uma suposta eficácia do *kit*.

A instrumentalização das narrativas negacionistas tornou-se uma estratégia política astuta. A história recente mostra que os exemplos mencionados acima estão predominantemente associados àqueles grupos alinhados à direita do espectro político. No entanto, é imperativo sublinhar que a negação de fatos científicos ou mesmo históricos considerados consensuais é bastante “democrática”. Ela não se restringe a um grupo político em específico. O ceticismo em relação às vacinas (Mnookin, 2011), a desconfiança sobre os alimentos geneticamente modificados (Lynas, 2018), a leniência com tratamentos médicos alternativos (Ernst, 2008), entre muitos outros exemplos, são aspectos que transcendem as fronteiras ideológicas. Portanto, ao apontar aqui tais posições negacionistas, não pretendemos criar paralelismos ou mesmo quantificar qual grupo ou posição política nega mais ou menos a ciência ou fatos históricos. As posições negacionistas, sejam elas quais forem, devem ser rechaçadas de forma criteriosa e, ao mesmo tempo, cuidadosa, até mesmo para que tal rechaço não caia em uma posição oposta, de um autoritarismo científico.

Na era da pós-verdade, em que a legitimidade da experiência, das afirmações e decisões baseadas em evidências estão cada vez mais desgastadas, argumenta Erduran (2022) que as consequências da negação da ciência podem ser fatais. De forma geral, o que se percebe em discursos negacionistas, conforme aponta McIntyre (2018, p. 1), é um “*apagamento dos fatos e abandono da racionalidade*”. McComiskey (2017) sugere ainda que, para além do abandono da racionalidade, os discursos negacionistas transformam o embate intelectual em uma batalha de narrativas, em que discursos são empregados de forma estratégica para perpetuar e sustentar interpretações de uma suposta “realidade”. Assim, compartilhamos da indignação de Naomi Oreskes (2021, p. 293), ao afirmar que a negação da ciência “*já não mais se trata de teimosia, mas de crueldade.*”

A principal tática utilizada por aqueles que instilam dúvidas é estabelecer uma percepção de que a boa ciência é incerta e que as questões científicas relevantes ainda estão sujeitas a contestação. Comenta novamente Oreskes (2021), que responder na mesma moeda, apresentando mais evidências e reiterando a veracidade delas, seria um terreno fértil para o surgimento de um debate ainda mais contencioso. Segundo a autora, é preciso reformular os parâmetros da discussão, mostrando como a ciência funciona, reafirmando

que, em muitas - senão todas - as circunstâncias, temos bases sólidas para confiar nas afirmações científicas. É nesta seara que o ensino de ciências se faz necessário.

Num momento em que se observa um crescente de visões críticas, ingênuas e negacionistas sobre a ciência, torna-se ainda mais pertinente a discussão de questões que envolvam a Natureza da Ciência (Bagdonas, 2020). Na busca deste objetivo, o campo da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) tem papel fundamental, uma vez que se propõe a contextualizar discussões conceituais, metodológicas, epistemológicas e sociais sobre a ciência. Percebendo as potencialidades deste campo para o ensino de ciências, embora longe de sanar todos os seus problemas, diversos autores passaram a defender a sua inserção nas salas de aulas dos mais diferentes níveis de ensino, alegando que tal abordagem é potencialmente efetiva na promoção de uma aprendizagem mais crítica, desafiadora, reflexiva e humanizada, melhorando a compreensão da ciência, dos seus processos e sua natureza (Zanetic, 1989; Matthews, 1995; Martins, 2005; Silva, 2006; Rozentaliski, 2018; Bagdonas, 2019; Domingos, 2022).

Por outro lado, assim como as narrativas são utilizadas para subverter a ciência, elas também podem ser usadas em seu favor, seja para ensinar, para debater sobre sua natureza ou fomentar visões mais informadas. A posição em favor da inserção de narrativas, no caso, narrativas históricas, tem sido defendida por diversos autores da área de Ensino de Ciências, nos mais diversos níveis de ensino (Adúriz - Bravo & Chion, 2016; Domingos, 2022). Dentre os argumentos principais que apoiam essa defesa estão: i) as similitudes compartilhadas entre o sistema cognitivo humano e a estrutura das narrativas; ii) a constante presença das narrativas e sua importância ao longo do desenvolvimento humano (Bruner, 1996; Schiffer & Guerra, 2019). No ensino, as narrativas históricas são vistas com simpatia, já que estimulam as relações entre o leitor/ouvinte em nível emotivo e cognitivo, seja despertando sentimentos como a empatia e identificação, seja levando a um maior envolvimento, compreensão e memorização dos tópicos narrados (Schiffer, 2019).

Neste trabalho, desenvolvido com licenciandos em Física, utilizamos um episódio histórico da Teoria da Relatividade Geral (T.R.G.) - a expedição do eclipse solar total de 29 de maio de 1919 - apresentado sob a forma de narrativa histórica, com o objetivo de promover e contextualizar debates sobre a ciência, sua natureza, sua relação com o contexto sócio-histórico e a influência sobre o fazer científico de aspectos não-epistêmicos¹. Mais especificamente, explorando os impactos dos conflitos políticos sobre a ciência, investigando as influências da Primeira Guerra Mundial e as ações do astrônomo inglês Arthur S. Eddington (1882 - 1944) em favor e no estabelecimento da (T.R.G.), caracterizamos e problematizamos as concepções epistemológicas dos licenciandos sobre as relações entre ciência e política.

SOBRE O GÊNERO NARRATIVO E SEU POTENCIAL PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS

“Os humanos pensam em forma de narrativas e não de fatos, números ou equações, e, quanto mais simples a narrativa, melhor” (Harari, 2018, p. 12). As narrativas, as histórias, anedotas, mitos e ficções são parte da vida humana desde que os nossos mais primitivos ancestrais começaram a se deslocar por este planeta. Estudos apontam que a nossa sociedade somente se mantém coesa e organizada graças à crença de indivíduos em certos mitos e narrativas; elas desempenharam um papel fundamental tanto para a evolução do *Homo Sapiens*, quanto para a evolução da nossa sociedade aos níveis atuais (Bruner, 1990; 1996; Domingos, 2022).

Tendo observado a constância e importância das narrativas ao longo do desenvolvimento humano, é nosso objetivo utilizar delas - mais especificamente, das narrativas históricas - de maneira pedagógica, levando seu potencial para as salas de aula e buscando compreender sua eficácia como estratégia para discutir aspectos da chamada “Natureza da Ciência”.

Temos observado um crescente número de trabalhos que investigam as potencialidades das narrativas históricas no Ensino de Ciências. Diante desta “crescente”, o campo tem reconhecido, com base em resultados de pesquisas em áreas como Linguística e Ciências Cognitivas, as semelhanças existentes entre as narrativas e o sistema cognitivo humano (Adúriz-Bravo & Chion, 2016). Sob essa perspectiva, muitos pesquisadores têm enfatizado a necessidade de se incorporar sistematicamente as narrativas em diferentes

¹ Gürol Irzik (2015) distingue os chamados valores epistêmicos da ciência dos não-epistêmicos. Para ele, valores epistêmicos normalmente incluem verdade, precisão quantitativa, testabilidade, poder explicativo, unificação, consistência interna e externa e simplicidade. Por outro lado, os valores não-epistêmicos estão relacionados a aspectos sociais, políticos, econômicos, morais, religiosos e pessoais e suas influências sobre a ciência e sua prática.

níveis de ensino (Levinson, 2006; Avramidou & Osborne, 2008; Klassen & Klassen - Froese, 2014; Schiffer & Guerra, 2018; Schiffer, 2019).

Percebe-se que até o momento, definir com precisão o que constitui uma narrativa e alcançar um consenso a seu respeito não é uma tarefa simples. No entanto, apesar da ausência desse consenso, o gênero narrativo é bem recebido no campo do Ensino de Ciências, devido à sua habilidade de estimular e fortalecer a conexão emocional e cognitiva do leitor/ouvinte com uma narrativa, despertando sentimentos como empatia e identificação, enquanto aumenta o envolvimento, compreensão e memorização dos tópicos narrados (Schiffer, 2019). Portanto, esses apelos emocionais e a sua presença consistente no desenvolvimento humano podem ser vistos como critérios de validação que justificam sua aplicação em sala de aula.

Narrativas são elementos constantes e inerentes à experiência humana. São encontradas em todos os lugares, entre todos os povos e em todas as sociedades. Elas podem se manifestar de diversas maneiras, seja através da linguagem oral ou escrita, imagens, filmes etc (Barthes, 1975). Podem, por fim, ser compreendidas como um tipo de sistema pelo qual os seres humanos lidam com o tempo, os processos e suas transformações (Graham & Harris, 2018). No entanto, para o pesquisador norte-americano David Herman, determinar se um discurso ou texto constitui uma narrativa pode ser algo complexo. Ele descreve as narrativas como:

“[...] (i) um modo de representação que está situado – e deve ser interpretado à luz de - um contexto ou discurso específico. Este modo de representação (ii) concentra-se em um curso de tempo estruturado de eventos particularizados. Além disso, os eventos representados são (iii) tais que introduzem algum tipo de interrupção ou desequilíbrio em um mundo da história, seja esse mundo apresentado como real ou fictício, realista ou fantástico, lembrado ou sonhado, etc. A representação também (iv) transmite o que é viver por meio deste mundo em fluxo de história, destacando a pressão dos eventos em consciências reais ou imaginárias passando pela experiência disruptiva em questão” (Herman, 2009, p. 30, tradução nossa).

A grande complexidade em determinar se um texto ou discurso é ou não uma narrativa reside no fato de que a presença dos elementos mencionados acima não assegura plenamente que o texto possa ser classificado como tal, isto é,

“[...] o critério de classificação de um texto não é binário, não bastando a presença de um conjunto único de elementos ou características para se classificar um texto como narrativo ou não. Apesar de não podermos traçar elementos únicos e exclusivos que definam o gênero narrativo, é possível elencar uma série de características que, somadas, são capazes de identificar o gênero de um texto. É possível haver um gradiente da presença dessas características em um texto, de forma que podemos dizer que um texto é “mais narrativo que outro” (Herman, 2009 citado por Schiffer, 2019, p. 30).

Assim, para alcançar uma definição mais precisa do que constitui uma narrativa, é imperativo recorrer a elementos fundamentais, referenciando estudos de outros autores.

Há um consenso de que, em sua forma mais fundamental, uma narrativa busca a descrição de uma sequência de eventos, e é comum o uso do tempo verbal no passado, uma vez que narra eventos já ocorridos (Bruner, 1990; Berger, 1997; Herman, 2009). A sequência de eventos é posteriormente interrompida, ou seja, há um estado inicial de equilíbrio que é perturbado, desestabilizando esse estado inicial (Herman, 2009; Klassen, 2010; Schiffer & Guerra, 2018). Não é estritamente necessário que a sequência de eventos seja apresentada em ordem cronológica, da mesma forma que não é essencial a presença de estágios distintos, como início, meio e fim; as mudanças de estado ao longo do texto são mais relevantes (Herman, 2009).

Além disso, em um texto narrativo, a presença de agentes humanos - ou, pelo menos, de personagens humanizados - é necessária, pois são eles que desencadeiam as mudanças de estado ao longo da história (Schiffer & Guerra, 2018). Esses mesmos autores enfatizam que a diversidade de agentes aproxima o leitor da história narrada, permitindo que ele vivencie os eventos em questão, uma vez que os agentes de uma narrativa podem vir de diferentes posições sociais, condições financeiras, perspectivas ideológicas, orientações políticas e princípios éticos (Schiffer & Guerra, 2018). Do ponto de vista pedagógico, essa diversidade de agentes é particularmente valiosa, pois possibilita ao aluno o acesso a múltiplas concepções e contextos do mundo (Terra, 2013).

No que diz respeito às ações realizadas pelos agentes da narrativa, elas não ocorrem por acaso ou devido a uma simples relação de causa e efeito; ao contrário, as atitudes geralmente são impulsionadas por crenças, desejos, teorias, valores e assim por diante. As ações realizadas pelas personagens em uma narrativa têm um caráter intencional (Bruner, 1996; Klassen, 2010). Com base no exposto, conforme Schiffer (2019),

“[...] é possível contextualizar ou, ao menos, promover discussões na leitura de narrativas com esse objetivo, buscando motivações ou correlacionando fatores para entender como certo evento veio a ocorrer. Por isso, é possível que esses elementos sejam destacados de forma a inspirar discussões em sala de aula” (Schiffer, 2019, p. 31).

A presença de um narrador (implícito, explícito ou mesmo personagem) também é essencial às narrativas (Kellogg; Scholes; Phelan, 2006; Bal; Boheemen, 2009; Klassen, 2010). Os citados autores destacam de forma enfática a importância do narrador, pois, em sua visão, uma história não pode existir sem um narrador. É ele quem pega uma simples sequência de eventos e a transforma em um todo com significado. O narrador define o propósito da narrativa!

Além da sequência de eventos, dos agentes humanos/humanizados e do narrador, Schiffer (2019) destaca que outros elementos que compõem uma narrativa podem intensificar sua conexão com o leitor/ouvinte. Para manter a atenção do ouvinte, despertar sua curiosidade e incentivar o interesse no desenvolvimento dos eventos narrados, o narrador pode utilizar recursos como criar expectativa, suspense, reviravoltas, inconsistências na vida das personagens, entre outros (Klassen, 2010). Isso mais uma vez enfatiza o papel fundamental do narrador e a forma como ele estrutura a narrativa.

Schiffer (2019) destaca ainda outro aspecto importante presente nas narrativas, o “não-falado”, que trata das informações que não são explicitamente apresentadas na narrativa, elemento crucial para manter o interesse do leitor ou ouvinte. Equilibrar o que é dito e o que fica implícito é essencial para não sobrecarregar o receptor com excesso de detalhes, nem deixá-lo desinteressado pela falta de informações. O autor ainda sugere que, especialmente em contextos educacionais, o “não-falado” pode ser associado a conceitos históricos e científicos, proporcionando uma oportunidade para os alunos explorarem e discutirem esses pontos por conta própria. Portanto, ao empregar narrativas históricas na sala de aula, o professor desempenha um papel crucial como mediador, incentivando a reflexão e o debate.

