CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

Ensino de ciências e a validação do saber científico: um estudo sob a ótica da História Cultural da Ciência e da Sociologia e Filosofia de Bruno Latour

Thiago da Silva Peron

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientadora: Andreia Guerra de Moraes

Rio de Janeiro
Outubro de 2020

ENSINO DE CIÊNCIAS E A VALIDAÇÃO DO SABER CIENTÍFICO: UM ESTUDO SOB A ÓTICA DA HISTÓRIA CULTURAL DA CIÊNCIA E DA SOCIOLOGIA E FILOSOFIA DE BRUNO LATOUR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Thiago da Silva Peron

Banca Examinadora:

_____

Presidente, Professora Dra. Andreia Guerra de Moraes (CEFET/RJ) (Orientadora)

_____

Professor Dr. José Cláudio de Oliveira Reis (UERJ / CEFET/RJ)

_____

Professora Dra. Giselle Faur de Castro Catarino (UERJ / CEFET/RJ)

_____

Professora Dra. Thaís Cyrino de Mello Forato (UNIFESP)

_____

Professor Dr. Ivã Gurgel (USP)

_____

Professor Dr. Nathan Willig Lima (UFRGS)

Rio de Janeiro
Outubro de 2020

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

P453 Peron, Thiago da Silva
Ensino de ciências e a validação do saber científico: um estudo sob a ótica da história cultural da ciência e da sociologia e filosofia de Bruno Latour / Thiago da Silva Peron —2020.
266 : il. color. , enc.

Tese (Doutorado) Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca , 2020.
Bibliografia : f. 242-266
Orientador: : Andreia Guerra de Moraes

1. Ciência – História. 2. Ciência – Filosofia. 3. Ciência, tecnologia e sociedade. 4. Latour, Bruno, 1947- 5. Física – Ensino médio. 6.Teoria do conhecimento. I. Moraes, Andreia Guerra de (Orient.). II. Título.

CDD 509

Elaborada pela bibliotecária Tania Mello – CRB/7 nº 5507/04

Dedico este trabalho à memória de meu pai.

AGRADECIMENTOS

A tese que temos em mão relata minha trajetória acadêmica e como os vários contatos que tive desde a minha entrada na graduação moldaram minhas perspectivas em relação aos caminhos da ciência. Além disso, acreditando que os discursos são frutos de inúmeras vozes, o presente documento é composto por todas aquelas vozes que acompanharam minha formação, defendendo que a ciência é uma manifestação social e, por isso, seus produtos são alcançados a partir de interações entre pessoas e coisas. Dito isto, um agradecimento coerente e justo com o que defendo deveria abranger uma infinidade de objetos e indivíduos, sem os quais seria impossível concluir este trabalho. Deveria contemplar os diversos professores que me ofereceram seus conhecimentos e vários outros profissionais, os livros e artigos estudados, amigos, colegas e parentes. Diante da impossibilidade de contemplar todos, vou me ater às pessoas e instituições que estiveram mais próximas nestes últimos anos. Mas o reconhecimento da participação dos demais fica aqui relatada.

Na impossibilidade de, também, ordenar em grau de importância a participação de cada um, ressalvo que este agradecimento não reserva uma estrutura na qual os mais importantes em minha trajetória figuram entre os primeiros ou últimos citados.

Assim, inicio agradecendo aos meus familiares mais próximos. Aos meus pais, que estiveram sempre ao meu lado, principalmente no início de minha vida acadêmica, desde a escolha do curso de Física, passando pelas dificuldades pessoais e acadêmicas durante a graduação, até a entrada em ambas as pós-graduações. As palavras de apoio sempre foram motivadoras. Minha mãe, sempre compreensiva, aceitando meu distanciamento nas fases mais árduas da escrita da tese. Meu pai, que não pôde acompanhar minhas últimas conquistas, o primeiro a me incentivar quando declarei minha vontade de cursar a graduação em Física, sempre me apoiando e acreditando nos meus sucessos profissional e acadêmico. Não tive a oportunidade de lhe dizer, mas todas as vezes que demonstrava tranquilidade em relação ao meu futuro, fortalecia minha confiança.

Agradeço às minhas irmãs e amigas. Thalita, por me acolher, pelo companheirismo, pelas conversas após longos e cansativos dias de trabalho, pelo carinho. Thais, minha primeira amiga, agradeço pelo carinho de sempre, por entender meu jeito, por compreender minha distância. Estendo este agradecimento ao meu cunhado, Juma, por ter me aceitado como padrinho do Matheus. Meu sobrinho que teve o azar (meu azar), ou sorte (a dele, talvez), de chegar quando eu já cursava o doutorado, ainda não pude lhe ensinar muita coisa errada, mas iremos compensar. Agradeço aos

meus avós, mas em especial à minha vó Dorinha. Gostaria muito de poder estar mais próximo.

Agradeço às minhas filhas, Marina e Cecília. Imagino como deve ser difícil conviver com um doutorando. O melhor computador sempre ocupado; os domingos, os filmes, os jogos perdidos em função da tese; a irritação imanada, mesmo sem palavras, sem razão aparente, em virtude uma noite mal dormida e de um parágrafo que não ficou bom. Mas agradeço demais o companheirismo, principalmente nestes últimos meses. Agradeço por serem uma das maiores motivações pra continuar qualquer empreitada. Agradeço à minha esposa, Thaisa, que compartilha com minhas filhas o companheirismo e a compreensão. Toda conquista minha também é dela, essa não seria diferente. Agradeço por ter aceitado entrar nessa jornada comigo, por respeitar as horas que passo sentado em frente a uma tela e os inúmeros compromisso adiados.

Agradeço aos amigos José Augusto, Cassiano, Marlon, Wagner, Eliane e Marcelo, que estiveram mais próximos nestes últimos anos. Parceiros de viagens, trabalhos, congressos e de conversas perdidas no tempo, mas extremamente relevantes. Não poderia deixar de citar aqueles que hoje estão mais distantes, mas que ainda assim sempre me apoiaram, Márcio, Crochet, Luciano e Terror. Agradeço aos amigos e companheiros de pesquisa do NIEHCC, Wagner, Mary, Priscila, Emanuel, Catalina, Fabiano, Abigail, Tânia, Tainá, Tainá, Iamni, Douglas, o velho companheiro Bruno, Herman, Cristiano, Juliana, Natasha, Pedro, Elbert, Aline, Paulo, Matheus, Luciana e Nathan. Acho que me lembrei de todos, os que passaram por lá e os recém integrados. Obrigado por contribuírem imensamente neste trabalho, indicando textos e autores (que alguns o fizeram sem ao menos lê-los), por acompanharem minhas apresentações, por ajudarem no planejamento da pesquisa, pelas correções e contribuições, pelas conversas, por ouvirem, pelas viagens e almoços. Essa tese é de todos nós, por isso as críticas que farão a ela também serão direcionadas a vocês.

Um agradecimento especial à pedra angular do NIEHCC, nossa orientadora Andreia Guerra. Desde o mestrado sempre me apoiou e me instruiu muito. Nos ensinou sobre História das Ciências, artes, filmes, vinhos, viagens, questões sociais e políticas, enfim, um pouco de tudo. Ultrapassa a função de orientadora, é uma grande amiga e professora. Posso falar em nome de todo o grupo que aprendemos demais com ela, em todos os aspectos. Ela, de fato, nos orienta. Todos os trabalhos que produzimos tem mais do que suas correções, tem muito dela. Agradeço pela paciência, por conseguir tempo de ler e ponderar tudo aquilo que produzimos, por ouvir nossas mazelas, por cobrar na medida certa.

Agradeço ao CEFET/RJ, não somente por oferecer a pós-graduação, mas pela estrutura, funcionário e pelos professores. Não tive contato com todos, infelizmente, mas agradeço até mesmo àqueles que não me deram aulas, pois suas contribuições estão lá. Destaco alguns professores e funcionário que me ajudaram muito, tanto no mestrado quanto no doutorado. Professor Álvaro Chrispino, pelos ensinamentos, pelas instruções, pela coordenação do curso, por todo o apoio e inspiração. Professor Marco Braga, por tudo que nos informou, pela ajuda na minha passagem pela instituição, pelas divertidas histórias. Professora Renilda Barreto, por tudo que acrescentou e ensinou sobre História. Professora Sheila Cristina, pela paciência e ajuda nos trâmites da instituição. Servidores da pós-graduação, aos quais sempre nos dirigimos em momentos de dúvidas, em especial à Márcia, auxiliando nas questões burocráticas.

Agradeço ao Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG), campus Juiz de Fora. Não só pela possibilidade de me licenciar para concluir o doutorado, mas pelo incentivo e por tornar tudo mais fácil. Agradeço muito aos meus alunos, que não posso citar a turma, mas que me ajudaram na pesquisa e em meu trabalho. Tenho a obrigação de citar entre professores e funcionários, aqueles que participaram efetivamente nessa empreitada, Hugo, Elpídio, Éder, Juliano, Denise, Alessandro, Jefferson, Adriene e Renan, pela colaboração e paciência. Ao núcleo de Física, aos professores Fabrício, Elena, José Antônio, Diana, Evandro, André, Bruno, Jovem Wagner, Emanuel, Thales, Victor, Marlon, Jardim e ao Denílson, reconheço todas as contribuições, me permitindo selecionar disciplinas e ajustando minha carga horária.

Agradeço à banca examinadora, aqueles poucos que lerão essa tese integralmente, mais de uma vez. Professores José Claudio, Ivan Gurgel, Nathan Lima, Thais Forato e Giselle Faur. As contribuições destes professores são de longa data, através de seus textos, de conversas, parcerias e pelo trabalho que exercem na área de Ensino de Ciências no Brasil. Suas pesquisas me ofereceram um modo de observar meu papel de professor de forma diferente, transformando a maneira como encarava as ciências. Se apresento uma tese que contempla as ciências como manifestação da cultura ou como um componente social, preocupado com os desdobramentos do fazer científico, entendendo nosso papel político, ou, ainda, se tive convicção dos referenciais teóricos que adotei, deve-se, em grande parte, aos trabalhos de pesquisadores como eles. Agradeço aos apontamentos quando da minha qualificação, ajustando e enriquecendo essa tese.

Agradeço aos governos federais anteriores, que possibilitaram o aumento da área de pesquisa, permitindo o surgimento de novos cursos de pós-graduação, incentivando a pesquisa e a criação de periódicos, financiando instituições e eventos, enfim, permitindo que o debate em torno da melhoria do Ensino de Ciências ocorresse. Agradeço por ter nos incentivando a entrar e permanecer nessa área, mesmo agora, em tempos nos quais obstáculos maiores se oferecem.

Agradeço à Vanilda, que trabalha conosco, em nossa casa. Que teve de conviver mais comigo desde que meu afastamento das atividades no IF Sudeste MG se confirmou. Que nos auxilia a manter as coisas em ordem e permitiu-me negligenciar muitos problemas corriqueiros, mas que demandaria minha atenção.

Como todo episódio científico, essa tese também é datada, é localizada. Termino sua escrita em um período conturbado. Estamos confinados em razão da pandemia do Covid-19, alterando costumes e comportamentos. As demandas do dia-a-dia se transferiram, quase que integralmente, para dentro de nossas casas. Naturalmente que isso traz toda a sorte de interferências ao andamento de nosso projeto. Por essa razão, gostaria de registrar meu agradecimento a todos que garantiram que ficássemos um pouco mais resguardados. Refiro-me às servidoras e servidores do CEFET/RJ e IF Sudeste MG que garantiram a comunicação, o trabalho remoto e o andamento de processos administrativos nessa época.

Para finalizar, reduzindo um possível estranhamento de meus colegas do NIEHCC, por eu não ter lançado nenhuma citação de uma das referências que utilizo. Gostaria de transcrever uma passagem da obra de Bruno Latour a qual, de certa forma, ilustra como é o trabalho de um estudante de pós graduação. Antes, porém, devo esclarecer que nem tudo que a citação contempla ocorreu comigo, caso contrário as palavras digitadas anteriormente perderiam seus sentidos.

> Ainda que trabalhemos diligentemente, nada melhora porque, após alguns meses, vemo-nos mergulhados num dilúvio de informações, reportagens, transcrições, tabelas, estatísticas e artigos. Como tirar alguma coisa com algum sentido dessa pilha de pastas que se acumula em nossa escrivaninha e desses disquetes cheios de dados? Lamentavelmente, o texto fica por escrever e é sempre adiado. Apodrece ali enquanto orientadores, patrocinadores e clientes esbravejam, enquanto amantes, esposas e filhos se irritam ao vê-lo chafurdar na lama escura dos dados a fim de trazer luz ao mundo. E quando você se põe a escrever de verdade, já contente consigo mesmo, tem de sacrificar enorme volume de informação que não caberá no pequeno número de páginas planejado. Como estudar e frustrante!
>
> Bruno Latour, Reagregando o social, 2012, página 182.