Ao explorar a interseção entre narrativas e ensino de ciências, Jerome Bruner (1990), identifica as narrativas como autênticos veículos de conhecimento. Ele as considera especialmente adequadas para disciplinas que envolvam a modelagem de fenômenos com complexidades históricas e causais, como as ciências naturais, incluindo Física, Química e Biologia. Alinhados com essa perspectiva, outros estudiosos também reconhecem que as narrativas não só buscam uma compreensão mais profunda da esfera humana, mas também contribuem para nossa exploração do mundo natural. Assim, sugerem que o ensino de ciências, que se concentra em construir explicações causais coletivas, plausíveis e coerentes na sala de aula, pode se beneficiar da adoção do formato narrativo (Avraamidou & Osborne, 2008; Adúriz-Bravo & Chion, 2016). Com base nessas perspectivas e concordando com seus princípios, nossa proposta se direciona ao uso das denominadas “narrativas históricas” (Clough, 2011; Schiffer, 2019).

O termo “narrativa histórica” é empregado de diferentes formas por diferentes autores na literatura. Aqui, optamos pela definição de Clough (2011), para quem o texto narrativo deve ser curto, com caráter histórico, e que no caso da ciência, ilustra o desenvolvimento e a aceitação de ideias científicas fundamentais, além de importantes concepções sobre a Natureza da Ciência (Metz, Klassen, McMillan, Clough & Olson, 2007).

A defesa de Clough (2011) em favor das narrativas históricas parte de uma conclusão amplamente aceita de que a compreensão dos estudantes e do público em geral sobre a Natureza da Ciência é bastante desanimadora e decepcionante. Isso ocorre porque os livros de ciências, as atividades de laboratório e a maioria dos materiais audiovisuais e de divulgação frequentemente negligenciam ou minimizam as influências humanas na pesquisa científica. Eles tendem a apagar os processos que contribuem para a construção do conhecimento, retratando a ciência como uma simples retórica de conclusões. O autor destaca algumas tentativas passadas, isto é, materiais didáticos que buscaram abordar com precisão e rigorosidade tópicos de Natureza da Ciência e tratar de episódios históricos a partir de fontes primárias. As propostas foram problemáticas por duas razões:

“Em primeiro lugar, os editores resistem a modificar os livros tradicionais de ciências com medo de perder participação no mercado. Em segundo lugar, o corpo docente de ciências hesita quando tal instrução diminui significativamente a instrução de conteúdo de ciências. Por exemplo, esforços anteriores como Harvard Case Histories in Experimental Science e History of Science Cases, apesar de sua natureza bem considerada, estão agora esgotados. Ambos enfatizaram a história da ciência a tal ponto que muitos professores de ciências perceberam o conteúdo de ciências como secundário...” (Clough, 2011, p. 703, tradução nossa).

Diante desta evidente tensão, o que o autor propõe é a criação e uso de narrativas históricas, ou seja, textos curtos que tragam consigo tanto questões históricas e epistemológicas, mas que também busquem abordar questões conceituais. Em termos pedagógicos, as narrativas históricas compartilham das mesmas potencialidades já elencadas previamente, a saber: i) despertam empatia e melhoram a relação do leitor / ouvinte com o texto; ii) facilitam a imersão do leitor / ouvinte no contexto histórico-temporal e no cenário no qual a narrativa se passa; iii) ajudam a compreender e inserir o leitor / ouvinte numa nova cultura; iv) abrem espaço para que diferentes facetas da condição humana sejam exploradas; v) melhoram o envolvimento e auxiliam numa melhor compreensão de questões que os alunos trazem para a classe; vi) impõem coerência a um conjunto de eventos, o que torna a narrativa um veículo adequado para a integração da história da ciência na educação científica; vii) auxiliam o professor, de acordo com a escolha do episódio histórico a ser estudado, a incrementar e tornar mais produtivas as discussões em sala de aula, dando especial atenção às práticas científicas do período em questão; contribuem no balizamento de objetivos didáticos, o que também depende da escolha do recorte histórico de interesse; viii) estimulam a imaginação do leitor / ouvinte, característica importante no trabalho científico e na construção de conceitos, etc (Egan, 1986; 1989; Buner, 1990; 1996; Heman, 2009; Adúriz-Bravo & Chion, 2016; Schiffer & Guerra, 2018).

A literatura destaca ainda que a leitura das narrativas históricas deve ser orientada, já que a falta de orientação, aparentemente, não traz à tona todas as potencialidades pedagógicas inerentes a elas, além de levar os estudantes a se alinharem à autoridade científica, aceitando como absoluto aquilo que está descrito no texto (Norris, 2005; Schiffer, 2019).

A TEORIA DA RELATIVIDADE GERAL, A PRIMEIRA GUERRA MUNDIAL E ARTHUR S. EDDINGTON: RELAÇÕES ENTRE CIÊNCIA E SOCIEDADE

Teoria da Relatividade Geral: um breve apanhado histórico

Aspectos que fogem aos interesses primeiros da ciência têm forte influência sobre o seu desenvolvimento e sobre a ação dos cientistas. Neste caso em específico, o estabelecimento da Teoria da Relatividade Geral está imerso em uma série de questões que em uma primeira análise não tem relação direta com a ciência, por exemplo: motivações pessoais, dramas, conflitos, caprichos, ideologias, influências religiosas e até mesmo valores morais. A Teoria da Relatividade Geral é um caso interessante para percebermos como a política, a guerra e as ideologias em geral têm forte influência sobre o fazer científico.

Para percebermos tais aspectos, é necessário que voltemos ao mês de novembro de 1915. Ao longo das quatro quintas-feiras daquele mês, Albert Einstein (1879 - 1955) fez à Academia Prussiana de Ciências uma série de comunicações que mudariam de forma dramática a maneira como nós entendemos o Universo. Albert Einstein apresentava ali aquilo que hoje conhecemos por Teoria da Relatividade Geral.

Na fala de 4 de novembro de 1915, Einstein apresentou as linhas gerais das suas novas ideias. De fato, ele apresentou um conjunto de hipóteses que generaliza a Teoria Relatividade Especial e a Gravitação Universal de Newton, fornecendo uma descrição unificada da gravidade como uma propriedade geométrica do espaço e do tempo. Em particular, a “curvatura do espaço-tempo” está diretamente relacionada à energia e ao momento de qualquer matéria e radiação presente (Einstein, 1915 a). Na sessão seguinte, de 11 de novembro, Einstein apresenta um adendo à fala feita na semana anterior, na qual introduz a “hipótese de que a matéria macroscópica poderia, eventualmente, ser reduzida a processos puramente eletromagnéticos” (Einstein, 1915 b). Na sessão do dia 18 de novembro, é apresentada uma solução a partir da perspectiva relativística para o problema do avanço do periélio de Mercúrio (o movimento de “laçada” que o astro descreve no céu). A Mecânica Newtoniana permitia uma previsão muito precisa da precessão do periélio Mercúrio; entretanto, existia uma discrepância relevante entre o valor teórico e o valor experimental que a Teoria da Relatividade Geral trazia a bom termo (Einstein, 1915 c). Finalmente, na sessão ocorrida no dia 25 de

novembro, Albert Einstein apresenta à Academia Prussiana de Ciências as famosas “Equações de Campo da Gravitação” (Einstein, 1915 d).

Podemos afirmar que, mediante os objetivos deste trabalho, a fala mais importante feita por Albert Einstein durante as conferências, foi aquela do dia 18 de novembro de 1915. Nela, além de apresentar a solução para o problema do avanço do periélio de Mercúrio, Einstein confirma uma previsão feita pelo físico alemão Erwin Freundlich (1885 - 1964) de que a dilatação do tempo faz com que a luz oscile em uma faixa frequência mais baixa dentro de um campo gravitacional. Assim, a luz é desviada para um comprimento de onda mais longo - isto é, para o vermelho (o chamado *redshift*). Ainda nessa mesma sessão, é apresentada também a correção de algumas informações publicadas no artigo “Sobre a Influência da Gravitação na Propagação da Luz”, de 1911, que se mostraram incoerentes à medida em que os estudos sobre a Relatividade Geral foram avançando (Einstein, 1915 c).

Para que as ideias relativísticas pudessem começar a se estabelecer, as proposições feitas por Albert Einstein em sua Teoria da Relatividade Geral precisavam ser postas à prova. O problema do avanço do periélio de Mercúrio já estava bem encaminhado e, aparentemente, resolvido. Entretanto, ele sozinho era insuficiente para dar sustentação para a teoria. O *redshift* gravitacional, naquele momento, era apenas uma previsão teórica reforçada por outra previsão teórica: a Teoria da Relatividade Geral. Além do mais, a verificação experimental desse fenômeno ainda era materialmente impossibilitada, isto é, faltavam, à época, equipamentos que permitissem a observação do fenômeno. Restava então a opção de se observar o desvio gravitacional da luz, que segundo o próprio Albert Einstein, poderia ser medido quando do acontecimento de um eclipse solar (Santos & Aureta, 1992).

O experimento em questão consistia em observar e fotografar a constelação das Hyades, “vizinha” ao Sol naquela época do ano, durante um eclipse solar. Em situações normais, o Sol atuaria como uma barreira física e sua luz ofuscaria a visualização da constelação em questão. Entretanto, durante um eclipse solar, quando o Sol fica oculto pela Lua, as estrelas próximas a ele tornam-se visíveis no céu. A Teoria da Relatividade Geral prevê que a ação gravitacional do Sol curvaria a trajetória da luz das estrelas, fazendo com que elas parecessem estar em posições ligeiramente diferentes no céu em relação às suas posições quando o Sol não estava por perto. O ângulo formado entre a posição aparente (durante o eclipse solar) e a posição real seria devido, portanto, ao desvio sofrido pela luz por conta da ação da gravidade.

Desta observação, três resultados eram possíveis inicialmente: a luz não sofre interferência da gravidade, ou seja, o desvio é de 0” (segundo de arco) e a ideia precisava ser revista. O segundo resultado, chamado de meio desvio² - 0,85” -, corrobora a interpretação Isaac Newton (1643 - 1727) e a de Johann George von Soldner (1776 - 1833) sobre a ação da gravidade sobre a luz (Soares, 2014). Isso significa que, uma vez observado o meio desvio, manter-se-ia preservada a interpretação newtoniana sobre a gravitação. No último caso, o desvio completo, de 1,75”, validava a interpretação de Einstein sobre a gravitação, ou seja, a Teoria da Relatividade Geral estava no caminho certo.

A Física, naquela ocasião, estava diante de uma nova e robusta teoria, mas que ainda carecia de evidências experimentais. Preparar uma expedição em busca das evidências era o próximo passo a ser tomado. Entretanto, alguns empecilhos se apresentaram quase que de imediato: i) a Teoria da Relatividade Geral “questionava” a Mecânica Newtoniana que já estava muito bem fundamentada há mais de 230 anos, o que gerava um ceticismo natural na comunidade científica; ii) a Europa estava em guerra e a Alemanha era a inimiga; iii) Einstein e sua teoria, eram ambos alemães, em um momento da história mundial em que a Alemanha não era muito bem quista (Santos & Aureta, 1992; Stanley, 2003; 2007; Kevles, 2005).

A Primeira Guerra Mundial e seus Impactos sobre a Teoria da Relatividade Geral

A *British Association for the Advancement of Science* (B.A.A.S.) tinha por tradição realizar seus encontros anuais nas diferentes colônias do Império Britânico. No ano de 1914 o encontro aconteceu na Austrália e, enquanto os membros daquela associação discutiam seus últimos avanços teóricos ou resultados experimentais, a Primeira Guerra Mundial iniciava seus primeiros atos na longínqua Europa. A chamada Crise de Julho se intensificou ainda mais após o atentado que vitimou o arquiduque Francisco Ferdinando, da Áustria, no dia 28 daquele mês. Enquanto isso, na Austrália, “os sentimentos oscilavam entre o pavor e a euforia” (Stanley, 2007, p. 81).

² Resultado este que fora obtido por Einstein no artigo de 1911 e posteriormente corrigido.

No dia 4 de agosto de 1914, o Rei George V decreta estado de guerra contra o Império Alemão (Taylor, 1965), notícia que abala extremamente os cientistas na Austrália. Além de britânicos, a B.A.A.S. reunia também cientistas de diversas nacionalidades, e, entre eles, alemães. Buscando amenizar o clima de tensão gerado pela notícia, diversos cientistas fizeram discursos buscando confortar os colegas alemães. Dentre esses discursos, o mais famoso deles foi proferido pelo físico britânico Oliver Lodge (1851 - 1940) durante um dos jantares. Segundo ele: “*A ciência está acima de qualquer política*” (Lodge, 1914).

Na Europa, por outro lado, os impactos da guerra foram sentidos de imediato. O clima de hostilidade que havia se criado levou, por exemplo, ao corte de inúmeras linhas telegráficas ao longo do continente. Essas linhas tinham papel vital para a ciência, já que eram utilizadas pelos observatórios astronômicos para comunicar com rapidez e eficiência suas descobertas. Diante da ocasião, o então Astrônomo Real, Sir Frank Dyson (1868 - 1939), afirma não haver “*mais meios oficiais pelos quais possamos nos comunicar sobre nossas descobertas astronômicas*”³.

Somado às medidas já mencionadas, um sentimento pronunciado de xenofobia começou a surgir em uma parte considerável da comunidade científica e da população britânica. Os jornais britânicos chegaram até a relatar uma série de protestos e manifestações populares com uma inclinação claramente “anti-germânica”. As tensões na sociedade britânica acirraram-se em relação ao povo alemão e ao seu Kaiser, chegando ao ponto de qualquer indivíduo com ascendência ou nacionalidade alemã ser visto com suspeita e, por vezes, alvo de ódio. Isso incluiu também a comunidade científica, que não escapou a esse clima (Stanley, 2007).

A comunidade intelectual britânica começou a se mobilizar contra os alemães, sobretudo após a invasão da cidade de Louvain, na Bélgica, pelas tropas alemãs enquanto marchavam em direção à França. Durante sua passagem por aquela cidade, alegando a presença de atiradores furtivos, as tropas alemãs destruíram inúmeros edifícios, incluindo a Biblioteca de Louvain, que datava do século XIV. Essa biblioteca foi incendiada pelas tropas invasoras, resultando na perda de cerca de trezentos mil livros e mais de mil manuscritos antigos. Esse episódio, interpretado como um ataque direto à educação e à cultura, gerou uma indignação intensa em várias instituições acadêmicas internacionais, o que contribuiu para uma significativa deterioração da reputação alemã (Stanley, 2007).