Perguntas de um trabalhador que lê

Quem construiu Tebas, a cidade das sete portas?
Nos livros estão nomes de reis;
Os reis carregaram as pedras?
E Babilônia, tantas vezes destruída,
Quem a reconstruía sempre?
Em que casas da dourada Lima viviam aqueles que a construíram?
No dia em que a Muralha da China ficou pronta,
Para onde foram os pedreiros?
A grande Roma está cheia de arcos-do-triunfo:
Quem os erigiu? Quem eram aqueles que foram vencidos pelos césares?
Bizâncio, tão famosa, tinha somente palácios para seus moradores?
Na legendária Atlântida, quando o mar a engoliu, os afogados continuaram a dar ordens a seus escravos.
O jovem Alexandre conquistou a Índia.
Sozinho?
César ocupou a Gália.
Não estava com ele nem mesmo um cozinheiro?
Felipe da Espanha chorou quando sua armada naufragou. Foi o único a chorar?
Frederico 2º venceu a Guerra dos Sete Anos.
Quem partilhou da vitória?
A cada página uma vitória.
Quem preparava os banquetes?
A cada dez anos um grande homem.
Quem pagava as despesas?
Tantas histórias,
Tantas questões

Berthold Brecht

RESUMO

Ensino de ciência e a validação do saber científico: um estudo sob a ótica da História Cultural da Ciência e da sociologia de Bruno Latour

Discutimos nesta tese como o Ensino de Ciências, pautado na História das Ciências, permite fomentar em salas de aula da educação básica debates sobre o fazer científico, além de contemplar as ciências como manifestações da cultura e da sociedade de determinado tempo e espaço. O projeto foi inicialmente planejado a partir do referencal teórico da História Cultural das Ciências, que nos orientou a olhar as práticas científicas em detrimento das grandes realizações ou dos grandes nomes. Dessa forma, concentramos nossos estudos na prática de publicação científica e dos processos envolvidos na validação do conhecimento científico. A linha historiográfica que adotamos nos direcionou a pensar a validação do conhecimento como um processo que possui historicidade, ou seja, que possui característas que remetem ao seu local e época. Assim, elaboramos o conceito, que chamamos de validação cultural das ciências, e descrevemos como este olhar nos aproximou de outro referencial teórico, a saber, a Sociologia e Filosofia de Bruno Latour. O paralelo que traçamos entre as duas linhas teóricas e o foco no conceito de validação cultural, embasaram a construção de um curso de Física para o terceiro ano do Ensino Médio no qual, todo o conteúdo ministrado, foi realizado a partir das publicações originais dos conceitos daquele ano escolar. Neste curso, visando fornecer elementos que permitissem os estudantes a entenderem as ciências como elemento social e cultural, dedicamos maior atenção à dois conceitos, especificamente. Através das citações dos trabalhos seminais de Louis de Broglie de Ampère, observamos como os conceitos de dualidade onda-partícula de entidades materiais e de corrente elétrica foram se tornando, nos termos de Latour, caixas-preta nas ciências, ou seja, quais os caminhos que levaram à validação cultural daqueles conceitos, considerando as publicações que os citaram. Neste sentido, apresentamos na tese duas pesquisas, uma documental, que analisa os artigos originais daqueles autores, e uma segunda empírica, que procura responder quais argumentos que as aulas planejadas forneceram aos alunos, para que eles contemplassem o fazer científico como ação social.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; História Cultural das Ciências; Sociologia e Filosofia de Bruno Latour; Validação do conhecimento científico.

ABSTRACT

Science teaching and the validation of scientific knowledge: a study from the perspective of the Cultural History of Science and the sociology of Bruno Latour

In this thesis we discussed how Science Teaching, based on the History of Science, allows to promote debates in the basic education classrooms about scientific practice, in addition to contemplating the sciences as manifestations of culture and society of a certain time and space. The project was initially planned based on the theoretical framework of the Cultural History of Sciences, which guided us to look at scientific practices at the expense of great achievements or big names. Thus, we focus our studies on the practice of scientific publication and the processes involved in the validation of scientific knowledge. The historiographical line that we adopted led us to think of the validation of knowledge as a process that has historicity, that is, that has characteristics that refer to its place and time. Thus, we elaborated the concept, which we call the cultural validation of sciences, and described how this look brought us closer to another theoretical framework, namely, Sociology and Philosophy by Bruno Latour. The parallel we draw between the two theoretical lines and the focus on the concept of cultural validation, supported the construction of a Physics course for the third year of High School in which, all the content taught, was carried out from the original publications of the concepts that school year. In this course, aiming to provide elements that allow students to understand the sciences as a social and cultural element, we pay more attention to two concepts, specifically. Through the quotations from the seminal works of Louis de Broglie de Ampère, we observe how the concepts of wave-particle duality of material entities and electric current have become, in Latour's terms, black boxes in the sciences, that is, which are the paths that led to the cultural validation of those concepts, considering the publications that cited them. In this sense, we present in the thesis two researches, a documentary one, which analyzes the original articles of those authors, and a second empirical one, which seeks to answer what arguments the planned classes provided to the students, so that they contemplated scientific practice as a social action.

Keywords: Science teaching; Cultural History of Sciences; Bruno Latour's Sociology and Philosophy; Validation of scientific knowledge.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – A dupla face de Jano, a face esquerda, da ciência pronta, e a face direita, ciência em construção.....80

Figura 2.2 – A inclusão ou retirada de modalidades pode conferir ao enunciado o caráter de fato ou de ficção.....82

Figura 2.3 - A construção de uma caixa-preta perpassa pelo sociograma e pelo tecnograma.....88

Figura 2.4 – Na nova Constituição (dimensão não moderna) os trabalhos de mediação devem ser considerados.....101

Figura 2.5 – Abordagens sobre o vácuo na nova Constituição.....102

Figura 2.6 - A concepção de referencia prevê urna série de transformações com um pequeno hiato entre forma e matéria; a referência, segundo essa visão, qualifica o movimento para a frente e para trás, bem como a natureza da transformação; o ponto principal é que a referência, nesse modelo, vai do centro para as extremidades.....106

Figura 2.7 - A transformação, a cada passo da referência, é descrita como uma permuta entre o que é ganho (amplificação) e o que é perdido (redução) a cada passo de produção de informação.....107

Figura 2.8 – Sistema circulatório das ciências.....108

Figura3.1 - Gráfico com o número de trabalhos publicados na *Nature Magazine* que citaram a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....178

Figura 3.2 - Gráfico com o número de trabalhos publicados na *Annalen der Physik* que citaram a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....178

Figura 3.3 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na Inglaterra.....178

Figura 3.4 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère sobre eletricidade e magnetismo na França.....179

Figura 3.5 – Frequência de citações dos trabalhos de Biot sobre eletricidade e magnetismo na França.....179

Figura 3.6 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França.....179

Figura 3.7 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França e na Inglaterra.....180

Figura 3.8 – Frequência de citações na Nature Magazine sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....191

Figura 3.9 - Frequência de citações na Philosophical Magazine sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....192

Figura 3.10 - Frequência de citações na Annalen der Physik sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....192

Figura 3.11 – Frequência de citações na Nature Magazine, Philosophical Magazine e Annalen der Physik sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....192

Figura 4.1 – Frontispício de *Experimenta nova e imagem retirada da obra*.....209

Figura 4.3 – Slide apresentado em aula sobre Magnetismo.....216

Figura 4.4 - Slide apresentado em aula sobre Magnetismo.....217

Figura 4.5 - Extrato da segunda parte da obra De l'Action mutuelle de deux courans électriques.....223

Figura 4.5 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França.....225

Figura 4.6 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França e na Inglaterra.....226

Figura 4.7 – Frequência de citações na *Nature Magazine* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....228

Figura 4.8 - Frequência de citações na *Annalen der Physik* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie.....228

LISTA DE TABELAS

Tabela 1.1 - Trabalhos selecionados (pesquisa bibliográfica).....55

Tabela 1.2 – Distribuição cronológica dos artigos avaliados.....57

Tabela 1.3 – Autores referenciados em ao menos dois artigos.....57

Tabela 1.4 – Obras mais referenciadas.....58

Tabela 3.1 – Organização do conteúdo programático de Física Geral III.....149

Tabela 3.2 –Artigos de Ampère sobre sua conceituação de correte elétrica.....169/170

Tabela 3.3 - Citações aos trabalhos de Ampère e Biot nos periódicos Journal des Savants e Annales de Chimie et de Physique.....172

Tabela 3.4 - Artigos com citações aos trabalhos de Ampère e Biot na Inglaterra.....172

Tabela 3.5 – Artigos que citam aos trabalhos de Ampère e Biot, sobre eletromagnetismo, nos periódicos franceses Journal des Savants e Annales de Chimie et de Physique...173

Tabela 3.6 – Artigos que citam aos trabalhos de Ampère e Biot, sobre eletromagnetismo, nos periódicos britânicos Philosophical Transactions e Annals of Philosophy.....174

Tabela 3.7 – Artigos selecionados de Louis de Broglie nos quais apresenta o conceito de dualidade onda-partícula.....185

Tabela 3.8 – Número de trabalhos citando de Broglie nos periódicos Nature Magazine, Philosophical Magazine e Annalen der Physik.....191

Tabela 4.1 – Organização final do conteúdo programático de Física Geral III.....204/205

Tabela 4.2 – Textos originais apresentados em sala de aula.....206/207/208

Tabela 4.3 - Citações aos trabalhos de Ampère e Biot nos periódicos Journal des Savants e Annales de Chimie et de Physique.....224

Tabela 4.4 - Artigos com citações aos trabalhos de Ampère e Biot na Inglaterra.....224

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANT.....Actor-network Theory

CAPES.....Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CEFET/RJ.....Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

CTS.....Ciência, Tecnologia e Sociedade

EM.....Ensino Médio

FM.....Física Moderna

HC.....História das Ciências

HCC.....História Cultural das Ciências

HFSC.....História, Filosofia e Sociologia das Ciências

IEP.....Institut d'Études politiques

IHPST……International History, Philosophy and Science Teaching Group

IF.....Sudeste MG Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais

NdC.....Natureza da Ciência

NIEHCC.....Núcleo de Investigação em Ensino, História das Ciências e Cultura

PIBIC-EM..Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio

PNLEM.....Programa Nacional do Livro Didático de Ensino Médio

SPEAP.....Programa de artes políticas do Sciences Po Paris (IEP)

TAR.....Teoria Ator-Rede

TRF.....Hormônio Liberador de Tireotrofina

TRH.....Hormônio Liberador de Tireotrofina

UERJ.....Universidade Estadual do Rio de Janeiro

UnB.....Universidade de Brasília

UNESP.....Universidade Estadual Paulista

USP…….....Universdidade de São Paulo

SUMÁRIO

Introdução 18
I.1 Estruturando a tese e seus objetivos 18
I.2 Caminhos percorridos: trajetória do autor 21
I.3 Sobre a História da Ciência 26
I.4 A História Cultural da Ciência 30
I.5 História da Ciência e ensino 35
1. A validação do conhecimento científico 40
1.1 Conceitos de validação 40
1.2 Aproximações com a epistemologia (?) 48
1.3 O que falam (se falam) a respeito da validação cultural 54
2. A Sociologia e Filosofia de Bruno Latour 60
2.1 A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos 64
2.2 Ciência em ação, como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora 78
2.3 Jamais fomo modernos: ensaios de antropologia simétrica 92
2.4 A Esperança de Pandora 105
2.5 Reagregando o social. Uma introdução à Teoria do Ator-rede. 114
2.6 Considerações sobre a sociologia de Bruno Latour 128
3. Abrindo as caixas-pretas 134
3.1 Por (mais) uma defesa da História das Ciências e ensino e sua relação com a Natureza da Ciência 134
3.2 Latour e o Ensino de Ciências 143
3.3 A escolha do conteúdo documental sobre as obras de Ampère e de Broglie 148
3.4 Primeiro estudo documental: as publicações de André-Marie Ampère e suas repercussões 154
3.4.1 Correntes filosóficas 155
3.4.2 Filosofia natural na França iluminista 159
3.4.3 França no período da revolução 162
3.4.4 Trabalhos de Ampère 167
3.5 Segundo estudo documental: as publicações de Louis de Broglie e suas repercussões 180
3.5.1 De Broglie e França nas primeiras décadas do século XX 181
3.5.2 As publicações de Louis de Broglie 184
3.6 Considerações finais do estudo documental 195
4. Aplicação de um curso de Física com viés histórico e a pesquisa etnográfica 198
4.1 A Instituição de ensino e a turma de estudantes 201

4.2 Descrição do curso e relatos etnográficos 204
4.2.1 Primeiro contato 209
4.2.2 – Primeiro semestre 211
4.2.3 Início do segundo semestre 213
4.2.4 Aulas sobre ciência na Europa iluminista 218
4.2.5 Aulas sobre a controvérsia Biot x Ampère 220
4.2.6 Século XX 226
4.3 Considerações sobre o curso e acerca da pesquisa etnográfica 230
Considerações Finais 234
Referências Bibliográficas 242

Introdução

A presente tese pretende contribuir para a área da pesquisa em educação científica a partir de uma discussão sobre a ciência, em particular sobre o fazer científico e os critérios de validação daquilo que ela produz. Defenderemos a conceituação da ciência como uma entidade cultural e social e, dessa forma, que seu estudo deve considerá-la como um movimento que responde às características de seu tempo e localidade, devendo ser analisada em conjunto com as manifestações artísticas, econômicas e quaisquer outras que constituem a sociedade daquele tempo-espaço. Iremos trilhar a discussão a partir de episódios da História da Ciência, com um olhar historiográfico que nos permitirá vislumbrar a ciência da forma que estamos defendendo. Além disso, teremos o suporte de uma teoria sociológica que também nos dará a possibilidade de estudar o fazer científico como uma ação humana que deve ser analisada em conjunto das demais.