As atrocidades cometidas pelas tropas alemãs foram narradas em primeira pessoa pelo astrônomo francês Robert Jonckheere (1888 - 1974), do Observatório de Lille, durante uma das reuniões da *Royal Astronomical Society* (R.A.S.). Na reunião de 3 de novembro de 1914, o astrônomo conta que fora obrigado a fugir de Lille descalço após as tropas alemãs bombardearem a cidade. Ele relata ainda ter testemunhado assassinatos sumários de civis sob a suspeita de serem “*snipers*” (Jonckheere, 1915).

O contexto criado pela guerra fazia daquele um péssimo momento para Albert Einstein e a Teoria da Relatividade. Toda manifestação cultural, artística ou científica de origem alemã era vista como de menor valor, tratada como plágio e, portanto, digna de desprezo. Desejava-se naquele momento a completa exclusão do povo alemão da comunidade científica (Stanley, 2003).

Entretanto, mesmo diante de todo esse rechaço e dos pedidos de cortes nas relações científicas com a Alemanha, alguma comunicação, mesmo que dificultada, ainda era feita entre a Alemanha e outros países neutros na guerra, como a Holanda, por exemplo. E foi dessa forma que dois outros cientistas, o holandês Willem de Sitter (1872 - 1934) e o britânico Arthur S. Eddington (1882 - 1944), mudaram os rumos da Teoria da Relatividade Geral. A posição de neutralidade assumida pela Holanda durante a Primeira Guerra Mundial permitia que alguma comunicação telegráfica fosse mantida entre britânicos e alemães, desde que passasse pelo entreposto holandês. Isto é, não existia comunicação direta entre Alemanha e Grã-Bretanha, mas a Holanda tinha boa circulação entre os dois países. Esse foi o caminho usado pela Teoria da Relatividade Geral para chegar à Grã-Bretanha: Albert Einstein envia uma cópia do seu artigo “As Equações de Campo da Gravitação” para Willem De Sitter, que já se interessava há algum tempo pela Teoria da Relatividade e, achando aquelas ideias interessantes, envia também uma cópia para Arthur Eddington (Kragh, 1996).

Arthur S. Eddington: um quaker “aventureiro”

Arthur Eddington, a despeito de ser um dos grandes nomes da astronomia do século XX, é reconhecido principalmente por ter sido o líder da expedição do eclipse que, no ano de 1919, confirmou umas

³ Royal Greenwich Observatory Archive, Londres. Correspondências de Frank Dyson (RGO: 8/104). 20 de outubro de 1914.

das previsões da Teoria da Relatividade Geral (TRG) de Albert Einstein, a saber, a curvatura da luz ao se propagar por campos gravitacionais.

Quando De Sitter envia a cópia do artigo de Einstein, Eddington ocupava a posição de secretário da *Royal Astronomical Society* (RAS). Entre suas responsabilidades estava a manutenção do contato com os membros estrangeiros da RAS, e por conta disso, inúmeros artigos chegavam até ele para que pudessem ser publicados nos periódicos da Sociedade. Eddington demonstrou interesse imediato pelas ideias de Einstein. Um ponto de interesse significativo foi a capacidade da Teoria da Relatividade Geral de vincular as forças da natureza: um resultado positivo em favor dela significaria que a gravitação poderia ser derrubada de seu pedestal, aproximando-a das outras forças da natureza. A coerência física e a sofisticação matemática fizeram com que Eddington a classificasse como “*uma bela teoria*” (Stanley, 2003).

Em carta de 1 de novembro de 1916, Willem De Sitter comunica a Albert Einstein o envio do seu artigo para que pudesse ser publicado na Grã-Bretanha. Einstein, não escondendo seu pacifismo, agradece a De Sitter com os seguintes dizeres:

*“Estimado colega, é muito bom saber que você está construindo esta ponte sobre este abismo de desilusão. Você receberá os artigos solicitados e mais algumas cópias para que envie ao nosso colega... Tão logo termine a guerra, eu lhe enviarei também uma carta. Caso você escreva para ele antes, avise-lhe que suas impressões sobre meu artigo de 1914 não estão incorretas...”*⁴

Nessa carta, quando menciona que De Sitter está empenhado em “construir pontes sobre o abismo da desilusão”, Einstein certamente se refere aos esforços do colega holandês para que suas ideias fossem reconhecidas pela comunidade científica britânica. Quanto ao “nosso colega”, é provável que Einstein esteja se referindo a Eddington, que na época, havia afirmado, em uma carta enviada a De Sitter alguns meses antes, que a Teoria da Relatividade Geral era completamente desconhecida entre os físicos britânicos.

Para além do âmbito científico, Eddington também se interessou pelos ideais pacifistas de Einstein, tendo respondido, na já mencionada carta a De Sitter, que era “interessante ouvir que um pensador tão bom como Einstein é antiprussiano” (Einstein, 1917, p. 280). Ademais, Eddington era membro da Sociedade Religiosa dos Amigos, ou seja, ele era *Quaker*. Esse grupo religioso, de origem protestante, tem o Pacifismo e a Objeção de Consciência como parte central do seu sistema de crenças e valores (Domingos, 2022). Tais valores eram extremamente presentes em sua vida e carregados para sua prática científica; Eddington via na ciência e na expedição do eclipse um espaço para a contestação moral da guerra e do preconceito contra o povo “inimigo” (Stanley, 2003). Percebemos também que a relação entre sua religião e sua ciência era, ao mesmo tempo, bastante sutil e penetrante, de forma que não se pode abordar uma deixando de lado a outra (Stanley, 2007). Suas ações, particularmente em relação à Teoria da Relatividade Geral e à expedição de 1919, compartilhavam da motivação dos Amigos⁵ que organizaram campos de refugiados para alimentar crianças alemãs afligidas pela guerra. Os *quakers* que deixavam seus lares para enfrentar o caos da guerra ficaram conhecidos pelo apelido de “aventureiros”, isto é, “homens e mulheres, que guiados por convicções religiosas, deixavam o conforto e segurança de seus lares para trabalhar em favor da paz, para oferecer algum alento aos atingidos pelo conflito” (Fry, 1927). Assim, para Eddington, a expedição para “pesar a luz” compartilhava do mesmo sentimento expressado pelos “aventureiros”.

A Expedição do Eclipse, seus Resultados e a Ascensão de Albert Einstein

Os preparativos para a expedição tiveram início em março de 1917, ainda sob a resistência de cientistas que se opunham às ideias de Einstein, seja por seu ineditismo ou por sua origem étnica. Foi criado um comitê responsável pelo planejamento de toda a expedição, o que incluía o levantamento de possíveis eclipses favoráveis ao experimento, a determinação de sítios de observação, disponibilidade de verba e equipamentos necessários (Dyson, 1917).

Segundo o Astrônomo Real, Sir Frank Dyson,

⁴ The Collected Papers of Albert Einstein. Correspondência a Willem De Sitter. 23 de janeiro de 1917. Tradução nossa. Disponível em: <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol8-trans/307>.

⁵ Os *Quakers* são também conhecidos como Amigos.

“[...] infelizmente o caminho do eclipse é através do oceano Atlântico, próximo à linha do Equador. Hinks⁶ ficou responsável por determinar para a Sociedade os locais mais favoráveis à observação. Tenho trabalhado para conseguirmos observar o eclipse do maior número de estações possíveis” (Dyson, 1917, p. 447, tradução nossa).

Hinks determinou quatro possíveis localizações: i) a oeste do lago Tanganyika, localizado entre a Tanzânia e a República Democrática do Congo; ii) nas vizinhanças de Libreville, capital do Gabão; iii) Ilha do Príncipe, na África Ocidental; iv) Sobral, no estado do Ceará, Brasil. Comentam Eisenstaedt e Videira (1995) que as três primeiras estações foram prontamente rejeitadas ou pela posição do sol muito próxima ao horizonte, o que implicaria em uma forte influência da refração, ou devido a condições meteorológicas. Entretanto, em sessão da *Joint Permanent Eclipse Committee*, talvez em face dos imprevistos ocorridos nas tentativas anteriores e confirmando a intenção do Astrônomo Real, o comitê decidiu por enviar também uma expedição à Ilha do Príncipe.

Na reunião de 14 de junho daquele ano os observadores expedicionários foram definidos: Arthur Eddington e Edwin Cottingham (1869 - 1940) embarcariam rumo à Ilha do Príncipe (então possessão portuguesa), enquanto Charles Davidson (1875 - 1970) e Andrew Crommelin (1865 - 1939), rumo ao Brasil, mas precisamente, à cidade de Sobral - CE. Os expedicionários partiram no dia 8 de março de 1919 do porto de Liverpool no navio Anselm e viajaram juntos até a Ilha da Madeira. De lá, Eddington e Cottingham seguiram em outro navio rumo à Ilha do Príncipe, enquanto Davidson e Crommelin continuaram no Anselm em direção a Manaus (Santos & Aureta, 1992; Domingos, 2022).

Após diversos ensaios e preparativos em ambos os sítios de observação, é chegado o dia do eclipse. O dia 29 de maio de 1919 amanheceu chuvoso na Ilha do Príncipe. Entretanto, após uma breve trégua, Eddington e Cottingham registraram 16 chapas fotográficas (Stanley, 2007). Em telegrama enviado a Dyson, Eddington comunica suas impressões e expectativas: *“entre nuvens, esperançoso”* (Eisenstaedt & Videira, 1995, p. 32). No Brasil, o clima favorável ajudou bastante as observações de forma que foram obtidas 27 chapas fotográficas ao todo: 19 delas por meio de um telescópio astrográfico de 11 pés e 3 polegadas e 8 chapas por meio de uma lente de 4 polegadas (Santos & Aureta, 1992). Entretanto, infelizmente, foram observados alguns problemas ópticos (uma espécie de astigmatismo) nas imagens do telescópio astrográfico causados pelo calor brasileiro; problema semelhante não foi observado no telescópio de 4 polegadas (Dyson *et al*, 1919). Ainda assim, comemorando, Crommelin também escreve a Dyson: *“esplêndido eclipse”* (Eisenstaedt & Videira, 1995, p. 32).

Após extensas análises, as chapas obtidas na Ilha do Príncipe indicaram um desvio de $1,60'' \pm 0,30$. As de Sobral, por outro lado, foram mais discrepantes. As medidas do telescópio astrográfico, que apresentaram problema, indicavam um desvio de $0,93''$. Entretanto, devido ao problema observado, esses dados foram descartados. Por outro lado, as medidas do telescópio de 4 polegadas indicaram um desvio de $1,98'' \pm 0,12$, o que confirmava a previsão de Albert Einstein.

Era então chegada a hora de anunciar os resultados, o que aconteceu no dia 6 de novembro de 1919 em reunião conjunta da *Royal Society* e da *Royal Astronomical Society*. Whitehead (2011), descreve o clima que pairava naquela sala de reuniões:

“A atmosfera estava tensa, exatamente como nas tragédias gregas: éramos o coro comentando a decisão do destino revelado no desenvolvimento de um incidente supremo; havia essa qualidade dramática em toda a encenação – a cerimônia tradicional, e lá no fundo o retrato de Newton para nos lembrar que a maior das generalizações científicas estava agora, depois de dois séculos, recebendo suas primeiras modificações. Tampouco faltavam os interesses pessoais: uma grande aventura de pensamento tinha finalmente chegado a uma costa segura” (Whitehead, 2011, p. 10, tradução nossa).

A sessão foi aberta por J. J. Thomson, então presidente da *Royal Society*, que após uma breve fala, passa a palavra ao Astrônomo Real. Em sua fala, Dyson apresentou ao público presente, composto majoritariamente por cientistas e pela imprensa, uma breve revisão da Teoria da Relatividade Geral, deu um panorama da expedição e de seus objetivos, chamando atenção para as tentativas que fracassaram anteriormente em medir o desvio causado na luz pela ação da gravidade, deu destaque e fez os devidos

⁶ Arthur Robert Hinks (1873 - 1945) foi um astrônomo e geógrafo britânico.

agradecimentos àqueles que de alguma maneira contribuíram na organização da expedição; ao final de sua fala declara que

“Após cuidadoso estudo das placas fotográficas eu estou preparado para afirmar que não há dúvidas que eles [fazendo referência aos expedicionários] confirmaram a predição de Einstein. O resultado obtido é que a luz é defletida de acordo com a lei da gravitação de Einstein” (Thomson, 1919, p. 391, tradução nossa).

No dia seguinte à apresentação pública dos resultados, a mídia internacional dava extensa cobertura ao fato. “Revolução na Ciência: Nova Teoria do Universo – Ideias Newtonianas Derrubadas”, era o que anunciava o jornal o jornal “Times” na manhã de sexta-feira, 7 de novembro de 1919 (Sponsel, 2022). “As Luzes se Curvam no Firmamento”, publicava o “The New York Times” anunciando o triunfo da Teoria da Relatividade Geral. O próprio Albert Einstein publica, em 28 de novembro de 1919, o artigo “*Time, Space and Gravitation: The Newtonian System*”, destacando, entre outros aspectos, a cooperação internacional em tempos de guerra para testar suas ideias. Nas palavras de Einstein foi

“Depois da lamentável ruptura nas relações internacionais existentes entre os homens da ciência, é com alegria e satisfação que aceito a oportunidade de me dirigir aos astrônomos e físicos da Inglaterra. Foi em acordo com a tradição científica inglesa que cientistas ingleses dispensaram seu tempo, trabalho e meios materiais para testar uma teoria desenvolvida e publicada no país de seus inimigos de guerra” (Einstein, 1919, tradução nossa).

Marshall Misner (1985) destaca o quão importante foi a chegada das ideias de Albert Einstein ao *The New York Times*. Segundo o autor, as matérias jornalísticas publicadas por aquele jornal foram responsáveis por alçar Albert Einstein, até então conhecido por um seletivo grupo de cientistas, ao *status* de celebridade.

Na semana seguinte ao anúncio dos resultados, no dia 14 de novembro, o conselho da *Royal Astronomical Society* se reuniu para definir os finalistas à *Gold Medal*, honraria ofertada pela instituição aos cientistas por conta de suas contribuições para o conhecimento científico. Os indicados eram: Albert Einstein, a astrônoma Annie Jump Cannon (1863 - 1941) e o astrônomo Henry Norris Russell (1877 - 1957). Diante da repercussão em torno dos resultados da Teoria da Relatividade Geral, Einstein foi escolhido vencedor da medalha. Ele nunca recebeu a honraria, já que muitos membros daquela Sociedade ainda se opunham à ideia de premiar alguém nativo de uma nação há pouco tempo inimiga de guerra.

Em carta de 21 de janeiro de 1920, Eddington escreve a Einstein lamentando a situação:

“Você foi escolhido por uma maioria esmagadora em dezembro. Enquanto isso, os “irreconciliáveis” ficaram alarmados, reuniram todas as suas forças em janeiro e conseguiram derrotar a confirmação. Portanto, pela primeira vez em cerca de 30 anos, nenhuma medalha de ouro será concedida!”⁷

Em 1921, Albert Einstein vai à Inglaterra, evidenciando que avanços vinham sendo feitos no sentido de restabelecer as relações científicas entre as duas nações. Stanley (2003) aponta que a visita de Einstein aos britânicos representava uma vitória dos valores *quaker* de Eddington, buscando enfraquecer os antagonismos e promover a cooperação e o entendimento entre os povos, seja no campo político, social ou científico.

METODOLOGIA

O episódio histórico descrito acima foi apresentado sob a forma de narrativa histórica (Domingos, 2022) e utilizado como elemento motivador e contextualizador de debates sobre a ciência e sua natureza, sua relação com o contexto sócio-histórico e a influência de aspectos que fogem aos domínios científicos sobre a ciência, entendendo como tais aspectos influenciaram no estabelecimento da teoria em questão.

No contexto desta pesquisa, as discussões foram propostas e conduzidas de forma que, explorando os impactos dos conflitos políticos sobre a ciência e investigando as influências da Primeira Guerra Mundial

⁷ The Collected Papers of Albert Einstein. Correspondência de Arthur Eddington a Albert Einstein. 21 de janeiro de 1920. Tradução nossa. Disponível em: <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol9-trans/246>.

no estabelecimento da Teoria da Relatividade Geral, pudéssemos caracterizar e problematizar as concepções epistemológicas dos licenciandos sobre as relações entre ciência e política.

Sujeitos e Contexto da Pesquisa

O trabalho foi desenvolvido entre os meses de setembro e outubro de 2021, junto a oito licenciandos (sete dos quais identificados com o sexo masculino e um com o sexo feminino) em Física de uma universidade pública brasileira, situada no sul do estado de Minas Gerais, no contexto da disciplina de “Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física”. Na época, a disciplina era obrigatória para alunos de final de curso, que já tinham cursado as disciplinas de Física Básica e também disciplinas de Ensino de Física, em que são abordados alguns aspectos da Natureza da Ciência e sua importância para a problematização do ensino tradicional e conteudista. A disciplina em questão foi ministrada virtualmente por um dos autores por conta das restrições impostas pela pandemia de SARS-CoV-2 (COVID 19). No momento em que o trabalho foi desenvolvido, a disciplina contava com uma carga horária semanal de quatro créditos (aproximadamente 4h), dos quais dois eram destinados a encontros síncronos e dois à realização das demais atividades.

A Construção da Narrativa Histórica

A partir do estudo histórico que orienta o presente artigo, desenvolvemos uma narrativa histórica que cobre um período de pouco mais de dois anos. A narrativa tem início em março de 1917 - quando o então Astrônomo Real, Sir Frank Dyson, faz as primeiras declarações a favor, e inicia os preparativos para a expedição do eclipse - e finda em novembro de 1919, momento em que os resultados observacionais da expedição são divulgados pela *Joint Permanent Eclipse Committee*, na *Royal Society*.

Assim, como a expedição do eclipse foi organizada em duas frentes de atuação, a africana e a brasileira, de forma semelhante se deu a construção da narrativa histórica aqui em questão: um texto apresentando a observação do mesmo fenômeno a partir dos dois locais distintos. “Até que as Luzes se Curvaram”, foi o título geral selecionado para essa narrativa, título esse que busca ilustrar o extenso caminho que uma teoria científica deve percorrer até sua aceitação. Cada uma das frentes de atuação formam um capítulo da narrativa, sendo que a frente africana, de autoria de Polati e Cardoso (2017), incorporada a este trabalho, recebeu o título de “Arthur Stanley Eddington e a Expedição do Eclipse Solar de 1919”, enquanto a “frente brasileira”, de nossa autoria, se chama “A Expedição do Eclipse Solar a Sobral e as Minúcias da Ciência Brasileira”.

A narrativa foi construída e orientada por trabalhos com objetivos e propostas semelhantes às nossas (Polati & Cardoso, 2017) e buscando fidelidades aos fatos históricos. Ainda a respeito da sua elaboração, é importante destacar um outro aspecto significativo: a sua estrutura foi concebida de forma que o texto seja interrompido em momentos chave por questões do tipo “*THINK!*” (ou “*PENSE!*”, em tradução livre). Tal estratégia, desenvolvida por Allchin (2013), tem como fundamento subjacente a concepção de que o estudo de casos históricos concretos é mais adequado para a aprendizagem dos aspectos da Natureza da Ciência do que a simples apresentação de conceitos e situações abstratas. Neste sentido, os “*PENSE!*”, que se apresentam como questões abertas, convidam estudante a tomar partido das personagens que compõem a narrativa, colocando-o, de certa forma, como parte integrante da história e podendo experimentar alguns dos dilemas e decisões envolvidos no trabalho científico, promovendo discussões que oportunizem uma melhor compreensão da Natureza da Ciência (Metz *et al*, 2007; Allchin, 2013; Polati & Cardoso, 2017, Domingos, 2022).

Como exemplo, compartilhamos a seguir o “*PENSE!*” 1 da narrativa “Arthur Stanley Eddington e a expedição do eclipse solar de 1919”:

“PENSE 1: Imagine que você está nesta reunião e que após este jantar um cientista pergunta sua opinião sobre o pronunciamento de Lodge. O que você responderia? De que forma você acredita que os conflitos políticos podem afetar ou não a conduta da ciência?!”

Novamente, reforçamos a característica de “questão aberta” apresentada pelos “*PENSE!*”. Sendo assim, múltiplas respostas são aceitas, já que seu propósito é fazer com que o estudante se posicione, atue como um “cientista” diante da situação apresentada. Em última instância, o objetivo dos “*PENSE!*” é promover o engajamento dos estudantes em reflexões concernentes à construção do conhecimento científico, percebendo como seu desenvolvimento está intrinsecamente ligado a aspectos não epistêmicos, que fogem aos domínios da ciência (Polati & Cardoso, 2017).

Instrumentos de Investigação das Concepções Epistemológicas

Devido ao contexto e à realidade nos quais o presente trabalho foi desenvolvido, a pesquisa aqui apresentada, em caráter qualitativo, trata-se de um estudo de caso, não cabendo, portanto, generalizações dos resultados observados (Bogdan & Biklen, 1994).

Para criar as atividades, fizemos uso dos estudos históricos apresentados nas seções anteriores, além de trabalhos sobre Natureza da Ciência como os de Lederman (2013), Martins (2015) e Rozentalski (2018). Também nos inspiramos, em especial, em estudos sobre como utilizar casos históricos para discutir sobre Natureza da Ciência, como Forato (2009), Bagdonas e Silva (2015) e Bagdonas, Zanetic & Gurgel (2018).

O trabalho foi dividido em duas atividades desenvolvidas também ao longo de duas aulas, ou seja, uma atividade por aula. Os objetivos de cada uma das atividades são apresentados a seguir:

- Atividade 1 - “Arthur Stanley Eddington e a Expedição do Eclipse Solar de 1919”: explorar e demonstrar as diversas relações entre Ciência e Sociedade, incentivar o engajamento e a reflexão aberta e explícita sobre vários aspectos da Natureza e da prática científica através de um estudo de caso. A narrativa aborda de forma problemática diversos aspectos relacionados à Natureza da Ciência, tais como:
 - i) a interação entre a Ciência e a Sociedade (ii) a influência de crenças pessoais, político-ideológicas e religiosas, bem como de conflitos armados, como a Primeira Guerra Mundial, no trabalho científico;
 - iii) o papel crucial do experimento e do erro no desenvolvimento do conhecimento científico;
 - iv) a importância da comunicação científica entre os pares e com a sociedade em geral.
- Atividade 2 - A Expedição do Eclipse Solar de Maio de 1919 a Sobral e as Minúcias da Ciência Brasileira: problematizar outros elementos relevantes de Natureza da Ciência, tais como:
 - i) a importância da ciência para o desenvolvimento de uma sociedade, explorando como os avanços científicos e tecnológicos impactam o progresso e o bem-estar coletivo (Videira, 2019);
 - ii) os critérios que definem a competência científica de um grupo ou nação, levantando questionamentos sobre quais são os indicadores e os padrões que estabelecem a excelência científica ;
 - iii) a percepção pública do investimento em ciência diante da escassez de recursos básicos em outras áreas, provocando reflexões sobre as prioridades e os dilemas na distribuição de recursos;
 - iv) a relação entre Ciência e Política, abordando como questões burocráticas e interferências políticas podem afetar o trabalho científico e a tomada de decisões baseadas em evidências;
 - v) o papel da imprensa na compreensão pública da ciência e seus processos, explorando como a divulgação científica pode influenciar a percepção e o entendimento da sociedade em relação à ciência.

Cada uma das atividades foi dividida também em dois momentos:

- Momento 1 - Atividade Pré-Aula: consistia na leitura da narrativa histórica e resposta aos respectivos “PENSE!”. A leitura foi feita de forma individual e as respostas foram entregues em data anterior ao encontro síncrono por meio de questionário disponibilizado via *Google Forms*.
- Momento 2 - Atividade de Aula: consistia na leitura e discussão conjunta da narrativa e dos “PENSE!”. A aula e a discussão foram orientadas pelas respostas elaboradas pelos estudantes no Momento 1, buscando englobar os aspectos que a narrativa busca problematizar.

A coleta dos dados foi realizada, essencialmente, por meio dos “PENSE!”, que nada mais são do que questionários que deveriam ser respondidos durante o “Momento 1” de cada uma das atividades. A opção

por essa estratégia se deu pelo fato de se tratar de uma ferramenta bem estabelecida e amplamente utilizada para se avaliar o aprendizado sobre ciências (Rozentalski, 2018). Optamos pelo uso de questionários abertos que foram aplicados antes da intervenção.

A literatura recente recomenda que o processo de levantamento de concepções seja feito de forma contextualizada, recorrendo a eventos ou episódios históricos que, delineando um cenário, leve os sujeitos da pesquisa às questões que serão postas (Allchin, 2011; Hodson, 2014, Lederman, 2013; Rozentalski, 2018), requisito este contemplado pelas narrativas apresentadas. Finalmente, o levantamento aqui realizado não objetivou estabelecer ou avaliar as concepções epistemológicas dos licenciandos a partir de uma concepção tida como “ideal” ou “correta” de ciência.

As Categorias de Análise

A análise das concepções de ciência foi feita a partir de cinco categorias: i) Senso Comum; ii) Racionalismo; iii) Posturas Moderadas; iv) Relativismo; iv) Relativismo Ingênuo. Das categorias utilizadas, duas enfatizam a tensão entre os epistemólogos Imre Lakatos (1922 - 1974) e Paul Feyerabend (1924 - 1994), ou seja, a tensão entre o Racionalismo e o Relativismo Científico (Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2018). Outras três categorias foram adicionadas com o objetivo de classificar algumas concepções que escapam ou extrapolam a já citada tensão. As categorias⁸ são descritas mais detalhadamente a seguir:

1. **Senso Comum**⁹: Entende o conhecimento científico como provado, acabado e como verdade absoluta. As teorias científicas derivam rigorosamente de dados observáveis e de experimentos. A ciência é construída a partir daquilo que se pode ver, ouvir, medir e tocar (empírico-indutivismo), de forma que opiniões, suposições, especulações e preferências não têm espaço. A ciência e seus agentes são, portanto, neutros, objetivos e racionais; seus produtos são confiáveis porque são provados de forma objetiva; ela descobre as leis imutáveis da natureza e ignora o papel da criatividade e da imaginação na produção do conhecimento (El-Hani & Tavares & Rocha, 2004; Pérez, 2001; Fourez, 1995, Chalmers, 1993).
2. **Racionalismo**: Esta categoria é inspirada principalmente na epistemologia de Lakatos e sua defesa de que a história externalista da ciência tem um papel secundário quando comparada com a reconstrução racional da história interna da ciência (Lakatos, 1971; Bagdonas, 2015). Os adeptos dessa visão dão mais atenção aos conteúdos cognitivos da ciência, com pouca atenção ao contexto sociocultural. Também são compatíveis com esta categoria os valores do *ethos* científico, apresentados pelo sociólogo estadunidense Robert Merton (1910- 2003): universalismo, comunalidade, desinteresse e ceticismo organizado (Merton, 2013).
3. **Posturas Moderadas**: Vários filósofos da ciência propuseram teorias epistemológicas moderadas, evitando extremos do positivismo e do relativismo: Gaston Bachelard, Thomas Kuhn, Stephen Toulmin, Larry Laudan, Gérard Fourez. No âmbito da pesquisa em ensino de ciências, estes autores influenciaram fortemente a consolidação da chamada “visão consensual da Natureza da Ciência” (Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2018). Para nossa análise, classificamos como moderadas as visões de ciência que tendiam a um equilíbrio entre internalismo e externalismo, conteúdo e contexto, e que defenderam os valores do *ethos* científico, porém reconhecendo que eventualmente os cientistas podem agir em desacordo com estes valores.
4. **Relativismo**: Esta categoria é inspirada principalmente no anarquismo epistemológico de Paul Feyerabend e por autores que criticaram a autoridade científica, como certos adeptos do Programa Forte da Sociologia das Ciências. São classificados nesta categoria os alunos que enfatizaram aspectos sociais da ciência, dando mais atenção ao contexto sócio-histórico que aos conteúdos; ou que questionaram a autoridade da ciência e os valores do *ethos* científico, enfatizando aspectos não racionais das condutas dos cientistas, como orgulho intelectual, disputas por poder e prestígio, adesão dogmática ao paradigma vigente, entre outras. É caracterizada como relativista a corrente pós-moderna de crítica à ciência, que argumenta que a ciência não é nem neutra nem imparcial (Feyerabend, 2003; Bagdonas, 2020).

⁸ Tomamos a liberdade de reproduzir integralmente as palavras de (Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2018), nas categorias a 1, 2, e 3.

⁹ Chamamos aqui de “Senso Comum” aquilo que El-Hani, Tavares & Rocha (2004) chamam de “concepção inadequada”. Tal opção se deu devido à complexidade em se determinar como correta ou não uma concepção de ciência.