Apesar do relatado anteriormente, este trabalho apresenta, de fato, uma pesquisa empírica sobre ensino de ciências. A partir dessa pesquisa, analisaremos o que a visão de ciência construída a partir dos recortes teóricos dessa tese podem potencializar em aulas de ciências discussões sobre o emepreendimento científico. Iremos, então, descrever como se deu a pesquisa empírica e como debatemos seus resultados dentro de um grupo de pesquisa em ensino de ciências.

Neste capítulo introdutório, iremos, ainda, expor o objetivo deste trabalho e como estruturamos os capítulos da tese. Para tal, narraremos a trajetória do autor e como ela nos levou ao presente trabalho. Com isso vamos discutir a visão que temos a respeito da História da Ciência (HC) e como este olhar nos enquadra na História Cultural da Ciência (HCC) que, como vertente da historiografia da História Cultural, será discutida após apresentação desta última. Por se tratar de uma pesquisa em ensino, defenderemos também neste capítulo, a importância de se trabalhar com a HC e HCC nas aulas de ciências.

I.1 Estruturando a tese e seus objetivos

Indicamos no início deste capítulo introdutório que esta tese se construiu com base numa pesquisa empírica desenvolvida em aulas de Física da educação básica, cujo interesse será o de investigar que subsídios para o ensino sobre ciências na educação básica são construídos a partir de uma abordagem historiográfica. O

referencial teórico que subsidiou o trabalho levou-nos a focar a investigação na consolidação dos conceitos, teorias e entidades científicas, ou seja, no estudo da validação do conhecimento científico, ou de quais fatores internos ou externos à ciência conduziram determinado conhecimento ao status de “verdade científica”. Dessa forma, a pesquisa aqui discutida foi desenvolvida com vistas a construir respostas à seguinte questão de pesquisa:

Que elementos metacientíficos relativos à validação do conhecimento científico, elencado a partir do estudo de obras seminais, potencializam discussões sobre a ciência, capazes de destacar o caráter cultural do empreendimento científico?

Quando pensamos em validação do conhecimento científico várias perspectivas são possíveis. A adoção da HCC nos levou a olhar para o problema a partir do estudo das práticas científicas e, nesse caminho, as publicações científicas tornam-se relevantes para pensar como certo conhecimento dentre outros foi validado como verdade cientifica. Assim, a pesquisa empírica pretendeu investigar se aulas de Física construídas a partir da análise publicações científicas, sob o viés da HCC, possibilitaria aos estudantes e professor discussões sobre a ciência, de forma a problematizar a visão normativa do fazer científico e apontar elementos metacientíficos que constituem a validação do saber científico.

Para construir respostas à pergunta de pesquisa, algumas etapas, com objetivos específicos, foram cumpridas. Em um primeiro momento precisávamos definir o conceito de validação do conhecimento científico, no viés da HCC, ou seja, a partir do estudo das práticas científicas e sua historicidade, para, em seguida, dialogar com demais autores sobre essa definição. Isso nos levou a uma pesquisa bibliográfica que encaminhou a construção do capítulo 1 dessa tese.

Assim, no capítulo 1 discutiremos o conceito de validação e sua aproximação com o conceito de epistemologia. Considerando que a definição do conceito é histórica, estudamos o tema frente à variação do conceito de validação no decorrer dos séculos XIX e XX. Essa pesquisa histórica nos encaminhou a um outro referencial teórico, a Sociologia e Filosofia de Bruno Latour, como discutiremos no referido capítulo.

Esse encontro encaminhou a construção do capítulo 2 da tese, no qual discutiremos aspectos da Sociologia e Filosofia de Latour, que orientaram o estudo em torno ao conceito de validação. Importante destacar que este referencial teórico não foi discutido nesta introdução, pois ele foi incorporado ao trabalho após a etapa narrada no capítulo 1. Como pretendíamos construir nessa tese uma narrativa que guiasse o leitor

pelos caminhos que traçamos, entendemos que a inserção neste referencial deva ocorrer depois de indicarmos as razões e interesses em usá-lo. No capítulo 2, então, apresentaremos as definições de Bruno Latour de “caixa-preta” (2000), actantes (2012), a teoria-ator-rede (2012), e a sociologia das associações (2012). Contrastaremos a Sociologia e Filosofia latouriana com as demais sociologias da ciência e indicaremos suas interseções com a HCC. Algumas controvérsias que orbitam a teoria de Latour também serão apresentadas.

Após familiarizarmos com nosso referencial teórico, apresentaremos no capítulo 3 duas pesquisas teóricas, que objetivaram analisar as publicações científicas de dois conceitos de Física, presentes no currículo do terceiro ano do Ensino Médio da escola em que desenvolvemos a pesquisa empírica.

Estes conceitos foram selecionados de tal maneira que poderiam ser estudados no segundo semestre do ano letivo e, ao menos um deles, nos meses finais do mesmo ano. Isto, pois, a pesquisa empírica exigia uma imersão do pesquisador, que, também, era professor daqueles estudantes. Ademais, optamos por selecionar conceitos que foram construídos e apresentados em períodos históricos distintos, mas com algumas afinidades, fossem essas locais, idiomáticas, conceitual, filosófica ou quaisquer outras. Deveriam, ainda, ser conceitos cujas narrativas históricas já tivessem sido amplamente exploradas na literatura da História da Ciência, visto que pretendíamos abordá-los a partir de suas publicações originais (os documentos que os divulgaram pela primeira vez) e de demais artigos que os citaram, concordando ou aprovando com o conceito apresentado. Assim, se escolhêssemos episódios históricos pouco estudados, dispenderíamos excessivo tempo em pesquisar informações que porventura não contribuíssem com nossa pesquisa. Por fim, selecionamos os conceitos de natureza de corrente elétrica, a partir das publicações de André Marie Ampère (1775 – 1836), (1820a; 1820b; 1821; 1827) no início do século XIX, e o conceito de dualidade onda-partícula de Louis Victor Pierre Raymond de Broglie (1892 – 1987) (1922a; 1922b; 1923a; 1923b; 1923c; 1923d; 1924d; 1925), no início do século XX.

Além dessas pesquisas, no capítulo 4 apresentaremos um resumo dos temas abordados no curso desenvolvidos com os estudantes do terceiro ano.

A pesquisa empírica, já citada algumas vezes nesta introdução, que tem como objetivo responder à questão problema destacada anteriormente, será descrita no capítulo 4. Vamos narrar como a interação com o grupo de pesquisa, NIEHCC[1], consolidou o referencial teórico metodológico e as análises de resultados. Será discutido

[1] Núcleo de Investigação em Ensino, História da Ciência e Cultura (https://niehcc.wordpress.com/)

o referencial da pesquisa etnográfica (LÜDKE, ANDRÉ, 1986; GEERTZ, 2008; GOELLNER et al., 2010; ANDRE, 2005), com ênfase na pesquisa em ensino.

A sexta parte da tese destina-se às considerações finais, nas quais encontraremos argumentos que apontam se a tese que defendemos é coerente, além de indicar outras possibilidades de investigação a partir da abordagem que construímos.

I.2 Caminhos percorridos: trajetória do autor

Um referencial teórico muito debatido no grupo de pesquisa é a filosofia da linguagem do círculo de Bakhtin (VOLÓCHINOV, 2017) cujas contribuições, apesar de não serem utilizado especificamente na presente tese, estão presentes no enunciado deste autor. Entendemos que o presente texto, então, compreende um discurso que reflete e refrata a trajetória do autor, as diversas ideologias que lhe foram confrontadas e os discursos daqueles que contribuíram para a sua carreira acadêmica e profissional. Em termos mais diretos, um texto sempre expõe seu autor, seu lugar de fala, suas crenças e bagagens teóricas. Dessa forma, para melhor situar a compreensão das análises apresentadas neste texto e até mesmo as motivações que conduziram essa pesquisa, a apresentação do autor torna-se fundamental.

A descrição a seguir, que abrangerá a trajetória acadêmica e profissional do autor, dar-se-á na primeira pessoa do singular pela pessoalidade de seu conteúdo. Contudo, no restante do texto, faz-se necessário recorrer à primeira pessoa do plural, não só por uma estética acadêmica, mas, sobretudo, pelo fato de entendermos que nosso discurso é composto por uma multiplicidade de vozes, nem sempre possíveis de serem percebidas e referenciadas.

Obtive minha graduação em 2003, em licenciatura em Física. Na ocasião, concluía um curso onde, em sua base, não havia distinção entre licenciatura e bacharelado. A diferença curricular só seria sensível a partir da metade da graduação. Isso levou-me a ter contato muito direto com a pesquisa em Física experimental e teórica, inclusive atuando como pesquisador em um laboratório durante três anos de minha graduação. Essa estrutura do curso de Física fez-me distanciar das questões relativas ao ensino de ciências. Eram escassas as disciplinas da área de ensino e havia poucas da área pedagógica. O contato com a História da Física também foi muito restrito, havia apenas uma disciplina de duas aulas semanais que abordava o tema de forma muito factual, concentrando nos grandes nomes de cientistas, datas e *experimentum crucis*. A Filosofia ou Sociologia das ciências não eram contempladas em nenhuma cadeira.

Essa formação contribui para que meu olhar sobre as ciências se desse de forma contrária àquela que traremos nessa tese. Entendia que a ciência apresentava resultados acabados, indiscutíveis, reveladores da verdade de uma natureza independente e dissociada da sociedade, além da crença de que os resultados das ciências proviam de uma metodologia universal que, quando seguida criteriosamente, levar-nos-ia às provas científicas irrefutáveis. Entendia que novas questões surgiriam na Física, mas que a base de nosso conhecimento, hegemonicamente europeia, estava consolidada. Iniciei minha trajetória como professor um ano antes de obter minha graduação e aquela visão sobre ciências e o fazer científico estavam presentes nas minhas aulas.

Em 2010, ingresso no mestrado profissional em ensino de ciências no Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, onde tenho contato com a História e Filosofia da Ciência a partir de uma visão externalista[2]. Passei a vislumbrar o fazer científico intrincado em um contexto sociocultural próprio, analisando a produção científica a partir de seu contexto histórico e vinculado com outras manifestações humanas, como a arte, por exemplo. Os referenciais que utilizávamos defendiam o ensino das ciências a partir de sua história (TERRAZZAN 1992; MATTHEWS 1994; MCCOMAS 1998; MARTINS, 2000; ARRIASSECQ, GRECA, 2004; MATTOS, HAMBURGER, 2004; MARTINS, 2007; PRAIA, et al., 2007; OKI, MORADILLO, 2008; FORATO, 2009; GUERRA, et al., 2011), almejando levar aos alunos uma visão mais crítica das ciências, mais humana. O fazer científico também era defendido como objeto de ensino na educação básica. No Brasil, o ensino **sobre** ciências, ou Natureza da Ciência (NdC), figurava nos principais artigos sobre HC e ensino. A defesa, à época, era a de que ao se discutir a NdC em sala de aula muitos mitos da ciência seriam derrubados, tais como a necessidade de experimentos no fazer científico, a crença em um método científico único e universal[3], a dependência dos grandes nomes no desenvolvimento da ciência, a imparcialidade dos cientistas, entre outros (MCCOMAS, 1998; LEDERMAN, et. al., 2001; ACEVEDO, et al., 2005; MCCOMAS, 2008; OKI, MORADILLO, 2008; FORATO, et al., 2011).