5. **Relativismo Ingênuo**¹⁰: Trata-se de uma radicalização (ingênua) à posição de senso comum. Entende tanto a ciência quanto o cientista como oportunistas e sem escrúpulos já que seus objetivos, intenções e interesses são orientados por questões políticas, morais ou ideológicas, uma vez que buscam por interesses próprios. Aproxima-se, também de forma caricaturesca, da “visão histórica da ciência” de Fourez (1995), na qual esta última é considerada como uma construção histórica condicionada a uma época e a projetos específicos, além de ser uma construção feita por e para humanos Bagdonas & Silva, 2015; Martins, 2015; Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2014; Pérez, 2001).

Vale salientar que as categorias aqui empregadas não foram criadas *a priori*. Ao contrário, emergiram da análise dos dados. Devemos ressaltar também que as categorias foram construídas com base em estudos de Filosofia da Ciência, mas seguindo recomendações da literatura em História e Filosofia da Ciência no Ensino, que orienta que os objetivos de instrução em Filosofia para educação básica precisam ser modestos (Matthews, 1998; Martins 2006). Dessa forma, não temos a pretensão de encontrar concepções de professores e estudantes com o mesmo rigor das concepções de filósofos profissionais. As categorias visam a mapear tendências, o que pode ajudar na instrução explícita sobre Natureza da Ciência, de modo a mostrar para os estudantes a diversidade de posturas possíveis.

A classificação e validação das falas dos licenciandos de acordo com as categorias descritas acima foi feita, inicialmente, por meio de um processo de triangulação e posterior discussão entre os autores do artigo (Creswell & Miller, 2000). Na triangulação, buscamos cruzar os dados obtidos no “Momento 2 - Atividade de Aula”, com aqueles obtidos no “Momento 1 - Atividade Pré-Aula”, verificando a coerência da fala dos sujeitos da pesquisa. Posteriormente, a classificação foi discutida entre os autores, verificando se os elementos encontrados nas falas eram, de fato, condizentes com a categoria na qual a fala em questão foi relacionada.

AS CONCEPÇÕES EPISTEMOLÓGICAS DOS LICENCIANDOS EM FÍSICA

O levantamento de concepções apresentado a seguir foi orientado pela fala dos alunos durante as discussões em aula, bem como pelas respostas ao questionário após a leitura das narrativas, no Momento 1. Apresentamos, inicialmente, um panorama das concepções observadas e, em seguida, apresentamos alguns exemplos e comentários gerais sobre aspectos que mais nos chamaram a atenção. Diante dos nossos objetivos, a saber, o levantamento de concepções epistemológicas sobre as relações entre ciências e sociedade, foram analisados somente os “PENSE!” 1, 2, 3, 5 e 14, que são aqueles que buscam mais claramente explorar tais aspectos.

“**PENSE!**” 1: Imagine que você está nesta reunião e que após este jantar um cientista pergunta sua opinião sobre o pronunciamento de Lodge. O que você responderia? De que forma você acredita que os conflitos políticos podem afetar ou não a conduta da ciência?

O pronunciamento de Oliver Lodge, ao afirmar que “*A ciência está além de qualquer política.*”, parece ignorar de forma decisiva as relações intrínsecas entre Ciência, Sociedade e Política, uma vez que é inegável que conflitos políticos, em maior ou menor medida, sempre exercem influência sobre a Ciência e seus atores. Ademais, se considerarmos a Ciência como parte integrante da cultura de uma sociedade, a declaração de Lodge desconsidera a realidade de que as culturas são intrinsecamente multifacetadas. Sua afirmação, contrariamente, sugere que a Ciência é uma entidade desprovida de inclinações e que existe à parte da sociedade, desconectada de suas vicissitudes. Dentro deste contexto, a observação de Lodge pode ser interpretada como um ponto de vista racionalista, uma vez que minimiza a importância dos fatores sociais, como no caso da Primeira Guerra Mundial, sobre o desenvolvimento científico.

A respeito deste “PENSE!” observamos as seguintes concepções:

Categoria	Senso Comum	Racionalismo	Moderados	Relativismo	Rel. Ingênuo
Alunos		3, 4, 5, 6, 7	1, 2, 8		

¹⁰ Postura equivalente àquilo que Bagdonas e Silva (2013) chamaram de “tendência construtivista” (p. 218).

Os *Alunos 1 e 2*, manifestaram não concordar “*integralmente com o pronunciamento feito*”, uma vez que acreditam “*que a ciência não está além de qualquer política*”. Neste sentido, os alunos mencionados fazem um movimento em direção a uma posição moderada, ou seja, uma posição de que há um equilíbrio entre aspectos epistêmicos e não epistêmicos da ciência. Os dois alunos complementam ainda suas falas com os seguintes dizeres:

[...] a política é algo que engloba todos os aspectos da vida em sociedade. Tudo que é construído socialmente é permeado de política. E ela [a sociedade] também tem influência direta na ciência devido a questões de financiamento...

O *Aluno 3*, ao se colocar no lugar dos participantes do encontro, afirma que “*se fosse eu o cientista, [os fatores políticos do momento] não me influenciariam.*” Posição semelhante é defendida pelo *Aluno 4*, dizendo que “*devido à minha paixão pela ciência, eu concordaria com a fala do Lodge*”.

As posições delineadas a partir das argumentações apresentadas pelos *Alunos 3 e 4* nos permitem entender que, enquanto cientistas inseridos naquela conjuntura, eles não enxergam seus trabalhos sendo diretamente impactados pela situação vigente, ou seja, nota-se uma tendência à posição racionalista, que atribui papel secundário a aspectos sócio-históricos relacionados à ciência e à sua prática. Entretanto, as posições são controversas: apesar de não admitirem ou perceberem, em âmbito individual, a influência de elementos não-epistêmicos na prática científica, os mesmos alunos admitem reconhecê-la em nível coletivo. O *Aluno 3* afirma que “*eu... não [me] influenciaria, mas para uma sociedade, para um país acaba influenciando na ciência sim.*” O *Aluno 4* tem fala semelhante ao afirmar que apesar de concordar com Oliver Lodge, “*a política influencia demais na ciência...*” Ao concordarem com a fala do cientista em questão, a posição racionalista fica clara; por outro lado, ao darem ênfase na desejada, porém, impossível postura ética de não deixar se influenciar por questões alheias à tarefa científica, prezando pela neutralidade, observa-se também a tendência às posições de senso comum.

Os *Alunos 5 e 6* apresentam posturas semelhantes às demonstradas acima, que fazem com que sejam associados ao racionalismo. Ao responderem a questão propostas eles afirmam que

“Lodge está certo, a ciência não deveria sofrer interferência da política. A ciência, infelizmente, é manipulada pelos conflitos políticos e muitas vezes acaba sendo orientada para favorecer, enriquecer ou auxiliar alguma nação, com a ideia de mostrar ao resto do mundo, que aquela nação é “superior” pelos avanços que a ciência produz. Seu uso deveria ser livre de qualquer questão política.”

O uso do termo “*infelizmente*” demonstra que os *Alunos 5 e 6*, apesar de concordarem com a fala em questão, ainda percebem alguma influência contextual sobre a ciência. Novamente, o racionalista, a exemplo de Imre Lakatos, não descarta esse tipo de influência, ele apenas entende que seu papel não é tão preponderante quando comparado aos aspectos cognitivos da Ciência. Postura semelhante também observada no *Aluno 7*, ao afirmar que “*aqueles que são comprometidos com a ciência devem se desfazer das barreiras políticas e ideológicas que a cercam.*”

Dando continuidade à discussão o *Aluno 2* pede a palavra para contrapor a fala feita pelo *Aluno 4*. O *Aluno 2* afirma que justamente

“[...] pela minha paixão pela ciência que eu acho que a gente tem que enxergar que realmente tem influência política nela... isso acaba deixando a ciência mais apaixonante. Porque ela vai envolver conflitos não somente internos, mas também externos, trazendo considerações de toda a sociedade sobre temas importantes.”

O *Aluno 2* traz um argumento que nos remete aos debates Racionalismo vs. Relativismo, adotando uma posição moderada. Esta fala encerrou o debate desta questão e foi corroborada pelos demais colegas.

O “*PENSE!*” 2 vem no contexto de violentos ataques contra cientistas alemães publicados em periódicos de astronomia da Grã-Bretanha. Numa dessas publicações, o astrônomo inglês Herbert Hall Turner (1861-1930) diz que já não é possível, neste momento, manter a posição declarada por Oliver Lodge no jantar da *British Association for the Advancement of Science* e sugeria que fossem cortadas, por completo, as relações com os cientistas alemães. Assim, o aluno é colocado diante da seguinte questão:

“**PENSE!**” 2: Sendo Eddington, o que você poderia fazer para ir contra a segregação entre os cientistas de diferentes países? Esta é uma questão que envolve a ciência ou apenas o posicionamento político pessoal? Você acha que escrever à revista *The Observatory* respondendo com uma declaração pacifista seria um bom caminho, ou isso é inadequado para uma revista científica? O que uma carta como esta poderia dizer?

A primeira frase do "PENSE!" 2 exemplifica a ação de Eddington na qualidade de cientista diante de episódios de segregação, o que nos permite inferir a presença da influência de elementos científicos (ou do próprio cientista) na sociedade. No que concerne à segunda sentença, a expressão "posicionamento político pessoal" abarca uma ampla gama de fatores sociais, culturais e valores que contribuem para a formulação desse posicionamento. Por fim, o termo "pacifista" ilustra a interconexão entre valores individuais, morais e éticos e a ciência.

A respeito deste “PENSE!” observamos as seguintes concepções:

Categoria	Senso Comum	Racionalismo	Moderados	Relativismo	Rel. Ingênuo
Alunos		4, 7	2	1, 5, 6, 8	

O "PENSE!" 2 gerou alguns desacordos. O *Aluno 2*, ao abordar a ideia de redigir um manifesto pacifista, destacou que "o que Eddington fez foi louvável", pois é relevante posicionar-se contra qualquer forma de segregação e xenofobia que aflorasse no cenário britânico da época. De acordo com o *Aluno 2*, o cientista não deve permanecer neutro, uma vez que "é precisamente em momentos como esses que você deve expressar sua opinião". No entanto, ele também reconhece que essa é uma posição delicada, pois "poderia enfrentar severas retaliações... ser alvo de ataques por conta disso." Em relação à elaboração do manifesto, o *Aluno 2* argumenta que

"[...] eu acho que essa questão envolve política, obviamente, porque está envolvendo conflitos políticos. Mas acho que ela envolve um pouco de ciência também. Se nós pensarmos um pouco, quando segregamos toda uma nação, nós segregamos também as ideias que vão vir dela só porque elas são de um contexto específico... Então, acho que tem esses dois aspectos: tanto político, quanto científico. Científico no sentido de que se nós quisermos uma ciência de qualidade, sobretudo para a cosmologia ou a astronomia, não seria legal fazer essa segregação."

Apesar de endossar parte da fala do *Aluno 2*, o *Aluno 1* afirma que

"[...] isso é uma coisa que envolve muito mais posicionamento político pessoal do que ciência de fato. Porque não é só porque uma pessoa é um cientista que ela se sente moralmente ou eticamente obrigada a ser contra a segregação dos cientistas de diferentes países. Eu acho que, na verdade, é muito ao contrário até. Assim, no geral, os cientistas têm um sentimento bem patriótico, nacionalista... Então, eu acho que isso é uma coisa muito mais de posicionamento político pessoal da pessoa."

O *Aluno 1*, ao introduzir termos como "patriotismo" e "nacionalismo" em sua argumentação e, ao mesmo tempo, enfatizar os elementos não-epistêmicos na tomada de decisão sobre a escrita do manifesto pacifista, demonstra uma inclinação em direção ao relativismo. Isso significa que ele adota uma perspectiva que destaca os aspectos não puramente racionais nas práticas científicas, incluindo o orgulho intelectual, disputas por poder e prestígio, bem como a adesão dogmática ao paradigma vigente, entre outros. Por outro lado, o *Aluno 2*, ao ponderar a influência tanto do científico quanto do não científico em sua abordagem, tende novamente a uma posição mais moderada.

As concepções dos *Alunos 4 e 7*, foram classificadas como racionalistas porque defendem que a posição de Oliver Lodge seja endossada; defendem

"reunir grandes nomes da ciência em todo o mundo e reforçar o posicionamento de Lodge, buscando, através disso, derrubar essas barreiras políticas e ideológicas que permeiam a ciência."

O *Aluno 3* não respondeu ou comentou a questão.

Os méritos da Teoria da Relatividade Geral eram severamente criticados, seja por sua autoria, seja por sua complexidade matemática. A sua aceitação não estava condicionada somente à sua coerência lógica matemática, mas também ao fato de ser criação de uma suposta figura inimiga. Diante desta situação, a seguinte questão é levantada:

PENSE 3: Como um astrônomo ou físico participante da reunião da BAAS, você se convenceria em aceitar esta nova teoria de um alemão pouco prestigiado como Einstein? Descreva o papel de cada um dos fatores que podem ter influenciado em sua decisão, por exemplo: gosto estético; política do autor; peso das provas; provas específicas; explicação teórica do problema anterior e outro (s).

O "convencimento" evocado no "PENSE!" 3 abarca diversos aspectos relacionados às perspectivas teórico-metodológicas na interpretação de dados observacionais, bem como a compreensão das interações entre leis, teorias e experimentos, entre outros elementos. Ao considerarmos o fato de que a aceitação da teoria era influenciada pela percepção sobre Einstein como "um alemão pouco prestigiado", podemos discernir as complexas relações entre ciência, sociedade, cultura e valores (com a inclusão do quakerismo como um valor). Isso ilustra as mútuas influências que existem entre cada um desses fatores, destacando como a sociedade e suas crenças culturais e valores desempenham um papel significativo na forma como a ciência é percebida e aceita. O *Aluno 3* não respondeu.

A respeito deste "PENSE!" observamos as seguintes concepções:

Categoria	Senso Comum	Racionalismo	Moderados	Relativismo	Rel. Ingênuo
Alunos		7	4	1, 2	

No que se refere ao "PENSE!" 3, os *Alunos 1* e *2* afirmam que "a gente aceitaria... e os fatores principais que nos influenciariam na aceitação da teoria seria o posicionamento político do autor e a coerência lógica dela..." Os alunos ainda complementam suas respostas afirmando que "se a gente tivesse noção disso [do pacifismo de Einstein] enquanto cientistas, seria um ponto bem importante para gente nessa aceitação."

Ainda durante a discussão, o *Aluno 2* pede a palavra para propor uma reflexão invertendo as posições das personagens: agora Einstein é favorável à guerra. Tal situação o coloca, em suas palavras, em um "dilema", já que

"[...] é difícil você levar à frente a análise de um trabalho de uma pessoa assim, porque a gente acaba pesando muito o caráter pessoal... Por mais que a teoria dele não tenha nada a ver com a guerra... o cientista que a fez não está desvinculado da guerra, ele está sendo favorável... a gente acaba achando que isso pesaria contra a análise do trabalho do Einstein."

O *Aluno 2* reconhece ainda que naquele contexto seria complexo avaliar a Relatividade Geral por sua coerência lógica. Em sua fala, ao retomar a resposta apresentada inicialmente à questão, ele afirma que

"A gente já está partindo do pressuposto que ela [a Teoria da Relatividade Geral] já deu certo, que a teoria já está bem sustentada... É que na época... em geral, quase ninguém, tirando os matemáticos, como o Hamilton... o pessoal lá não sabia muito cálculo tensorial e geometria diferencial. Então, se a gente estivesse naquele contexto, provavelmente a gente não saberia também. Então não teria como validar logicamente... Seria um empecilho."

O *Aluno 4* também comenta a situação, afirmando, sobre o processo de aceitação da teoria

"[...] que eu tenderia a acompanhar o pensamento geral ali do pessoal por conta de falta de comprovação mesmo. Uma matemática que poucos compreendiam... Então eu acho que eu não aceitaria não. Eu sou daqueles que precisa... "tem que provar, tem que provar, tem que provar". Então, eu acho que não aceitaria não."

O *Aluno 7*, por outro lado, diverge completamente das posições apresentadas pelos demais colegas no que diz respeito aos aspectos políticos envolvidos na questão. Em sua fala, o *Aluno 7* afirma que

“[...] ao contrário do que os colegas falaram, eu acho que o posicionamento político dele não me influencia não. Até porque, como o Aluno 2 mesmo falou, essa teoria dele não tem nada a ver com essa questão política, apesar de ciência e política andarem juntas, não serem neutras...”

Mas, ao mesmo tempo, sobre o processo de convencimento, ele afirma que

“[...] não me convenceria não, porque a gente está falando de um cara que não tinha muito nome ainda, não era famoso... E querendo ou não, isso influencia bastante. Não dá para falar que não, porque influencia bastante. E sem contar também que essa teoria dele iria revolucionar tudo que a gente entendia da Física, iria bater de frente com ninguém mais, ninguém menos, que Newton. Então assim, acho que não me convenceria não.”

As declarações dos *Alunos 1* e *2* em relação aos critérios de aceitação da Teoria da Relatividade Geral os situam em uma posição que se inclina em direção ao relativismo, particularmente após o *Aluno 2* expressar a opinião de que naquele momento “*seria um empecilho*” avaliar a teoria com base em sua coerência lógica. Além disso, ambos afirmam em respostas subsequentes que um dos fatores mais preponderantes na aceitação da teoria seria a posição pacifista de Einstein, visto que, se ele fosse abertamente favorável à guerra, “*isso prejudicaria a análise do trabalho de Einstein.*” Essas perspectivas ressaltam a influência de elementos não puramente científicos, como crenças políticas e morais, na avaliação e aceitação de teorias científicas, o que está alinhado com uma abordagem mais relativista da ciência, que leva em consideração uma ampla gama de fatores na tomada de decisão científica.

O *Aluno 4*, ao afirmar que “*tenderia a acompanhar o pensamento geral...*”, faz um movimento em direção à posição moderada. Quando se trata da aceitação de novas teorias, Thomas Kuhn (1922-1996), tido aqui como um dos moderados, destaca que os cientistas muitas vezes estão comprometidos com o paradigma existente, e a resistência à mudança é comum: ponto evidenciado pela fala do aluno. Ao mesmo tempo, argumenta que a aceitação de novas teorias na ciência não é um processo puramente objetivo e racional, mas é influenciada por fatores sociais, psicológicos e históricos, muitas vezes, requerendo uma mudança profunda na mentalidade dos cientistas envolvidos (Kuhn, 1962). Apesar de se concentrar nas evidências experimentais, afirmando que “*tem que provar, tem que provar, tem que provar...*”, esta fala juntamente daquela destacada acima, demonstram o comprometimento com o paradigma vigente e, daí, a postura moderada. Os demais alunos não responderam ou comentaram a questão.

Eddington nunca escondeu sua admiração pelas ideias de Einstein, chegando a admitir que estava completamente convencido delas desde a primeira leitura dos manuscritos enviados por De Sitter. Entretanto, apesar do convencimento, Eddington se mostrava entusiasmado com a possibilidade de testar aquelas ideias. Diante disso, a seguinte questão é apresentada:

PENSE 5: Como Dyson, quais comentários você faria a respeito do entusiasmo de Eddington? Particularmente, como você se sente frente às motivações pacifistas e a mistura implícita entre ciência e política?

O “PENSE!” 5, em sua última sentença, nos remete às Relações entre Ciência, Sociedade e Valores ao fazer referência às “*motivações pacifistas e a mistura implícita entre ciência e política*”. A respeito deste “PENSE!” observamos as seguintes concepções:

Categoria	Senso Comum	Racionalismo	Moderados	Relativismo	Rel. Ingênuo
Alunos				1, 2	

Quanto ao entusiasmo de Eddington, os *Alunos 1* e *2* apontam que seria necessária uma diminuição das expectativas “*afinal poderia ser o caso do experimento não corroborar a previsão teórica que da Teoria da Relatividade Geral em relação ao desvio.*” Os alunos destacam ainda o fato de que “*observações seriam para testar [a teoria] e não para validá-la...*”

Sobre as relações entre Ciência e Política os estudantes afirmam que

[...] é assim que funciona. A gente não tem uma opinião a favor ou contra, porque é assim que funciona, de fato. A gente pensa que ser contra isso seria fechar os olhos para uma coisa que já acontece. É a gente se negar a ver como a ciência realmente se constrói, evolui, se transforma e tudo mais.

Diante de um eventual favorecimento de Einstein por parte de Eddington e os impactos dessas atitudes na validade da Teoria da Relatividade Geral, os estudantes afirmam que

“[...] essa análise enviesada, quando muito explícita, é prejudicial... é aquela questão que a gente sempre discute, do cientista não ter viés nenhum e a gente acaba vendo que não é bem assim. Você sempre têm concepções teóricas, têm umas preferências e acaba tomando partido, tomando lado. Você tenta reduzir isso, mas agora quando você maximiza isso aí, eu acredito que seja um grande problema.”

Novamente, ao dar ênfase a aspectos não racionais dos cientistas, a saber a predileção e convencimento de Eddington pelas ideias de Einstein mesmo antes de serem experimentadas, os alunos apresentam uma tendência à postura relativista. Esta posição é reforçada pelo entendimento da não neutralidade e imparcialidade da ciência nas suas relações com outras instâncias da sociedade. Nas palavras dos estudantes, não entender essas influências mútuas “é se negar a ver como a ciência realmente se constrói, evolui, se transforma...” Os demais alunos não responderam ou opinaram sobre a questão.

O “PENSE!” 14 fecha a narrativa buscando fazer um retrospecto e uma análise dos esforços de Arthur Eddington em prol da Teoria da Relatividade. Assim, a seguinte questão é levantada:

PENSE 14: Quais são os principais desdobramentos do esforço de Eddington e seus colegas com a expedição do Eclipse Solar Total em 1919? Destaque aspectos científicos, sociais, políticos e outros que julgar importantes.

A respeito deste “PENSE!” observamos as seguintes concepções:

Categoria	Senso Comum	Racionalismo	Moderados	Relativismo	Rel. Ingênuo
Alunos		3		1, 2, 5, 6, 7	

Um aspecto notável a ser destacado em relação ao “PENSE!” 14 é que o *Aluno 3* não identificou “nenhum desdobramento [político e social] muito relevante” nos esforços de Eddington, embora uma parte significativa da discussão anterior tenha se concentrado nesses aspectos. No entanto, em termos científicos, o aluno ressalta que a expedição do eclipse “mudou a forma como o homem percebe o funcionamento do Universo”. Isso ilustra como diferentes indivíduos podem interpretar os eventos de maneiras distintas, valorizando aspectos científicos sobre os políticos e sociais, evidenciando uma perspectiva mais centrada na ciência e em suas implicações.

Em oposição ao *Aluno 3*, o *Aluno 2* afirma que

“Eu discordo um pouco do Aluno 3 porque depois da expedição acabou tendo muita análise entre os ingleses dos resultados obtidos por Eddington. Então, acabou que ele promoveu um pouco a cooperação entre cientistas ingleses para analisar o trabalho de um alemão, que até pouco tempo atrás seria inviável devido à segregação. Eu acho que esse é um desdobramento político e social. E acho que também tem a questão da divulgação dos trabalhos para a sociedade em geral. Quando você leva a ciência para um público mais geral, acho que pode se levar em conta como um desdobramento social.”

A fala do *Aluno 7* diante da situação apresentada pelo “PENSE!” 14 se alinha à fala do *Aluno 2*, reconhecendo que as atitudes de Eddington tiveram seus méritos no campo social e político. Segundo o

aluno, Eddington, *“mesmo que pouco, contribuiu nesse início tréguas.”* No mesmo sentido vai a contribuição dos Alunos 5 e 6 que, respondendo ao questionário, afirmam que

“Através da expedição, Eddington mostrou que a cooperação entre diferentes nações auxilia muito no progresso da ciência. Dessa maneira, demonstrou que é possível se unir no meio científico mesmo com divergências políticas. Também com as expedições, Eddington ajudou a ciência a dar um longo passo... ajudando a ascender uma nova teoria científica.”

O Aluno 3, ao não reconhecer os desdobramentos políticos e sociais e dar, em sua fala, importância maior aos aspectos epistêmicos, tende, claramente, ao racionalismo; entretanto, flerta também com certas posições de senso comum, já que deixa subentendido que na ciência não há espaço para opiniões, suposições, especulações ou preferências, enquanto seus agentes são neutros, objetivos e racionais. Seus colegas, por outro lado, ao questionarem sua fala, tendem à posição oposta, ao relativismo. O Aluno 8 não respondeu.

Neste caso, nos chama a atenção a ausência de posições moderadas, que reconhecem o equilíbrio entre os avanços epistêmicos e não-epistêmicos, que defendem os valores do *ethos* científico, porém reconhecendo que eventualmente os cientistas podem agir de forma alheia a estes valores.

Comentários Gerais sobre a Atividade e as Perspectivas Observadas.

A partir das concepções epistemológicas observadas foi possível notar uma predominância de posições com tendências relativistas, isto é, existe, por parte dos sujeitos da pesquisa, uma maior valorização dos aspectos sociais da ciência, do contexto sócio-histórico e dos aspectos não-rationais envolvidos na atividade científica. Tal tendência foi observada treze vezes ao longo dos “PENSE!” analisados. As posições racionalistas e moderadas foram observadas nove e cinco vezes respectivamente, ao passo que posturas puramente de senso comum ou relativistas ingênuas não foram observadas.

O risco de estimular posições relativistas ao ensinar ciência a partir de seu contexto sócio-histórico foi um tema debatido ao longo da década de 1990 (Matthews, 1998). Naquele contexto, enfatizava-se a necessidade de recuperar perspectivas mais moderadas, como o realismo ou o racionalismo, uma vez que concepções mais críticas da ciência (com tendências pós-modernas), como o relativismo, eram consideradas inadequadas para o ensino de ciências (Adúriz-Bravo, 2004; Slezak, 1994). Do outro lado do debate, havia aqueles que acreditavam que os aspectos sociais e culturais da ciência possuíam um grande valor pedagógico, tornando o ensino de ciências mais enriquecedor (Greca & Freire Jr., 2004).

Numerosos estudos têm apresentado uma perspectiva oposta, argumentando que uma abordagem histórica que coloca a ciência em seu contexto sociocultural não necessariamente fomenta perspectivas relativistas (Kragh, 1998; Greca & Freire Jr., 2004; Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2014; 2015; 2018). Por exemplo, Bagdonas, Zanetic e Gurgel (2015, p. 6), ao implementarem uma abordagem semelhante com estudantes do ensino médio, observaram *“uma predominância de valores cognitivos, mais alinhados com o ‘ethos da ciência’ de Merton do que com o relativismo”*.

Geralmente, ao discutirmos ciências em sala de aula, esperamos que sejam fomentadas posturas mais moderadas, que fujam de posições extremadas. Acreditamos que a falta de um planejamento mais adequado teve impacto significativo no desenvolvimento da abordagem didática, resultando em uma ênfase maior nos aspectos socioculturais da ciência durante as discussões, em detrimento dos aspectos cognitivos. Em outras palavras, a falta de consideração adequada aos aspectos epistemológicos ao longo das discussões pode ter gerado um viés que direcionou as concepções em uma direção específica.

Ao longo da análise também foi possível perceber visões prescritivas (como a ciência deve ser) e descritivas (como ela é de fato) da ciência (Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2014; 2018). Por exemplo, ao responder ao “PENSE!” 1, que pede para que os alunos comentem a declaração de Oliver Lodge - *“A ciência está acima de qualquer política”* -, os Alunos 4 e 7 comentam que

“[...] a princípio a gente concordaria com a fala do Lodge. Eu fiquei pensando na fala do Aluno 1, e eu concordo com ele. Realmente a política permeia tudo... a política influencia demais na ciência, tanto que o Aluno 1 comentou também que essa produção de armamento e tal tem muito interesse político em cima disso.”

As declarações dos alunos em questão são particularmente interessantes, pois destacam a coexistência de duas perspectivas distintas. Ao concordarem com Lodge, eles enfatizam a visão prescritiva da ciência, destacando sua desejável neutralidade e sua separação das influências “terrenas”. Por outro lado, ao reconhecerem as influências “externas”, também demonstram a perspectiva descritiva da ciência, ou seja, como ela é na realidade. Por sua vez, nas falas dos *Alunos 1 e 2*, prevalece a perspectiva descritiva, pois eles afirmam que *“tudo o que é construído socialmente é permeado pela política, e isso também tem uma influência direta na ciência devido a questões de financiamento...”*. Ao longo da análise, foi possível observar muitas outras declarações semelhantes que apontam para a complexa relação entre a ciência e seu contexto sociopolítico.