Minha dissertação (PERON, 2012), defendida em 2012, apresentava um trabalho amplo no qual, entre outras ações, investiguei a visão dos alunos sobre as

[2] A visão externalista da História da ciência entende a ciência como atividade humana, cuja compreensão se dá a partir da análise das dimensões extra científicas, em oposição à visão internalista, que entende a ciência como uma forma autônoma do conhecimento, (OLIVEIRA; SILVA, 2011)

[3] Chamamos de *método científico único e universal* o conjunto de etapas a serem cumpridas para se obter resultados na ciência. Entendido como um processo singular, válido em qualquer área científica, que oferece resultados de valores universais e incontestáveis, quando seguidos critérios metodológicos corretos. Nesta tese usaremos o termo método científico para referir-nos à essa compreensão de construção da ciência processual e de validade em qualquer tempo e espaço.

ciências (PERON, et al., 2011). O resultado obtido na época relatava a crença dos estudantes nos experimentos e no método científico como caminho para obtenção de respostas nas ciências. A visão dos discentes frente ao fazer científico, então, não era diferente daquela que eu tinha no momento de minha graduação. Apesar de um dos objetivos do projeto de mestrado fosse diluir esta crença, ela ainda persistiu em alguns alunos ao final das ações realizadas. Não que isso indicasse um fracasso do projeto aplicado e defendido, outras questões também foram investigadas, mas exaltava como essa visão normativa das ciências estava fortemente impregnada no ensino básico, visto que localizamos essa visão das ciências em outras disciplinas, como a Química e Biologia. Um fator relevante do projeto de mestrado foi o de ter sido aplicado em Colégio Militar, onde o currículo único para escolas militares do país deveria ser seguido estritamente, sem descartes de conteúdo. Isso diz-nos da possibilidade de se trabalhar com a HC e NdC sem comprometer o conteúdo disciplinar.

O ano da defesa do mestrado coincide com o último ano de atuação no Colégio Militar onde, apesar da rigidez curricular, eram destinadas um número adequado de aulas para cada professor (era responsável por 16 aulas semanais na ocasião), permitindo-me estudar, planejar e aplicar metodologias e abordagens diferentes daquelas que tradicionalmente fazia. Ao sair daquela instituição, inseri-me na rede particular de ensino, quando assumi uma carga de 56 aulas semanais em quatro escolas distintas. Fato este que me afastou das discussões promovidas na área acadêmica sobre o ensino de ciências, sobretudo do crescente debate acerca das diferentes vertentes sobre o ensino da NdC (MOURA, 2014). Mantive-me afastado até o reingresso em uma rede federal de ensino, neste caso no Instituo Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG) em 2014. Novamente deparei-me com uma situação propícia para um professor que pretende realizar pesquisas e aprimorar sua prática.

Naquele mesmo ano, eu retomei à discussão sobre a crença dos estudantes no método científico, investigando como o tema é abordado pelos autores de livros didáticos de ciências da educação básica brasileira (PERON, 2014). A conclusão daquele trabalho foi a de que nas três disciplinas científicas, em geral, é apresentado uma estrutura única de método científico. Mesmo quando não o citam diretamente, a ideia de um caminho normativo no fazer científico, que conduz à produção de leis e teorias que desvelam a natureza, está presente em algumas obras. Além disso, também naquela instituição em que agora eu trabalhava, era sensível que os estudantes acreditavam na metodologia científica como único caminho para obter-se resultados confiáveis em diversas áreas do conhecimento. No caso particular de uma turma de primeiro ano do ensino médio, essa crença motivou um projeto de pesquisa, iniciado em

2016, que procurava apresentar aos estudantes o fazer científico a partir de um olhar historiográfico (PERON, GUERRA, 2017).

Ainda em 2016, ingresso no doutorado e consolido minha participação no grupo de pesquisa em ensino de ciências. De fato, insiro-me neste grupo meses antes da aprovação no doutorado. Este período de interstício entre a entrada no grupo e ingresso na pós-graduação permitiu-me dialogar com os novos referenciais na área de Ensino de Ciências, HC e NdC.

O grupo de pesquisa, NIEHCC, sediado no CEFET/RJ, apresentava, e apresenta, estudos variados e, consequentemente, referenciais diversos, mas possui em comum o olhar sobre episódios históricos da ciência a partir das práticas inerentes ao fazer científico, sejam elas as usualmente reconhecidas como práticas exclusivas das ciências (tais como atividades experimentais, desenvolvimento de teorias, participação em congressos, divulgação formal de resultados), sejam as práticas não necessariamente específicas da atividade científica (ler, escrever, debater, questionar, etc.) ou até mesmo aquelas cuja natureza geralmente não são entendidas como práticas próprias das ciências (obtenção de financiamentos, formação de grupos com interesses mútuos, negociações políticas, entre outras). A abordagem historiográfica adotada pelo grupo, que respalda este olhar para as práticas científicas, sem priorizar os grandes nomes da HC ou o cenário socioeconômico, estabelecido como algo externo à própria ciência, é a História Cultural da Ciência (HCC). A partir deste aporte, a ciência é compreendida como manifestação cultural, possuindo temporalidade e localidade.

O ensino de ciências a partir da abordagem da HCC possibilitou discussões dos chamados elementos extra científicos (ou metacientíficos) em salas de aula. Ao olhar para as práticas científicas e como elas integram determinada cultura, diversas características do fazer científico puderam ser exploradas, tais como compreender os apagamentos na História das Ciências, de técnicos e artesões por exemplo (AVILA; GUERRA, 2017), ou o papel das comunicações entre filósofos naturais no século XVIII (JARDIM; GUERRA, 2017). Em um cenário onde não se estabelece um consenso em como se trabalhar a NdC no âmbito escolar (ALLCHIN, 2011; IRZIK, NOLA, 2011; MARTINS, 2015; MCCOMAS, NOURI, 2016), apesar da concordância de muitos pesquisadores (LEDERMAN, et al., 1998; ALLCHIN, 2012; FORATO, et al., 2012; MOURA, 2014; AMADOR-RODRÍGUEZ, ADURIZ-BRAVO, 2017; AMARAL, 2015; MOURA, GUERRA, 2016; SANTOS, 2018; YILDIZ, 2018) em se utilizar episódios históricos da ciência como caminho para promover aquelas discussões, a HCC mostrou-se não só uma alternativa às variantes da NdC, mas também como uma abordagem eficaz para se levar elementos metacientíficos para o ensino de ciências (AVILA, 2017;

JAGER, 2018; JARDIM, 2019; SCHIFFER, 2019) . Acrescenta-se, ainda, a possibilidade de se apontar as relações de poder presentes no fazer científico, os apagamentos, os interesses econômicos e políticos, as ideologias, entre outros tópicos que, a princípio, não se destacavam em uma visão histórica internalista das ciências.

Dessa forma, quando do meu ingresso no doutorado no Programa de pós-graduação Ciência, Tecnologia e Educação, o olhar historiográfico da HCC não me era estrangeiro, de tal sorte que direcionei o planejamento dessa tese sob esse referencial[4]. Na ocasião, como já relatado, lecionava no IF Sudeste MG. Era professor de turmas da graduação, no curso de Licenciatura em Física, e de turmas do Ensino Médio (EM) integrado ao técnico, da disciplina Física Geral III. Essa disciplina destinava-se a contemplar o conteúdo de Física do Ensino Médio regular, sem necessária vinculação ao curso técnico. De tal forma que poderíamos trabalhar da mesma maneira em qualquer que fosse o curso ao qual ela se destinava.

Naquela instituição, a Física Geral III ocupava-se dos conceitos relativos à Eletrostática, Eletrodinâmica, Eletromagnetismo, Física Moderna e Ondulatória. Com exceção do último listado, o conteúdo para o terceiro ano do EM não diferenciava daquele encontrado em muitos estabelecimentos de ensino do país. Até mesmo a distribuição de conteúdo na maioria dos livros didáticos destinados àquela etapa escolar era similar[5]. A inclusão da Ondulatória naquele ano objetivava atender ao conteúdo programático geralmente encontrado nos editais do concurso vestibular seriado da cidade da instituição (divido em três etapas, cada qual ao final de um dos anos letivos do ensino médio). Ondulatória era, portanto, conteúdo previsto para a terceira etapa daquele concurso. Naturalmente, como professor, tinha o compromisso em cumprir todo o conteúdo previsto, mas sem exigências em relação à sequência a ser seguida, tampouco à abordagem adotada.

No total, naquele período, foram-me destinadas quatorze aulas semanais, de 50 minutos cada. Para a disciplina de Física Geral III, eram oferecidas duas aulas semanais, com a possibilidade de aulas extras. Havia na instituição a possibilidade de afastar-me das minhas funções para o cumprimento de minha pós-graduação, ao menos um ano após o ingresso no doutorado, o que viria ocorrer em agosto de 2018[6].

---

[4] Analisaremos nos capítulos 1 e 2 como deparamos com outro relevante referencial teórico presente neste trabalho, porém sem distanciarmos da HCC.

[5] Livros submetidos no ano de 2013 para apreciação pelos professores. Fazem parte do Programa Nacional do Livro Didático de Ensino Médio (PNLEM)

[6] Na ocasião do afastamento, mantive-me como professor de somente uma turma do EM, com o objetivo de realizar a pesquisa naquela turma.

I.3 Sobre a História da Ciência

Um trabalho em História da Ciência implica em uma aproximação entre as Ciências Naturais e as Ciências Humanas e Sociais. Essa confluência foi defendida na reconhecida palestra de 1959, em Cambridge, do britânico Charles Percy Snow (1905 – 1980). O episódio é apontado como balizador na referida aproximação (STEFANOVITS, 2016), e de certa forma relaciona-se aos caminhos seguidos pela História, Filosofia e Sociologia da Ciência (IDEM, IBDEM). Na ocasião, Snow (1993) exerceu uma crítica ao sistema educacional inglês, alegando que havia uma prioridade no ensino das humanidades, em contraste ao que se observava em países como Alemanha ou Estados Unidos. O locutor estendeu a crítica à classe literária (poetas, críticos literários e escritores), alegando que eles não acompanharam o desenvolvimento das ciências naturais, não absorvendo, portanto, sua linguagem. Sem esse entendimento, não haveria possibilidade de diálogo entre as *duas culturas* (termo cunhado pelo próprio Snow para diferenciar as classes literária e científica).

Uma das razões apontadas por Snow para essa separação das culturas remete à Revolução Industrial e com aquilo que ele nomeia de Revolução Científica (datada pelo autor das primeiras décadas do século XX, com o avanço da indústria atômica). Afirma que a conexão ciência e indústria, com o propósito de substituir inventores por cientistas, encaminhou uma mudança no ensino universitário, tornando-o mais especializado, e promovendo a própria ruptura entre as *duas culturas*.

Apesar da repercussão da palestra de Snow[7], a aproximação entre as áreas das ciências naturais e as humanidades já era defendida por George Sarton (1884 – 1956), em 1927, em seu livro *Introduction to the History of Science* (SARTON, 1927)[8]. Na obra, Sarton exalta a importância da História da Ciência para uma compreensão completa de determinado período histórico:

> [...] nenhuma história da civilização pode ser razoavelmente completa, quando não oferece espaço considerável à explicação do progresso científico. (SARTON, 1927, p. 3)[9].

Sarton, que é reconhecido como aquele que institucionalizou a disciplina História da Ciência, refere-se a Auguste Comte (1798 – 1857) e sua filosofia positivista como

[7] A palestra foi publicada em um livro de 1959. Em 1963 uma segunda edição ampliada foi publicada, contendo novos apontamentos do autor sobre a palestra original.
[8] De fato, Sarton publica um texto introdutório em 1921 (SARTON, 1921), no qual apresenta a obra de 1927, declarando a intenção de publicar cinco volumes sobre História da Ciência, dividindo-os em períodos históricos. Somente três obras foram publicadas até seu falecimento em 1956.
[9] Do original: "[...] no history of civilization can be tolerably complete which does not give considerable space to the explanation of scientific progress".

fundadores dos estudos históricos da ciência (STEFANOVITS, 2016)[10]. Assim como o historiador francês Paul Tannery (1843 – 1904), que também no início do século XX baseava-se na filosofia positivista para estruturar sua História da Ciência, Sarton utiliza quatro ideias programáticas daquela corrente filosófica para fundamentar sua historiografia (MAGALHÃES, 2018):

> a) A ciência é a mais alta atividade humana e fazer sua história permite compreender melhor os avanços do espírito humano; b) a história das ciências não deve ser uma história das ciências particulares, mas uma "história geral", uma vez que as ciências se desenvolvem simultaneamente e sob a influência umas das outras; c) a história das ciências tem um viés político e permite ultrapassar preconceitos nacionalistas e religiosos, pois acolhe a fé humanista no papel pacificador e internacionalista de que a própria ciência é portadora; d) a história das ciências é evolucionista, no sentido de que não há revoluções científicas, mas uma continuidade em que novas verdades absorvem as antigas, desenvolvendo-as (MAGALHÃES, 2018, p. 347).

O programa historiográfico caracterizado pela filosofia positivista começou a ser questionado no final do século XIX, recebeu críticas mais incisivas no decorrer do século XX e, apesar de ainda presente, atualmente tem pouca credibilidade (KRAGH, 2001). Por outro lado, ele definiu o modelo historiográfico no século XIX e manteve-se presente em muitos trabalhos no início do século XX. Essa historiografia foi marcada pela atenção aos grandes nomes e feitos da ciência, pelo caráter cumulativo do fazer científico e pela existência de teorias hegemônicas, não permitindo haver duas ou mais teorias distintas que respondessem sobre o mesmo fenômeno.

Kragh (2001) afirma que a teoria historiográfica da HC associada ao positivismo tem como pressuposto uma descrição fidedigna de uma realidade passada objetiva. De tal maneira que o historiador entende poder reconstruir o passado como ele realmente o foi. Afirma ainda que essa "objetividade epistemológica" implica que o historiador esteja separado daquilo que ele estuda, os acontecimentos históricos, e "que este pode ser encarado imparcialmente, ser visto 'de fora'" (KRAGH, 2001, p. 47). Segundo o positivismo, ao olhar "de fora", o historiador está apto para redigir relatos puros, independentes de ideologias ou do referencial teórico que aquele observador possui, produzindo relatos inquestionavelmente fatuais. Ainda segundo Kragh (2001), a concepção histórica de Sarton, de um conhecimento científico cumulativo e a crença no em seu progresso, indicando que os novos produtos da ciência sobrepujam os antigos, herdada da filosofia de Comte, era "algo ingénua (sic) e surpreendentemente anti-

[10] Stefanovits (2016) alega que Comte propunha a criação de um novo ramo do saber, História *da* Ciência e não *das* Ciências, como maneira de combater a então disperssão encontrada na área devido à intensa especialização. De fato, não entendemos que definir a autoria original de determinado conceito ou teoria seja-nos frutífero. Contudo, o reconhecimento de obras e/ou autores predecessores será uma constante na tese, com o objetivo de destacar suas importâncias na construção daqueles conceitos ou teorias, não sua originalidade, mesmo que por ventura o sejam.

histórica" (KRAGH, 2001, p. 19). Thomas S. Kuhn (1922 - 1996) (1977, apud KRAGH, 2001), também, critica Sarton, apesar de reconhecer sua relevância na área, destacando que a imagem que ele propagou do historiador da ciência era nociva, apesar de já bastante rejeitada.

Em 1962, Thomas Kuhn publicou a obra *A estrutura das revoluções científicas* (KUHN, 2006), na qual retomou a defesa de uma aproximação entre as áreas humanas e científicas. Mais do que advogar a favor dessa aproximação, o livro é considerado "um marco para as discussões em História e Filosofia da Ciência e, muito comumente, uma referência para a avaliação das contribuições passadas nesses domínios" (OLIVEIRA, 2016, p. 127). As definições de revoluções, paradigmas e ciência normal apresentadas por Kuhn remetem a uma reformulação da concepção histórica cumulativa e progressiva do conhecimento científico (KUHN, 2006). A obra intensifica, então, a controvérsia iniciada nas primeiras décadas do século XX a respeito da *continuidade* (conhecimento cumulativo e progressiva) e *descontinuidade* (revoluções) na História da Ciência[11] (MAGALHÃES, 2018). Além disso, Kuhn afirma que a ciência é uma construção histórica e social e, portanto, deve ser analisada a partir da relação de variadas áreas do conhecimento, tais como as ciências sociais ou naturais, a epistemologia ou até mesmo a psicologia (KUHN, 2006). Apesar de a obra de 1962 ser reconhecida por endossar a aproximação entre as *duas culturas*, ainda encontramos críticos, como o sociólogo estadunidense Bernard Barber (1918 – 2006), o qual alegou que Kuhn deveria lidar mais com os fatores externos que influenciam determinada mudança científica (RICHARDS, DASTON, 2016).

A importância da obra de Kuhn pode ser notada ao analisar o número de citações em periódicos de diversas àreas. Ricahrds e Daston (2016) informaram que no intervalo de 1975 a 1980, 1099 artigos, pesquisados em 1473 periódicos de Ciências Sociais, Filosofia, Biologia ou História, citaram *A estrutura das revoluções científicas*. Em contrapartida, a partir do ano 2000, os autores observaram que houve uma queda dessas citações[12], indicando, segundo aqueles autores, uma mudança epistemológica de muitos dos historiadores da ciência. Foram 803 citações entre os anos 2000 a 2010, nos mesmos periódicos do levantamento anterior. Daston (2016) reforça essa mudança de ponto de vista frente a historiografia da ciência ao afirmar que expressões tão importantes, à época da obra de Kuhn (abordagens internas e externas da HC, incomensurabilidade, irracionalidade, relativismo e outros), hoje não ocupam posições

[11] A controvérsia se intensificou na obra *O novo espírito científico* (1934), na qual Gaston Bachelard (1884 – 1962) se opôs ao continuísmo de Pierre Duhem (1861 – 1916) (MAGALHÃES, 2018).
[12] Com exceção nos periódicos de Biologia, onde a frequência de citações não se alterou (RICHARD, DASTON, 2016).

de destaque nos textos acadêmicos ou em congressos. A autora credita essa mudança a uma previsão do próprio Kuhn, quando afirmava que “os historiadores da ciência devem se libertar das narrativas teleológicas dos filósofos; eles devem entender a ciência passada nos próprios termos do passado através de ‘imersão profunda e compreensiva’ nas fontes”, e que eles deveriam “procurar emprego em departamentos de história”[13] (KUHN, 1972 apud DASTON, 2016, p. 119).

Sobre a mudança metodológica prevista por Kuhn, a saber, quando da passagem da HC dos cientistas naturais para as mãos dos historiadores, ou para os cientistas naturais mais familiarizados com a historiografia praticada pelos historiadores, entendemos ser também uma mudança nos objetivos da própria HC (VIDEIRA, 2007). Os primeiros historiadores das ciências eram, em geral, cientistas naturais que, motivados por buscarem legitimidade de suas pesquisas, áreas e suas próprias concepções, registravam basicamente seus nomes e feitos nas suas disciplinas. Os historiadores, por sua vez, conduziam seus trabalhos com o objetivo de compreender o desenvolvimento científico, desprendidos de quaisquer interesses pessoais (IDEM, IBDEM). A abnegação de uma tradição cientificista da HC é notado após *A estrutura das revoluções científicas* e é consonante com o debate entre as epistemologias internalistas e externalistas (OLIVEIRA; SILVA, 2011).

A historiografia apresentada por Kuhn diferenciou das obras de Sarton ao descartar a *continuidade* na HC, pela abordagem externalista e, sobretudo, por se aproximar mais da Filosofia e Sociologia da Ciência[14] (MAGALHÃES, 2018). Este caráter filosófico de Kuhn deveu-se, entre muitos fatores, pelo respaldo que sua obra deu à crítica a Bachelard em relação ao continuísmo; pelo fato de cientistas naturais e das humanidades se reconhecerem mais em sua obra do que em outras linhas filosóficas, como no falsificacionismo de Karl Popper (1902 – 1994)[15], por exemplo; e pela retomada do descontinuísmo kuhniano encontrada em trabalhos como os do francês Michel Foucault (1926 – 1984) ou do argelino Louis Althusser (1918 – 1990) (IDEM, IBDEM).

Importante destacar que outras obras defenderam a convergência entre as *duas culturas (*COHEN, WESTFALL, 2002; CANGUILHEM, 2012). Destacamos somente alguns autores pois objetivávamos apontar que a defesa de uma HC que abarque os

[13] Dos originais: “[...] historians of science must free themselves from the teleological narratives of philosophers; they must understand past science in the past’s own terms through “deep and sympathetic immersion” in the sources [...]” e “[...] they must seek employment in history departments.”
[14] O diálogo entre a obra de Kuhn e os chamados Science Studies pode ser visto em RUDOLPH (2016).
[15] Ideia de que hipóteses científicas devem ser capazes de ser falsificadas por meio da observação e de experimentos.

elementos metacientíficos, apesar de ainda presente na literatura especializada, é debatida há aproximadamente um século. Contudo, em décadas mais recentes, alguns autores (SHAPIN, SCHAFFER, 1985; LATOUR, 2001; LIVINGSTONE, 2003; GALISON, 2005; DASTON, GALISON, 2008; PIMENTEL, 2007; WILDER, 2011; AMARAL, 2015; ÁVILA, GUERRA, 2017; JARDIM, GUERRA, 2017) dedicaram-se a analisar episódios da História da Ciência enredado às áreas sociais, culturais, políticas, econômicas, entre outras que porventura se destacaram naquele determinado estudo. Em outras palavras, não se distinguiam naquelas pesquisas históricas as diversas áreas do conhecimento, sejam das humanas sejam das ciências naturais, não havia o estudo do contexto em separado do estudo científico.

Compartilhamos com estes últimos autores nosso olhar para o desenvolvimento histórico da ciência. Portanto, não coadunamos inteiramente com as propostas de Sarton e de Kuhn, por exemplo, no sentido em que compreendem o contexto socioeconômico, ou a cultura, como cenário no qual a ciência está inserida, sendo por ele influenciada e o influenciando. Concordamos com a aproximação entre os estudos históricos da ciência e os estudos das Ciências Humanas, contudo, sem que haja uma segregação entre ambos. As diversas áreas são permutadas, não é possível definir fronteiras entre elas. Razão essa que nos levou a adotar o referencial da História Cultural da Ciência, o qual vislumbra a ciência como uma manifestação cultural, abordando todos os fatores, sejam eles reconhecidos como internos ou externos das ciências, que se articulam na construção de determinado conhecimento.

I.4 A História Cultural da Ciência

A História Cultural da Ciência (HCC) se enquadra como uma vertente da Nova História Cultural[16], corrente historiográfica que se destaca pelo caráter interdisciplinar entre a economia, a sociologia e a antropologia (MARQUES, 2016). O historiador Peter Burke (1937 -) (2008) ressalta a dificuldade em definir a História Cultural, por ela não possui essência mas, sim, possuir uma história própria. Neste sentido, as atividades de ler e escrever sobre o passado são tão dinâmicas quanto qualquer outra atividade. O autor aponta como possível solução para este problema o deslocamento dos diversos objetos de estudo encontrados em trabalhos dessa linha historiográfica para os métodos de construção daqueles objetos. Mesmo aqui, o historiador alega haver divergências. Alguns historiadores exploram as práticas e representações, outros têm em seus trabalhos a procura de significados, há ainda aqueles que produzem trabalhos narrativos

[16] Marques (2016) traça uma cronologia da História Cultural, discutindo como essa corrente historiográfica alterou seus objetos de estudo (mentalidades, arte, cultura popular e personagens anônimos) nos séculos XIX e XX, adquirindo as características do que se passou a denominar de Nova História Cultural.

e fundamentalmente descritivos. Em comum, os diversos historiadores culturais apresentam uma maior preocupação com os símbolos, conscientes ou não, e seus significados em tempos e espaços específicos (BURKE, 2008).

Vainfas (2002) sintetiza as metodologias da Nova História Cultural (VAINFAS, 2002) em três modelos: a história vista de baixo, práticas e representações e a micro-história. A primeira, tendo entre seus expoentes o historiador britânico Edward Palmer Thompson (1924 – 1993), analisa a história a partir do ponto de vista de mulheres e homens comuns, de classes sociais menos favorecidas ou que não possuíam funções de destaque nas narrativas históricas tradicionais. A segunda, derivada dos trabalhos do historiador francês Roger Chartier (1945 – atual), cujo olhar desvia-se para as práticas e representações, analisando a forma pela qual determinado grupo social estabelece sentidos para os fatos históricos. A micro-história, corrente historiográfica com origens na Itália, tem como expoente o também italiano Carlo Ginzburg (1939 – atual), baseia-se na redução da escala de observação, concentrando em episódios históricos de uma pequena parcela de determinada sociedade, ou em uma análise detalhada de episódios singulares.