Salientamos que os autores não tinham qualquer compromisso com nenhuma perspectiva em específico, ou seja, não era nosso objetivo fomentar esta ou aquela posição epistemológica. Entretanto, entendemos que a forma como a abordagem é realizada, a maneira como os “PENSE!” foram formulados e apresentados aos sujeitos da pesquisa podem exercer tal influência, criando certos vieses nas respostas apresentadas e, naturalmente, na posterior categorização. Outro aspecto que merece atenção é o fato da intervenção ter sido dividida em dois momentos, o que permite, por exemplo, que os licenciandos formulem e trabalhem melhor seus argumentos, o que é um ponto bastante positivo. Mas, ao mesmo tempo, pode mascarar posições mais ingênuas, tais como o senso comum e o relativismo ingênuo.

As dificuldades em caracterizar as concepções é outro ponto que merece alguns breves comentários. Muitas vezes as falas analisadas são confusas, dúbias e não objetivas, de forma que não é incomum que haja dúvida sobre a categorização. Vimos no “PENSE!” 1 que a fala do *Aluno 4* foi classificada como racionalista mas com tendências ao senso comum. Outros exemplos de falas relativistas com tendências ao relativismo ingênuo também podem ser observadas. É normal que uma fala se enquadre em mais de uma categoria ao mesmo tempo e que um estudante que teve uma fala classificada como racionalista em um momento, seja classificada como relativista em outro, por exemplo. Sendo assim, a decisão por classificar as falas nesta ou naquela categoria se prende a elementos muito sutis e, por vezes, subjetivos. Entretanto, a constante discussão das falas entre os autores tinha por objetivo a busca de consensos nas classificações, tentando tornar o processo de análise o mais objetivo possível.

Entendemos que tais dificuldades poderiam ser diminuídas com o emprego de entrevistas, já que elas *“possibilitam o acesso oral às compreensões dos estudantes e, quando semi-estruturadas, permitem explorar em profundidade essas compreensões”* (Rozentalski, 2018, p. 128). Este instrumento nos permitiria estudar as diferentes perspectivas e particularidades observadas ao longo dos dois momentos da atividade, proporcionando ainda mais objetividade à análise feita. Entendemos a não realização de entrevistas como um fator limitante deste trabalho.

Conforme aponta Rozentalski (2018) em uma interessante revisão de literatura, as concepções de Natureza da Ciência de alunos e professores, sejam no nível básico ou universitário, tendem, de forma geral, a serem ingênuas, pouco elaboradas e resistentes às mudanças. Entretanto, espera-se que aqueles alunos que já tiveram algum contato com estudos de História e Filosofia da Ciência desenvolvam visões mais elaboradas. Este aspecto foi claramente observado ao longo da intervenção aqui descrita, já que as concepções menos elaboradas, aquelas que flertavam com o senso comum ou relativismo ingênuo, partiram exatamente daqueles alunos que estavam tendo seu primeiro contato com estudos de caráter histórico e filosófico, a exemplo dos *Alunos 3, 4 e 7*. Os demais sujeitos da pesquisa, já haviam tido contato com disciplinas ou propostas semelhantes àquela aqui apresentada (Bagdonas, Zanetic & Gurgel, 2018; Góis, 2022) apresentando, portanto, concepções mais elaboradas. Sendo assim, os resultados aqui descritos estão em linha com as pesquisas da área, de forma que as concepções analisadas transitam entre visões racionalistas, relativistas e moderadas. Como esperado, ao longo do desenvolvimento da proposta não foi possível perceber mudanças significativas nas concepções epistemológicas dos alunos, mas pode-se observar, a partir dos estudos históricos, indícios de evolução nas concepções, haja vista o processo de construção, rigor e complexidade dos argumentos apresentados dentro de cada uma das concepções empregadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em nossa busca por espaços e abordagens para incorporar discussões históricas e filosóficas no ensino de ciências, deparamo-nos com uma estratégia formidável nas narrativas históricas. Estas narrativas não apenas orientaram, contextualizaram e estimularam nossas reflexões e debates, como também

revelaram uma abordagem fascinante. Conforme apontam (Klassen, 2009; Klassen & Klassen-Froese, 2014; Schiffer & Guerra, 2018; Schiffer, 2019), percebemos ao longo da intervenção o estímulo à imaginação, o apelo ao emocional e o envolvimento dos estudantes nas discussões pretendidas, de forma que as narrativas se apresentaram também como uma interessante estratégia diante de certa resistência encontrada na inserção de aspectos históricos e filosóficos nas salas de aula (Domingos, 2022).

Percebemos também uma interessante ferramenta, não convencional, para se ter acesso e problematizar concepções epistemológicas. Para o professor, tal ferramenta se mostra particularmente útil já que, permitindo ao docente o acesso às concepções epistemológicas, permite também que sejam identificadas aquelas concepções menos informadas (neste caso, o senso comum e o relativismo ingênuo), para que possam ser trabalhadas e, eventualmente, reformuladas. Conforme mencionado na introdução deste trabalho, concepções e narrativas negacionistas surgem, muitas vezes, a partir de uma compreensão inadequada do fazer científico, do processo de construção de conhecimento e suas nuances. A identificação de tais concepções pouco informadas é um primeiro e importante passo para evitar sua evolução e todos os prejuízos que o negacionismo científico tem a oferecer. No contexto deste trabalho, as posições negacionistas estariam relacionadas às concepções com tendências ao relativismo ingênuo, ou seja, aquela que, conforme mencionado anteriormente, entende tanto a ciência quanto o cientista como oportunistas e sem escrúpulos já que seus objetivos, intenções e interesses são orientados por questões políticas, morais ou ideológicas, uma vez que buscam por interesses próprios. Nenhuma concepção com este viés foi encontrada.

Observamos, naturalmente, algumas resistências à proposta que, nesta atividade, partiu do *Aluno 3* em particular, que entendia que discussões de caráter histórico e epistemológico têm menor valor em relação às discussões relativas aos aspectos epistêmicos. Todavia, conseguimos problematizar por meio da intervenção diversos aspectos relacionados à construção do conhecimento científico e à prática científica.

No entanto, ao considerar uma intervenção guiada por narrativas históricas, é fundamental levar em conta diversos aspectos que podem influenciar o processo. Em nosso caso, notamos a presença de uma participação assimétrica por parte dos alunos nas aulas, algo comum em ambientes de sala de aula, onde alguns estudantes tendem a participar mais ativamente do que outros. Embora esse padrão seja natural, uma vez que alguns alunos são naturalmente mais expressivos e participativos, ele, de certa forma, pode afetar o desenvolvimento da proposta, uma vez que alguns alunos que expressaram concepções e opiniões valiosas em suas respostas aos questionários optaram por não compartilhá-las durante as discussões em sala de aula. Uma situação semelhante foi observada e discutida por Oliveira (2019) em sua própria intervenção.

O fato de termos conseguido integrar a intervenção didática à ementa de uma disciplina, em vez de tratá-la como uma atividade isolada, também desempenhou um papel relevante no desenvolvimento da proposta. Nesse contexto, a leitura da narrativa e a subsequente resposta aos "PENSE!" foram consideradas como componentes das avaliações da disciplina, o que resultou em um maior engajamento por parte dos estudantes. Além do engajamento, é digno de nota o fato de que os alunos apreciaram e se divertiram com a atividade e a leitura dos textos (Domingos, 2022).

Outro ponto crucial que merece atenção especial para o bom andamento da proposta é um conhecimento detalhado do episódio histórico abordado. Nesse sentido, sugerimos aos professores que eventualmente desejem implementar propostas semelhantes em suas salas de aula que se aprofundem na pesquisa histórica do tema a ser desenvolvido (Stanley, 2003; Kevles, 2005; Cardoso *et. al*, 2015; Basílio, 2019). Esse conhecimento detalhado é essencial não apenas para abordar adequadamente os aspectos relacionados à Natureza da Ciência, mas também para conduzir as discussões de forma eficaz.

Consideramos que a proposta cumpre, de maneira satisfatória, o objetivo a que se propõe, isto é, levantar e problematizar concepções de Natureza da Ciência em cursos de formação de professores. A partir da proposta desenvolvida, podemos afirmar que as narrativas, de fato, representam uma excelente estratégia para promover debates relacionados à ciência e sua natureza. Isso ocorre porque as narrativas envolvem os alunos, contextualizam as discussões e as orientam com base em casos reais. Nesse sentido, nossas observações corroboram a literatura recente sobre o tema, que reconhece o valor das narrativas no ensino de ciências.

Em um contexto permeado por informações instantâneas e interpretações pouco rigorosas, é fundamental reconhecer a importância das abordagens históricas no ensino de ciência como uma ferramenta potencialmente capaz de combater narrativas negacionistas. Ao olharmos para o passado, podemos compreender como teorias científicas evoluíram ao longo do tempo, as evidências acumuladas que as sustentam e os desafios enfrentados por cientistas que buscaram estabelecer suas ideias. Tal perspectiva

histórica nos ensina que a ciência é um processo contínuo de investigação, ajuste e refinamento, e que o consenso científico não é alcançado de forma arbitrária. Ao considerarmos, por exemplo, que a Teoria da Relatividade Geral passou por décadas de escrutínio e provações antes de ser amplamente aceita, percebemos que a ciência exige rigor e paciência. Portanto, entender o processo histórico da ciência, nos prepara também para discernir entre alegações baseadas em evidências sólidas e aquelas que carecem de fundamento, fortalecendo assim nossa capacidade de combater o negacionismo e promover uma compreensão mais precisa do mundo que nos rodeia. Em última análise, a abordagem histórica na ciência não apenas nos educa sobre o passado, mas também nos capacita a enfrentar os desafios contemporâneos com base em evidências sólidas, uma das melhores defesas contra as teorias infundadas e a desinformação que permeiam nossa sociedade atualmente. Num contexto de narrativas negacionistas, o uso de narrativas históricas didáticas é como fazer o “inimigo” provar do próprio veneno...

Agradecimentos

Os autores agradecem imensamente ao professor Dr. Danilo Cardoso (IFSP) e à professora Dra. Flávia Polati (UFRN), por terem cedido os questionários de sua proposta didática sobre ensino de Teoria da Relatividade Geral, que foi adaptada por nós para os fins da presente pesquisa. Estendemos nossos agradecimentos aos licenciandos em Física da Universidade Federal de Lavras que, gentilmente, colaboraram com suas participações. Os professores Dr. André Ferrer Pinto Martins (UFRN), Dra. Andreia Guerra (CEFET-RJ), Dra. Cibelle Celestino Silva (IFSC-USP) e Dr. Evandro Fortes Rozentalski (UNIFEI) também foram fundamentais ao longo desta trajetória com suas críticas, sugestões, observações e *insights* enquanto membros da banca de qualificação e defesa final de mestrado. De forma semelhante, agradecemos também aos pareceristas e editores desta revista que, de forma muito gentil, fizeram seus apontamentos, críticas, sugestões e correções ao longo do processo editorial. Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), cujo auxílio financeiro foi fundamental para o bom andamento da pesquisa aqui descrita.

Finalmente, agradecemos também ao ilustríssimo professor Dr. João Zanetic, falecido dia 25 de abril de 2024, enquanto este trabalho ainda passava pelos trâmites editoriais. Confesso ter sido particularmente difícil retomar o texto vendo ainda suas críticas, correções e sugestões no “cantinho” da página. Contudo, Alexandre e eu encaramos este processo como sendo a nossa homenagem ao João. Pode não ser a melhor, nem a mais bonita homenagem, mas é a nossa.

João era uma pessoa de uma doçura extrema, de uma polidez ímpar e um exemplo de militância pelas causas nas quais acreditava. Para nós, orientandos, ele era um ponto de apoio, um farol que iluminava os, por vezes, pedregosos caminhos da vida acadêmica. As palavras de encorajamento nos momentos de desânimo, as histórias, as piadas e as risadas foram muitas. Espero de coração, querido mestre, que o Universo tenha lhe reservado um lugar juntinho dos grandes nomes da ciência, daqueles que você tanto contava causos. Esteja certo de que a finitude da vida jamais será capaz de apagar o seu legado. São incontáveis as vidas que foram impactadas por aquilo que você fazia de melhor: ser professor! Parafraseando Carl Sagan, diante da vastidão do tempo e da imensidão do universo, foi um prazer poder tê-lo como orientador! Recorrendo ao seu carinhoso e memorável encerramento de e-mail: Feliz da vida, me despeço!