Os três modelos anteriores não normatizam nem delimitam a prática do historiador. De fato, um episódio de História Cultural pode se encaixar nas três vertentes. Independentemente do modelo inserido, algumas características são inerentes ao trabalho do historiador cultural (BURKE, 2008), das quais destacamos: descrever a natureza dos vínculos entre cultura e sociedade; compreender a existência de unidade ou diversidade culturais; e reconhecer a variação nos conceitos de cultura. Dessa forma, o historiador cultural deve estar atento para "o encontro cultural, a circularidade e o processo de cotidianização" (LARA, 1997, p. 25).

Na obra *O que é História Cultural* (BURKE, 2008), Burke afirma que o termo *cultura* ultrapassa a mera ideia de *conceito*, sugerindo tratar-se de um campo histórico de disputa em torno de sua função social. O termo era, originalmente, referente ao produto das ditas “altas culturas” (literatura acadêmica, música clássica, ciência, etc.), sendo incorporado, mais recentemente, pela "baixa cultura”, ou cultura popular (canções folclóricas, medicina popular, entre outros) (BURKE, 2008). Atualmente, o conceito tem um sentido bem variado, englobando inúmeras características, produções ou ações de determinada sociedade (imagens, ferramentas, comer, falar, ler, etc.). Outro sentido atribuído à cultura pelo autor remete à sua aproximação à sociedade. Cita, por exemplo, o historiador Frederick Antal (1887 - 1954) que tratava cultura como expressão ou reflexo da sociedade. Em outro momento, remete ao historiador marxista Arnold Hauser, (1892 – 1978), o qual vincula cultura aos conflitos sociais e às mudanças econômicas,

como na obra em que descreve o Romantismo como movimento político da classe média, ou em outra, na qual relaciona a crise do capitalismo ao cinema (BURKE, 2008)[17].

No sentido em que se mostra complexa uma definição de História Cultural, é comum o uso de referências a obras de historiadores culturais para ilustrar como essa corrente historiográfica é utilizada. Ainda citando a obra de Burke (2008), encontramos a referência ao trabalho do historiador Eric Hobsbawm (1917 – 2012), na obra *História social do Jazz*[18], no qual o autor discute além da música, seu público, retratando o jazz como negócio e forma de protesto social e político.

Podemos citar ainda o texto do historiador estadunidense Robert Darnton (1939 - atual), *Os trabalhadores se revoltam: o grande massacre de gatos na rua Saint-Séverin* (DARNTON, 1986), na apresentação do livro que contém este texto, o próprio Darnton anuncia que o "livro analisa a maneira de pensar na França" (IDEM, IBDEM, p. 13). Sua história relata um massacre de gatos praticado por alguns artesãos no século XVIII, revoltados com sua condição sub-humana e com os privilégios dos gatos de seus patrões, chamados de *burgueses* pelos trabalhadores. Os artesãos e os aprendizes resolveram "endireitar este estado de coisas desigual" (DARNTON, 1986, p. 104). Darnton narra que os gatos foram julgados e executados em forcas improvisadas, era um ataque aos seus patrões e uma tentativa de restauração de um passado, no qual os aprendizes e mestres tinham uma relação mais "amigável" (IDEM, IBDEM, p. 113).

A terceira obra que usaremos para ilustrar o trabalho de um historiador cultural é o livro *O queijo e os vermes: o cotidiano e as idéias* (sic) *de um moleiro perseguido pela Inquisição*, de Ginzburg (2006). Nele acompanhamos o caso do julgamento de um moleiro que vivia na aldeia de Montereale, Itália, no século XVI. Perseguido pela Inquisição Católica, o moleiro aproveitara a oportunidade do julgamento público para expor sua cosmogonia, tomada como heresia pelos inquisidores, a uma audiência maior do que a do próprio vilarejo em que vivia. A condição do réu, porta-voz de sua cultura, que se situava na fronteira entre a cultura letrada das elites e a cultura popular e oral, permitiu a Ginzburg explorar o conceito de circularidade cultural[19] (ASSIS; MATTOS, 2019). O autor defendeu, portanto, que uma análise de classes, a partir das diferenças e conflitos, era "sempre melhor que uma interclassista" (GINZBURG, 2006, p. 32).

---

[17] Compartilhamos com Geertz (2008) o entendimento de cultura como uma rede de significados na qual o homem se insere e a molda da mesma forma que é por ela moldado, a análise dessa rede é "uma ciência interpretativa, à procura de significado" (GEERTZ, 2008, p. 4).

[18] Obra de 1959, assinada por Francis Newton, pseudônimo de Eric Hobsbawm.

[19] Contrapondo ao conceito de dicotomia cultural, Ginzburg define circularidade cultural como trocas de conhecimento, costumes ou comportamentos entre classes sociais distintas. Nas palavras do autor: "influxo recíproco entre cultura subalterna e cultura hegemônica" (GINZBURG, 2006, p. 15).

Notemos que os três exemplos possuem características que remetem às três metodologias citadas por Vainfas (2002), a história vista de baixo, ao olhar para pessoas comuns; o olhar para as práticas; e a micro-história, ao narrarem episódios muito peculiares, ao menos nos dois últimos exemplos. De tal forma que não nos prenderemos a nenhuma delas isoladamente. De certo modo, não haveria coerência se o fizéssemos, haja vista o dinamismo que estamos apresentando da História Cultural. Como mencionamos, as três metodologias não são excludentes, mas complementares.

Retomando a vertente historiográfica que traremos neste trabalho, a História Cultural da Ciência (HCC), notamos características muito semelhantes àquelas expostas anteriormente, contudo confrontadas a episódios da HC. Ao considerarmos a ciência como manifestação cultural, devemos, então, analisá-la com uma abordagem interdisciplinar, abarcando fatores econômicos, sociais, antropológicos, religiosos e quaisquer outros que se manifestem na construção do saber científico avaliado. Para isso, tal qual na Nova História Cultural, o historiador deve olhar para seu objeto de estudo “de baixo”, ou seja, considerando os possíveis apagamentos (agentes que a HC tradicionalmente ignora, como técnicos, artesões, mulheres, saberes não eurocêntricos, etc.), as diversas relações do cientista ou do conceito produzido (relações geopolíticas, econômicas, filosóficas entre outras que interferem naquela produção) e interpretando os símbolos e seus significados (atentando ao tempo e local da sociedade que os define). Para tanto, o historiador cultural da ciência orienta seu trabalho vislumbrando além dos discursos e textos produzidos pela ciência, as práticas do fazer científico (PIMENTEL, 2007; 2010).

Definimos as práticas científicas como as atividades inerentes às ciências, tais como a realização de experimentos, desenvolvimento de teorias, divulgação de resultados para avaliação de pares; ou atividades não exclusivas da ciência, como leitura, escrita, o debate com outros profissionais, entre outras. Também compõem as práticas científicas os relacionamentos de seus agentes com outros externos à ciência, cujos interesses consistem em obter financiamentos e licenças, em possibilitar a comunicação entre cientistas para formação de redes de pesquisa, em realização de congressos, na produção de veículos de divulgação ou comunicação científica ou no estabelecimento de locais para a pesquisa (laboratórios, reservas ambientais, bibliotecas e outros espaços). São práticas científicas todo o movimento que produz novos significados validados pela comunidade científica. Finalmente, assim como a historiografia que adotamos, as práticas também possuem historicidade, só possuem sentido se analisadas em consenso com sua localidade, cultura e seu tempo.

Ao valorizar as práticas e sua historicidade, a Nova História Cultural e a HCC desconsideram o excessivo enaltecimento dos intelectuais, dos seus feitos individuais ou das teorias e conceitos por eles produzidos (BURKE, 2008; GAVROGLU, 2007; HOBSBAWM, 2011; PIMENTEL, 2010). O olhar para as práticas também nos afastaria de uma proposta historiográfica positivista (GAVROGLU, 2007). Na seção anterior, discutimos que essa corrente confere à História da Ciência um caráter progressista, cumulativo, dotada de metodologia única, construída a partir de indivíduos privilegiados intelectualmente, produtor de um conhecimento hegemônico e, sobretudo, eurocêntrico. Entendemos que ao analisarmos os episódios históricos da ciência contemplando suas práticas e suas diversas relações com cientistas ou outros profissionais, instituições ou objetos, localizaremos os diversos apagamentos (de gênero, classes sociais, objetos, instituições ou de outros produtos da ciência), os interesses e uma polimorfia de métodos (MOURA, GUERRA, 2016).

A mesma dificuldade encontrada ao procurar uma definição de História Cultural surge ao tentarmos fazê-lo para a HCC. Apesar de relatarmos algumas características, o dinamismo metodológico dessa historiografia não nos possibilita listar procedimentos ou objetos de estudo. Os contatos com alguns trabalhos na área são mais elucidativos do que uma tentativa de descrição de como fazer HCC.

Uma obra bem esclarecedora sobre como se trabalhar com a HCC é o texto *Revolução científica* de Juan Pimentel (2007). Nela, o historiador espanhol contesta que as transformações no campo científico nos séculos XVI e XVII ocorreram de forma abrupta, defendendo que elas não configuraram uma revolução. Pimentel (2007) inicia seu trabalho a partir de um estudo relacionando o conteúdo dos livros *De revolutionibus orbium coelestium*, de Nicolau Copérnico (1473 - 1543) *e De Humani Corporis Fabrica,* de Andreas Vesalius (1514 -1554), com o movimento histórico das Grandes Navegações. Alega que havia um comportamento na Europa de “ampliação dos horizontes”, no qual novos mapas eram produzidos, tanto geograficamente, quanto na estrutura cosmológica ou no corpo humano. Para confirmar sua tese, Pimentel (2007) descreve a trajetória acadêmica de Copérnico e Vesalius, apontando a relação de ambos com pessoas e lugares que lhes conduziram a estes novos olhares.

Pimentel (2007) ainda explora outros trabalhos dos século XVI e XVII, como os de William Harvey (1578 – 1657), Johannes Kepler (1571 – 1630), Tycho Brahe (1546 – 1601) e Isaac Newton (1642 – 1727), apontando que suas práticas não se deslocam completamente daquelas encontradas em séculos anteriores, tampouco com obras anteriores, confirmando a desconstrução do conceito de revolução. Procura, ainda, relacionar a produção científica com manifestações artísticas e com metáforas que

enaltecem as várias maneiras de se compreender a natureza e a sociedade[20]. Pimentel reconduz o estudo da HC renascentista localizando as coerências em diversas obras científicas e em outras áreas, recorrendo às práticas, em especial na forma de se escrever, e às semelhantes formas de se ver o mundo nos campos econômicos, artísticos, filosóficos e geopolíticos. Conclui afirmando que as implicações culturais da revolução científica são apreciadas em numerosos sentidos e em áreas da vida que vão desde o doméstico até o público, desde o espiritual até o material.

A exemplo do que encontramos na obra de Pimentel (2007), esta tese fundamenta-se na HCC sem abdicar de discorrer sobre os grandes nomes da ciência, sem, contudo, enaltecê-los. Marques (2016) afirma que o debate em torno de personagens também é válido, mesmo que a aparente ênfase recaia sobre eles. A autora concorda com Gavroglu (2007) quando este advoga a favor de uma HCC que se origine de uma análise em torno dos cientistas, desde que se considere os ambientes culturais onde estão inseridos e a complexidade de suas relações como o ambiente social.

Uma vez que as práticas representam, entre demais feitos, as ações dos cientistas, podemos elencar, a partir destes personagens, os demais elementos extra científicos que orbitam não só a produção do conceito, mas também as relações e atitudes dos homens e mulheres da ciência.

I.5 História da Ciência e ensino

A trajetória pessoal relatada na seção 2 dessa introdução descreve como a crença do autor em uma ciência normativa esvaiu-se quando do estudo da HC e da NdC. Por outro lado, mostrou também resultados de pesquisas que apontam que os discentes apresentam resistências ao desprendimento do método científico. Esses resultados indicam que há por parte de estudantes o apego a um fazer científico predominantemente empírico, cumulativo e progressivo, capaz de produzir verdades irrefutáveis quando obtidos seguindo uma metodologia rigorosa.

Além de um fazer científico normativo, Watanabe e Gurgel (2011) acrescentam que a percepção que os estudantes, em geral, apresentam sobre os próprios cientistas é estereotipada. Os cientistas são compreendidos como personagens isentos de interações sociais. Os autores ainda afirmam que essa percepção ultrapassa os limites da escola, pois, em diversos canais de comunicação, a ciência é retratada como uma

[20] Cita Copérnico, para o qual o Sol era o coração do macrocosmos, e Harvey, que dizia que o coração era o Sol do microcosmos. Vai além e relaciona áreas distintas, exemplificando nas metáforas como “corpo político”, “natureza do poder”, entre outras (PIMENTEL, 2007).

atividade produtora de verdades, alheias ao desenvolvimento histórico e às implicações sociais (WATANABE, GURGEL, 2011).

As percepções dos estudantes sobre o fazer científico e sobre o perfil dos cientistas não podem ser dissociadas. A crença na individualidade do pesquisador sustenta-se na concepção de um labor estruturado, conduzido por normas que permitirão o desvelar da natureza. Neste sentido, a própria natureza indicará se o caminho seguido foi correto, ou seja, se o produto do trabalho científico prever determinados fenômenos naturais ele será, invariavelmente, tomado como verdadeiro. Se assim entendermos as ciências, não há necessidade de se analisar quaisquer interações sociais do cientista, só nos valeria analisar a metodologia seguida, desprovida de quaisquer agentes externos. Tampouco a legitimidade de seu produto será colocada a prova, caso tenha sido submetida à verificação da própria natureza.

Entretanto, defendemos que os produtos científicos possuem historicidade. A realidade revelada pela atividade científica não é universal, mas responde às questões específicas de seu espaço e tempo (LATOUR, 1994). A própria construção deste produto é histórica. Para analisarmos a atividade científica precisamos localizar todos os elementos que contribuíram para aquela construção. Estes elementos, sejam eles exclusivos das ciências ou não, podem apresentar características específicas de seu período histórico e local. O cientista não estará mais isolado.

O que acabamos de expor implica em compreender cada episódio da História da Ciência como um acontecimento único. Os caminhos tomados pelos cientistas, suas relações sociais, o ambiente cultural, tudo é característico daquele evento. Assim como a aceitação do conhecimento produzido, seja pela comunidade científica seja pela sociedade em geral, também será localizado. Em outros termos, não basta a natureza confirmar a veracidade da produção científica, outras características sociais e culturais estarão presentes nos processos de anuência ou rejeição daqueles produtos.

Defendemos, então, que para encaminharmos discussões em sala de aula, que forneçam argumentos para os estudantes vislumbrarem as ciências e os cientistas como entidades culturais, devemos direcionar nossa análise para os processos de validação científica. Em outros termos, ao elencarmos quais elementos que se envolveram na validação de determinado saber, poderemos apontar aqueles que são característicos daquele tempo e espaço. Além disso, seremos capazes de transcorrer o caminho inverso daquela construção e observar como o cientista e seu labor possuem, também, características que remetem à cultura a qual fazem parte.

A pesquisa desenvolvida em sala de aula, que relataremos nessa tese, considerou que uma ação pedagógica isolada, no contexto de uma sala de aula, não seria suficiente para apresentarmos completamente nossas concepções sobre o fazer científico, seus resultados e o papel que a ciência desempenha na composição de determinada cultura ou sociedade. Contudo, muitos trabalhos corroboram com nossa percepção de que é possível estabelecer discussões a respeito de relevantes elementos sobre ciências, quando usamos uma abordagem histórica no Ensino de Ciências, incentivando os discentes a questionarem sobre a maneira que compreendem o fazer científico (AMARAL, 2015; MOURA, GUERRA, 2016; ÁVILA, GUERRA, 2017; PERON, GUERRA, 2017; JARDIM, GUERRA, 2017; 2018; SANTOS, 2018; YILDIZ, 2018).

Nesse caminho, nos alinhamos com pesquisas em educação científica que não buscam analisar mudanças conceituais nos estudantes a partir de abordagens históricas. Entendemos que qualquer mudança dessa natureza demanda um processo longo, de largo contato com referências que discutam as diversas formas de se compreender o fazer científico. Afora o fato de que experiências pessoais e contatos com outras historiografias e ideologias compuseram, e ainda compõem, os pontos de vista dos estudantes. Também nos resguardamos quanto àquilo que acreditamos serem os caminhos de construção da ciência. Tendo em mente que os próprios referenciais que adotamos entendem as metodologias científicas polimórficas e seus objetos de estudo são variáveis, admitimos que, a depender de qual episódio histórico escolhido e de como estudá-lo, elementos diversos do fazer científico podem emergir, tal qual outros serão subtraídos.

Desenvolvemos, assim, a pesquisa em diálogo com autores que defendem que a História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) no ensino, além de possibilitar explorar elementos metacientíficos, permite o surgimento de questões diversas sobre o fazer científico (MARTINS, 2007; FORATO, 2011; HÖTEECKE, SILVA, 2011; HODSON, 2014; BAGDONAS, et al., 2014; ROCHA, GURGEL, 2015; SCHIFFER, GUERRA, 2015). Concordamos com Moura (2019) de que não devemos transformar as aulas de ciências em aulas de HC, de epistemologia, de política ou em aulas de sociologia. Mas entendemos ser possível vincular às aulas de ciências subsídios para uma formação mais ampla, capaz de articular o conhecimento especializado com ações políticas voltadas para o bem comum (RUDOLF, HORIBE, 2016).

A HFSC é apontada por Pinhão e Martins (2016) como um caminho possível para uma educação em ciências voltada para a cidadania. As autoras defendem que o encontro da educação com uma formação cidadã se dá a partir de uma perspectiva histórica não evolucionista, “a fim de desmistificar o sucesso do empreendimento

capitalista e dar visibilidade aos processos que tornam a nossa sociedade desigual" (IDEM, IBDEM, p. 27). Elas argumentam que o ensino de ciências atual corrobora com o imaginário neoliberal meritocrático e, em certa medida, reforçam uma visão tecnocrática de tomada de decisão. A questão que as autoras nos trazem é saber em que medida o ensino de ciências, em um cenário neoliberal, pode contribuir para a emancipação dos sujeitos (IDEM, IBDEM).

Neste sentido, Moura (2019) argumenta que a educação científica, tal qual as demais áreas do ensino, apresenta uma perspectiva política. Compreendendo política como possibilidade de empoderamento dos cidadãos, permitindo-lhes exercer poder nessa esfera, o autor defende que os conhecimentos que estudantes apreendem no ensino de ciências lhes permitem atuar de forma ativa na sociedade. O autor nos lembra que a educação científica está inserida no contexto da educação de forma geral, a qual, entre alguns de seus pressupostos, reivindica uma formação cidadã. Isso implica em considerar a ideologia manifesta nas ações do professor, nos materiais didáticos, nas avaliações, na instituição de ensino e em qualquer outro aspecto relacionado ao ensino (MOURA, 2019).

A ideologia está intrínseca em qualquer discurso, figurando até mesmo nos enunciados que mitigam aspectos das práticas científicas. O ensino de ciências restrito à apresentação de dados estabelecidos a um olhar historiográfico que vislumbra somente os "vencedores" das ciências, ignorando quaisquer relações sociais que estes por ventura tiveram, respaldará o ideal de meritocracia, característico do neoliberalismo. A ideologia nestes discursos se manifesta na naturalização da construção do conceito científico, delegando o sucesso somente aos esforços dos cientistas, abdicados de quaisquer traços culturais. A validação do conhecimento, por sua vez, respaldada pela metodologia científica, consolidará o mérito do cientista que se dedicou àquele saber.

Para Watanabe e Gurgel (2011) a formação de sujeitos críticos é alcançada promovendo estudos que contemplem aspectos sociais e culturais das ciências. Os autores concordam com Gadotti (2005 apud WATANABE, GURGEL, 2011) sobre a impossibilidade de um ensino que prive a ciência e o cientista de interações sociais em uma sociedade democrática. Mas eles ressaltam que tanto a escola, como a sociedade, obtém pouco sucesso na tentativa de veicular ciências como parte da cultura e da sociedade. Neste caminho, entendemos a História Cultural da Ciência como um caminho frutífero para alcançarmos o vínculo proposto por Watanabe e Gurgel (2011).

Não podemos conjecturar, contudo, que o uso daquela corrente historiográfica no ensino, por si só, acarretaria mudanças tão radicais na forma de ver ciências em uma

sociedade. Isso seria ignorar todas as demais manifestações culturais, ideologias, políticas e fontes de informações tão diversas e acessível para uma parcela da sociedade, por vezes pequena, mas politicamente influente. Mas defendemos que o debate em torno a História, Filosofia e Sociologia da Ciência no ambiente escolar pode promover o possível entendimento de ciência como construção social e, por isso, carregada de preconceitos, ideologias não só dos cientistas ao construir seus produtos, mas também daqueles que os interpretam e os consomem.

1. A validação do conhecimento científico

Na Introdução dessa tese apresentamos como o apego dos estudantes a uma ideia de construção científica processual, progressiva e, por vezes, individual levou-nos a planejar uma pesquisa, na qual nos concentramos nas práticas de publicação e divulgação de textos científicos. Destacamos que o objetivo era o de localizarmos elementos, científicos ou metacientíficos, que comporiam o processo de validação de determinado conhecimento.

No entanto, antes de discutirmos nosso referencial teórico e a pesquisa empírica central deste trabalho, é oportuno definirmos o que entendemos ser validação do conhecimento científico. Mostraremos que o termo "validação" é largamente utilizado em textos acadêmicos, com aplicações e significados diversos, e que as expressões "validação do conhecimento (saber)[21] científico" ou "validação da ciência" são pouco utilizadas, mesmo quando pesquisadas em inglês.

Neste capítulo apresentaremos como definimos a "validação do conhecimento" científico e como a expressão é utilizada na literatura especializada. Discutiremos a aproximação do significado de "validação" e "epistemologia", traçando um breve histórico sobre este último conceito filosófico e destacando os pontos de discordância em relação à nossa conceituação de validação. Em seguida, mostraremos o resultado de uma pesquisa bibliográfica sobre a temática do capítulo, relatando as alternativas encontradas para dialogarmos com os demais autores. O resultado da pesquisa bibliográfica esclarecerá como definimos nosso próximo referencial teórico.

1.1 Conceitos de validação

Validação do saber científico é muitas vezes compreendido como o processo de assentimento por pares de determinado conceito ou teoria científica, ou mesmo a consolidação de alguma entidade científica (elétrons, por exemplo). Os árbitros são pesquisadores do mesmo campo científico explorado no trabalho a ser avaliado, geralmente de renome em suas respectivas áreas e com trabalho reconhecidos pela comunidade científica (FITZPATRICK, 2009).

Acordando como nosso referencial historiográfico, a História Cultural da Ciência (HCC), devemos contemplar o processo de validação considerando os diversos elementos nele envolvidos, sejam estes do âmbito científico ou não. Isto implica em

[21] Apesar de haver diferenças entre "saber" (a partir dos sentidos) e "conhecimento" (adquirido pela razão), usaremos ambos com o mesmo significado, o de ter ciência de algo (SANTOS, 2019) .

analisar quais fatores científicos, econômicos, políticos, artísticos, entre outros, respaldaram a aceitação de determinado conhecimento científico (BURKE, 2008; LATOUR, 2001). Portanto, podemos definir validação do saber científico como etapa final do processo de construção de determinado saber, que após divulgado e submetido à controvérsias entre demais teorias e entre cientistas, é assentido pela sociedade e pela comunidade científica, considerando interesses individuais, institucionais ou coletivos.

Apoiados na HCC, entendemos que o conceito de validação possui historicidade. Assim como as práticas do fazer científico, definidas e discutidas na introdução dessa tese, a validação do conhecimento científico possui características que respondem ao seu período histórico e local. Afim de compreendermos como determinado conceito ou teoria é estabelecido precisamos analisar como se deu sua divulgação, em qual veículo ou espaço, quem eram os leitores ou qual a audiência, quem o apoiou ou rejeitou, o quanto ele foi reproduzido ou citado, por quem e aonde, quem era responsável pela publicação ou apresentação daquele produto, qual seu interesse naquela divulgação, em qual país foi divulgado, em qual língua foi escrito ou exposto, se houve financiamento e quem o fez, qual o interesse político ou pessoal de quem financia a pesquisa, ou de quem a divulga, como o país de origem do cientista que defende o conceito se apresenta economicamente e como expoente científico no período em questão, quais os apoiadores durante a produção e reprodução do conceito (artesãos, técnicos, auxiliares) e diversos outros aspectos socioeconômicos ou culturais específicos daquele tempo e espaço.

Podemos afirmar, então, que a validação se concretiza em torno a um discurso produzido a partir de múltiplos agentes e direcionado para um público específico. Na prática científica, este discurso pode se apresentar oralmente ou, como na maioria dos casos, na forma escrita em forma de livros e artigos. Apoiando-nos nas contribuições do Círculo de Bakhtin (VITAL, 2018), que considera que todos os discursos existem na forma de enunciados, tomaremos o discurso verbal impresso, também, como um enunciado, à medida que “[...] responde, refuta ou confirma algo, antecipa as respostas e críticas possíveis, busca apoio e assim por diante” (VOLÓCHINOV, 2017, p. 219).