REFERÊNCIAS

- Adúriz-Bravo, A. (2004). Methodology and Politics: a proposal to teach the structuring ideas of the philosophy of science through the pendulum. *Science & Education*, 13(7), 717-731. <https://doi.org/10.1007/s11191-004-5720-8>
- Adúriz-Bravo, A., & Chion, A. R. (2006). El Pensamiento Narrativo en la Enseñanza de las Ciencias. *Inter-Ação*, 41(3), 691-714. <https://doi.org/10.5216/ia.v41i3.41940>
- Allchin, D. (2013). Teaching the Nature of Science: *Perspectives & Resources*. Saint Paul, United States of America: SHiPS Education Press.
- Avraamidou, L., & Osborne, J. (2008). The Role of Narrative in Science Education. *International Journal of Science Education*, 31(4), 1-25. <https://doi.org/10.1080/09500690802380695>
- Bagdonas, A. (2020). A Favor e Contra o Método: a tensão entre racionalismo e anarquismo epistemológico na controvérsia entre Big Bang e Estado Estacionário. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1250-1277. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1250>

- Bagdonas, A. (2019). História da Física para o Ensino de Física como Cultura: debates sobre a neutralidade da ciência no período entreguerras. In A. F. P. Martins (Org.). *Física, Cultura e Ensino de Ciências* (pp. 195-214). São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Bagdonas, A., Zanetic, J., & Gurgel, I. (2018). O Maior Erro de Einstein? Debatendo o papel dos erros na ciência através de um jogo didático sobre cosmologia. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* 35(1). <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2018v35n1p97>
- Bagdonas, A. (2015). *Discutindo a Natureza da Ciência a Partir de Episódios da História da Cosmologia*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de: <https://doi.org/10.11606/D.81.2011.tde-19072011-112602>
- Bagdonas, A., Zanetic, J., & Gurgel, I. (2014). Controvérsias Sobre a Natureza da Ciência como Enfoque Curricular para o Ensino de Física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. *Revista Brasileira de História da Ciência*, 2(7), 242-260. <https://doi.org/10.53727/rbhc.v7i2.199>
- Bal, M., & Boheemen, C. (2009). *Narratology: introduction to the theory of narrative*. Toronto, Canada: University of Toronto Press.
- Barthes, R., & Duisit, L. (1975). An Introduction to the Structural Analysis of Narrative. *New Literary History*, 6(2), 237-272. Recuperado de https://www.uv.es/fores/Barthes_Structural_Narrative.pdf
- Basílio, S. (2020). O Eclipse Solar de Maio de 1919 e as Relações Científicas Entre Brasil e Inglaterra. *Em Construção*, 7. <https://doi.org/10.12957/emconstrucao.2020.48102>
- Berger, A. A. (1997). *Narratives in Popular Culture, Media, and Everyday Life*. Los Angeles, United States of America: SAGE Publications, Inc., <https://doi.org/10.4135/9781452243344>
- Bruner, J. S. (1990). *Acts of Meaning: four lectures on mind and culture*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Bruner, J. S. (1996). *The Culture of Education*. Cambridge, United States of America: Harvard University Press.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto, Portugal: Porto.
- Cardoso, D., Noronha, A., Watanabe, G., & Gurgel, I. (2015). Texto Jornalístico sobre Ciência: uma análise do discurso sobre a natureza da ciência. *Alexandria: Revista de Educação Em Ciência E Tecnologia*, 8(3), 229. <https://doi.org/10.5007/1982-5153.2015v8n3p229>
- Chalmers, A. (1993). *O que é Ciência Afinal?* São Paulo, SP: Brasiliense.
- Clough, M. (2011). The Story Behind the Science: bringing science and scientists to life in post-secondary science education. *Science & Education*, 20, 701-717. <https://doi.org/10.1007/s11191-010-9310-7>
- Creswell, John, & Miller, Dana. (2000). Determining Validity in Qualitative Inquiry. *Theory Into Practice*, 39(3), 124-130. https://doi.org/10.1207/s15430421tip3903_2
- Domingos, F. (2022). *Sobre a Influência do “Não-Epistêmico” na Prática Científica de Arthur S. Eddington (1882-1944): o caso da expedição do eclipse solar de 29 de maio de 1919*. (Dissertação de mestrado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-12092022-113101/>
- Dyson, F. (1917). On the Opportunity afforded by the Eclipse of 1919 May 29 of verifying Einstein's Theory of Gravitation, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. 5(77). <https://doi.org/10.1093/mnras/77.5.445>
- Egan, K. (1986). Memory, Imagination, and Learning: connected by the story. *Phi Delta Kappan*, 70(6), 455-459.

- Einstein, A. (1911). On the Influence of Gravitation on the Propagation of Light. *Annalen der Physik*, 35, 898-908. Recuperado de <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-trans/393>
- Einstein, A. (1915 a). On the General Theory of Relativity. *Plenary Session of the Prussian Academy of Science*, November 4, 1915, 98-107. Recuperado de <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/110>
- Einstein, A. (1915 b). On the General Theory of Relativity (Addendum). *Plenary Session of the Prussian Academy of Science*, November 11, 1915, 108-110. Recuperado de <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/120>
- Einstein, A. (1915 c). Explanation of the Perihelion of Mercury from the General Theory of Relativity. *Plenary Session of the Prussian Academy of Science*, November 18, 1915, 112-116. Recuperado de <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/124>
- Einstein, A. (1915 d). The Field Equations of Gravitation. *Plenary Session of the Prussian Academy of Science*, November 25, 1915, 117-120. Recuperado de <https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol6-trans/129>
- Einstein, A. (1919). Time, Space and Gravitation: The Newtonian System. *The Times*. Recuperado de <https://www.jstor.org/stable/1646406>
- Eisenstaedt, J., & Videira, A. A. P. (1995). A Relatividade Geral Verificada: o eclipse de Sobral 29/05/1919. *Einstein e o Brasil*. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ.
- El-Hani, C., Tavares, E., & Rocha, P. (2004). Concepções epistemológicas de estudantes de biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre história e filosofia das ciências. *Investigações em Ensino de Ciências*, 9(3), 265-313. Recuperado de <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/529>
- Erduran, S. (2022). Trust in Science and Science Education - Part 1. *Science & Education*, 31(5), 1101-1104. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00386-4>
- Ernst, E. (2008). *Trick or Treatment?: Alternative Medicine on Trial*. London, United Kingdom: Corgi Books.
- Ferreira, M. V. R., & Silva, C. C. (2023). O Que o Caso do Kit Covid nos Ensina sobre a Natureza da Ciência em Sociedade. In *Atas do XVII Encontro do Programa de Pós - Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo*. São Paulo, SP, Brasil.
- Feyerabend, P. (2003). *Contra o Método*. São Paulo, SP: Unesp.
- Forato, T. (2009). *A Natureza da Ciência como Saber Escolar: um estudo de caso a partir da história da luz*. (Tese de Doutorado), Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <https://doi.org/10.11606/T.48.2009.tde-24092009-130728>
- Fourez, G. (1995). *A Construção das Ciências: Introdução à Filosofia e à Ética das Ciências*. São Paulo, SP: Universidade Paulista.
- Fry, R. (1917). *Quaker Adventure: the story of nine years' relief and reconstruction*. London, United Kingdom: Frank - Maurice.
- Gil-Pérez, D. (2001). Para uma Imagem Não Deformada do Trabalho Científico. *Ciência & Educação (Bauru)*, 7, 125-153. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132001000200001>
- Góis, P. J. (2022). *Dilemas Éticos Envolvendo a Produção de Armas Nucleares em um Jogo Didático*. (Dissertação de mestrado). Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Educação Matemática, Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. Recuperado de <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/50362>
- Graham, S., & Harris, K. (2016). Evidence-Based Practice and Writing Instruction. *Handbook of Writing Research*, 2, 211-226.

- Greca, I., & Freire Jr, O. (2004). A “Crítica Forte” da Ciência e Implicações para a Educação em Ciências. *Ciência & Educação (Bauru)*, 10, 343-361. <https://doi.org/10.1590/S1516-73132004000300004>
- Harari, Y. N. (2014). *Sapiens: Uma Breve História da Humanidade*. Porto Alegre, RS: L&PM.
- Herman, D. (2009). *Basic Elements of Narrative*. Hoboken, United States of America: John Wiley & Sons.
- Hodson, D. (2013). Nature of Science in the Science Curriculum: origin, development, implications and shifting emphases. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, 911-970. Dordrecht, The Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_28
- Irzik, G. (2015). Values and Western Science Knowledge. In R. Gunstone (Ed.). *Encyclopedia of Science Education* (pp. 1093-1096). Dordrecht, The Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_384.
- Jonckheere, R. (1915). *Observatory*, 485(1).
- Kellog, R., & Phelan, J., & Scholes, R. (2006). *The Nature of Narrative: revised and expanded*. Oxford, The Kingdom: University Press.
- Kevles, D. Albert Einstein: Relativity, War, and Fame. In Princeton University Press Staff. *A Century in Books: Princeton University Press 1905-2005* (pp. 115-124). Princeton, United States of America: Princeton University Press, 2005, <https://doi.org/10.1515/9780691238173-014>
- Klassen, S. (2010). The Relation of Story Structure to a Model of Conceptual Change in Science Learning. *Science & Education*, 19, 305-317. <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9212-8>
- Klassen, S., & Froese-Klassen, C. (2013). Science Teaching with Historically Based Stories: theoretical and practical perspectives. In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, 1503-1529. Dordrecht, The Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_47
- Kragh, H. (1996). *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton, United States of America: Princeton University Press.
- Kuhn, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago, United States of America: The University of Chicago Press.
- Lakatos, I. (1970). History of Science and Its Rational Reconstructions. In *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association*, 91-136. London, United Kingdom: Cambridge University Press. https://doi.org/10.1007/978-94-010-3142-4_7
- Lederman, N. (2013). The Development, Use, and Interpretation of Nature of Science Assessments. In: Matthews, M. (Ed.) In *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*. Dordrecht, The Netherlands: Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_29
- Levinson, R. (2006). The Use of Narrative in Supporting the Teaching of Socio-Scientific Issues: a Study of Teachers' Reflections. *Interacções*, 2(4). <https://doi.org/10.25755/int.319>
- Lynas, M. (2018). *Seeds of Science: why we get it so wrong on GMOs*. New York, United States of America: Bloomsbury Sigma Press.
- Marineli, F. (2020). O Terraplanismo e o Apelo à Experiência Pessoal como Critério Epistemológico. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1173-1192. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1173>
- Martins, A. F. P. (2015). Natureza da Ciência no Ensino de Ciências: uma proposta baseada em “temas” e “questões”. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3), 703-737. <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2015v32n3p703>
- Martins, R. A. (2005). Física e História: o caso da teoria da relatividade. *Ciência e Cultura*, 57(3), 25-29. Recuperado de <http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v57n3/a15v57n3.pdf>

- Martins, R. A. (2006). Introdução: A História das Ciências e Seus Usos na Educação. In C. C. Silva (Org.) *Estudos de História e Filosofia das Ciências: subsídios para aplicação no ensino*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Matthews, M. (1995). História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 12(3), 164-214.
Recuperado de <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/7084>
- Matthews, M. (1998). In Defense of Modest Goals When Teaching About the Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 161-174.
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199802\)35:2<161::AID-TEA6>3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199802)35:2<161::AID-TEA6>3.0.CO;2-Q)
- McComiskey, B. (2017). *Post-Truth Rhetoric and Composition*. Utah, United States of America: Utah State University Press.
- McIntyre, L. (2018). *Post - Truth*. Cambridge, United States of America:: MIT Press.
- Merton, R. (2013). *Ensaio de Sociologia da Ciência*. São Paulo, SP: Editora 34.
- Metz, D., Klassen, S., McMillan, B., Clough, M., & Olson, J. (2007). Building a foundation for the use of historical narratives. *Science & Education*, 16(3–5), 313–334. <https://doi.org/10.1007/s10780-015-9233-y>
- Missner, M. (1985). Why Einstein Became Famous in America. *Social Studies of Science*, 15(2), 267-291.
<http://www.jstor.org/stable/285389>
- Mnookin, S. (2011). *The Panic Virus: A True Story of Medicine, Science, and Fear*. London, United Kingdom: Simon & Schuster Press.
- Norris, S. (2005). A Theoretical Framework for Narrative Explanation in Science. *Science Education*, 89(4), 535-563. <https://doi.org/10.1002/sce.20063>
- Lodge, O. (1914). *Observatory*, 479(1).
- Oliveira, M. B. (2003). Considerações sobre a Neutralidade da Ciência. *Transformação*, 26, 161-172.
<https://doi.org/10.1590/S0101-31732003000100008>
- Oreskes, N. (2021). *Porque Confiar na Ciência?*. Lisboa, Portugal: Gradiva.
- Pivaro, G. F., & Giroto Jr. G. (2020). O Ataque Organizado à Ciência como Forma de Manipulação: do aquecimento global ao coronavírus. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 37(3), 1074-1098.
<https://doi.org/10.5007/2175-7941.2020v37n3p1074>
- Pivaro, G. F., & Giroto Jr. G. (2023). Características dos Discursos de Desinformação Relacionados aos Conhecimentos Científicos das Redes Bolsonaristas no Twitter. *Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências*, 23(1), 1-25. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2023u631655>
- Polati, F., & Cardoso, D. (2017). Arthur S. Eddington Provou a Teoria da Relatividade Geral? Uma Proposta de Atividade Histórica para Discutir a Natureza da Ciência. In *Atas do XXII Simpósio Nacional de Ensino de Física*. São Paulo, SP: Sociedade Brasileira de Física. Recuperado de <https://sec.sbfisica.org.br/eventos/snef/xxii/sys/resumos/T1326-1.pdf>
- Rozentalski, E. F. (2018). *Indo além da Natureza da Ciência: o filosofar sobre a Química por meio da ética química*. (Tese de doutorado). Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. <https://doi.org/10.11606/T.81.2018.tde-16072018-141205>
- Sagan, C. (1993). Why We Need to Understand Science. *Mercury*, 22(2), 52-54. Recuperado de http://plaza.ufl.edu/trishak/Carl_Sagan_-_Why_We_Need_To_Understand_Science.pdf
- Santos, N., & Aurette, C. (1992). *Eddington e Einstein*. Lisboa, Portugal: Gradiva

- Schiffer, H., & Guerra, A. (2018). Problematizando Práticas Científicas em Aulas de Física: o uso de uma história interrompida para se discutir ciência de forma epistemológica-contextual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 19(1), 95-127. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2019u95127>
- Schiffer, H. (2019). *Estudos Históricos de Práticas Científicas em Aulas de Física a Partir da Leitura e Escrita de Narrativas: construindo estratégias a partir de um Design Based*. (Tese de doutorado). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ, Rio de Janeiro, RJ. Recuperado de <https://dipgg.cefet-rj.br/ppcte/index.php/pt/teses-e-dissertacoes>
- Silva, C. C. (2006). *Estudos de História e Filosofia da Ciência: subsídios para aplicação no Ensino*. São Paulo, SP: Livraria da Física.
- Slezak, P. (1994). Sociology of Scientific Knowledge and Scientific Education: part I. *Science & Education*, 3, 265-294. <https://doi.org/10.1007/BF00540157>
- Soares, D. (2014). O Encurvamento da Luz Segundo Soldner. [s.l.]: DSL Soares. <http://lilith.fisica.ufmg.br/~dsoares/sobral/soldner.htm>.
- Stanley, M. (2003). "An Expedition to Heal the Wounds of War": the 1919 eclipse and Eddington as a quaker adventurer. *Isis*, 94(1), 57-89. <https://doi.org/10.1086/376099>
- Stanley, M. (2007). *Practical Mystic: religion, science, and A. S. Eddington*. Chicago, United States of America: The University of Chicago Press.
- Taylor, A. J. P. (1965). *English History 1914-1945*. Oxford, United Kingdom: Oxford Paperbacks.
- Thomson, J. J. (1919). Joint Eclipse Meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society. *The Observatory*, 42, 389-398. Recuperado de <https://adsabs.harvard.edu/full/1919Obs....42..389>.
- Whitehead, A. (2011). *Science and the Modern World*. London, United Kingdom: Cambridge University Press.
- Zanetic, J. (1989). *Física também é cultura*. (Tese de doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Recuperado de <https://repositorio.usp.br/item/000731157>

Recebido em: 30.09.2023

Aceito em: 29.05.2024