Nessa perspectiva, o enunciador deve considerar que o ouvinte, ou o leitor, não é um agente passivo (VITAL, 2018). O discurso científico busca transmitir aquilo que foi produzido e, ao mesmo tempo, se antecipar às reações dos ouvintes e leitores. Isso implica em dizer que os enunciados possuem direcionalidade, são adequados à determinados destinatários (IDEM, IBDEM). Além disso, os discursos ainda carregam uma multiplicidade de vozes, de ideologias (BAKHTIN, 2011). Não há discurso isento

das inúmeras relações sociais daquele que o produz, tampouco não são isolados. Vital (2018) afirma que não se pode considerar um indivíduo como fonte única de seu discurso, na medida em que, dialogicamente, ele o modifica em função dos discursos do outro. “Nenhuma enunciação verbalizada pode ser atribuída exclusivamente a quem a enunciou: é produto da interação entre falantes e, em termos mais amplos, produto de toda uma situação social em que ela surgiu” (BAKHTIN, 2001, p.79 apud VITAL, 2018, p.28).

Se defendemos que a validação do conhecimento se dá, sobretudo, a partir das análises das comunicações escritas entre cientistas. E se concordamos que essas comunicações constituem enunciados com ideologias próprias, com direcionalidade e multiplicidade de vozes. Podemos afirmar que a validação é um processo não normativo, que responde aos aspectos sociais e culturais.

Diante do cenário que expusemos acerca da validação do conhecimento, denominaremos de *validação cultural do conhecimento científico*, ou somente *validação cultural*, o processo de assentimento entre pares que pondera a respeito de todos os elementos envolvidos na construção dos produtos científicos. A análise deste processo se dará a partir de um olhar enviesado pela HCC (BURKE, 2008; PIMENTEL, 2010; MOURA, GUERRA, 2016) a respeito do conceito de validação do saber científico apresentado por outros autores (CHAUÍ, 2000; SILVA, 2002; GRUBBA, 2015). Apesar disso, entendemos que o diálogo com referenciais que não a HCC nos respaldariam e ampliariam nossa percepção sobre o objeto discutido, mas também nos mostraria os possíveis desacordos em torno do conceito de validação. Por essa razão, procuramos por trabalhos que debatam este conceito, sem limitarmo-nos a uma área específica.

Assim, encontramos na literatura especializada um número extremamente grande[22] de publicações que utilizam o termo “validação”. Em geral, ele é usado para designar a acuidade de determinados equipamentos (NORA, et al., 2017) ou procedimentos (PARCIAS, et al., 2011; ALMEIDA, et al., 2016), especialmente na área de saúde (em artigos da área de Enfermagem, Farmácia ou Bioquímica, Psicologia, Educação Física), na eficiência de instrumentos utilizados em pesquisa (como questionários e instrumentos de avaliação comportamental) (DAVOGLIO, SANTOS, 2017; XIMENES, et al., 2018) ou ainda no sentido de determinar a aplicabilidade de uma equação matemática (SANTOS, et al., 2009). Nas ciências naturais utiliza-se mais frequentemente a expressão “validação por pares”, cujo significado não difere daquele que expusemos no início dessa seção, mas que delimita sua abrangência, pois

[22] Mostraremos ainda neste capítulo que o número de trabalhos ultrapassa 6000 artigos, em um intervalo de cinco anos.

considera quase que exclusivamente o trabalho de avaliação de outros cientistas sem considerar, na maioria dos casos, os aspectos metacientíficos (social ou cultural).

O livro *A comunicação científica* (MEADOWS, 1999) ressalta a importância da divulgação científica para a existência da ciência. O autor descreve as origens dos periódicos científicos e narra sua evolução até os dias atuais. Explorando esta trajetória, Meadows (1999) apresenta o desenvolvimento histórico das disciplinas científicas, as motivações dos cientistas e o aumento de rigor nos processos de avaliação. Observa, também, que a maneira como o cientista transmite informações depende do veículo da publicação, de seu conteúdo e do público-alvo. Além de reforçar a importância dos pareceristas das revistas, o autor destaca o papel dos editores como definidores de quais conhecimentos irão se tornar públicos e quais sequer serão apresentados para a comunidade científica. Essa função, entretanto, sofreu mudanças no decorrer da história, antigamente, os próprios editores realizavam grande parte da avaliação dos artigos originais. No século XX, devido, entre outros fatores, ao aumento de publicações científicas, o editor passou a desempenhar a função de selecionar os textos e distribuir para os pareceristas. De qualquer forma, o primeiro "controle de qualidade" (MEADOWS, 1999, p.180) ainda é exercido pelos editores.

Meadows (1999) apresenta em sua obra traços de um viés positivista, ao analisar as mudanças ocorridas nas arbitragens de artigos científicos e nos veículos de divulgação, além de concentrar sua narrativa somente em elementos internos à própria ciência. Apesar disso, seu livro fornece contribuições importantes para nossas considerações, pois detalha as funções dos pareceristas e editores, ressaltando a importância de cada ator do processo de avaliação e esclarecendo as mudanças históricas deste processo.

Em outra obra que discute a validação do saber científico, tal qual Meadows, Spier (2002) apresenta um histórico da avaliação por pares, definindo-a como "uma batalha territorial como prêmio final o conhecimento, ciência ou doutrina sendo publicada. Em um lado, temos os escritores e criadores de ideias, de outro, temos os editores e críticos"[23] (SPIER, 2002, p. 357). Em seu estudo histórico, o autor descreve a origem do processo de revisão por pares, dando especial atenção ao surgimento das sociedades científicas no século XVII (Academie des Lynces, em Roma; The Royal Society, em Londres; e a Académie des Sciences, em Paris)[24] como organizadoras e

[23] Do original "is a turf battle with the ultimate prize of the knowledge, science or doctrine being published. On the one side, we have the writers and originators of ideas, on the other, we have the editors and critics."
[24] Retomaremos os surgimentos das Academias suas importâncias como promotora da divulgação científica no capítulo 03.

centralizadoras da divulgação científica, precedendo os inúmeros veículos de comunicação científica atuais.

Fitzpatrick (2009) também nos oferece uma revisão histórica da avaliação por pares. A autora reafirma a importância das academias científicas como organizadoras do processo de apreciação por pares, mas alega que o processo é mais remoto do que essas instituições. A divulgação de trabalhos datados antes do surgimento das academias carecia do julgamento de seus leitores para, então, serem citados ou reproduzidos. Ainda neste trabalho, Fitzpatrick (2009) alerta sobre a carência de amplos trabalhos que abordem a história da avaliação por pares. Os poucos que o fazem, na maioria dos casos, enfocam as ciências naturais e sociais, quase nenhum deles menciona a revisão por pares na publicação de livros acadêmicos (FITZPATRICK, 2009).

Em outro artigo, Fitzpatrick (2011) revisita a revisão por pares, mas, desta vez, dedica-se a discorrer sobre o mesmo processo, porém em meios digitais. Ela descreve as mudanças advindas com a publicação digital e com o aumento significativo de avaliadores. A autora participa de projetos que alistam avaliadores, cujos serviços são ofertados à diversas publicações. Contudo, ainda há uma suspeita em relação à qualidade dessas avaliações e, como consequência, sobre a qualidade dos trabalhos que serão publicados. Além disso, os organizadores destes projetos procuram soluções para mitigar os preconceitos pessoais nos processos de avaliação, os quais Fitzpatrick (2011) reconhece que ainda persistem.

No periódico *Arquivos Brasileiros de Cardiologia,* publicado em 2012, Araújo discute “o processo de avaliação do mérito científico pelos pares” (ARAÚJO, 2012, p. e32) alegando haver “ausência de uma maior sistematização e da falta de um treinamento formal para a execução da revisão” (IDEM, IBDEM, p. e32). Em síntese, o autor enumera uma lista de 25 procedimentos que conduzem o ofício do parecerista, almejando maiores eficiência na seleção de artigos a serem publicados numa revista e probidade na avaliação. Porém, o que notamos no artigo, que entendemos merecer uma maior reflexão, não foi a lista processual apresentada. Araújo (2012) orienta os avaliadores daquele veículo que esclareçam em seus pareceres o que deve ser alterado ou porque determinado artigo deve ser rejeitado, além de não demorarem a emitir respostas aos autores. Ele argumenta que quando rejeitado em algum periódico, a maioria daqueles trabalhos tende a ser publicada em outros veículos, mesmo que naqueles de menor impacto. O autor acredita que a avaliação dos pareceristas pode conduzir determinados produtos da ciência para veículos de menor capilaridade, o que

entendemos como a possibilidade de suprimir as controvérsias em torno daquele conceito, resultando em seus prováveis apagamentos.

Em termo gerais, o conceito de validação por pares confunde-se com a definição de comprovação de teorias ou conceitos. Ambos os trabalhos citados anteriormente sugerem esta confusão, que, provavelmente, é de origem semântica. No sítio *Cambridge Dictionary*[25], por exemplo, validação é descrita como "tornar algo oficialmente aceitável ou aprovado, especialmente depois de examiná-lo"[26]. Esta definição remete-nos a um ofício imparcial dos avaliadores e desacorda com o sentido que apresentamos, o qual contempla avaliar os inúmeros elementos metacientíficos que porventura conduziram os editores e pareceristas. Não excluímos do processo de validação o exame estrito do conteúdo de um texto acadêmico, seja por qual caminhoo avaliador se orienta, consideramo-lo uma importante etapa do processo, mas também não descartamos que a aceitação ou rejeição do trabalho possa se dar por questões não científicas, que vão desde a forma da escrita do texto até as implicações sociopolíticas.

As autoras Pavan e Stumpf (2009) apresentam uma pesquisa sobre a avaliações por pares realizadas em periódicos brasileiros com conceito A, conforme Qualis/CAPES[27] 2006, na área de Ciência da Informação. Elas explicitam as etapas de recebimento e avaliação daquelas revistas e, semelhante ao relatado nos trabalhos anteriores, afirmam que os pareceristas "seguem procedimentos similares e de acordo com os padrões científicos" (PAVAN, STUMPF, 2009, p. 73). O diferencial deste trabalho está no fato de que, ao apontar algumas fragilidades nos processos de avaliação pelos pares, as pesquisadoras expuseram problemas de caráter pessoal na rejeição de alguns trabalhos. Além de problemas como lentidão, o qual, também relatado por Araújo (2012), elas apontam dificuldade de detectar fraudes, plágios e autoplágios. A pesquisa conclui que alguns trabalhos são ignorados por critérios subjetivos, por conservadorismo dos pareceristas ou por "favorecimento às redes elitistas em detrimento de grupos minoritários (étnicos, mulheres, pesquisadores jovens, pesquisadores de instituições de menor prestígio)" (PAVAN, STUMPF, 2009, p. 75).

Problemas semelhantes e novas questões são apontados por Weller (1995) e Davyt García e Velho (2000). O primeiro autor relata que na revista *American Sociological Review* aproximadamente 75% dos trabalhos publicados entre os anos de

[25] Em https://dictionary.cambridge.org/pt/, último acesso agosto de 2017.
[26] Do original "to make something officially acceptable or approved, especially after examining it". Em https://dictionary.cambridge.org/pt/, último acesso agosto de 2017.
[27] Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

1944 e 1945 eram de autoria de membros da *American Sociological Society.* Entretanto, somente cerca de 50% dos manuscritos enviados à revista eram de membros da sociedade, o que expõe, segundo o Weller (1995), o privilégio dos associados em detrimento de pesquisadores externos. De acordo com o autor, nas décadas de 1960 e 1970, uma série de estudos sobre publicações e avaliações por pares foram publicados e grupos editoriais foram estruturados. Essas ações conduziram a uma formalização nos procedimentos de avaliação por pares que são descritos por Weller (1995) (papel dos editores e pareceristas, anonimato dos autores, entre outros).

Davyt Garcia e Velho (2000) extrapolam as questões levantadas pelos demais autores que citamos. Além das fragilidades já reconhecidas no processo de validação em si, os autores apresentam resultados de pesquisas que explicitam atributos sociais presentes nas avaliações. Um dos estudos apresentados afirma que as revistas tendem a publicar artigos cujos resultados são estatisticamente significativos (menores chances de erro) em prejuízo daqueles cujos resultados são estatisticamente não significativos (maiores chances de erro), em especial nas áreas médicas. Isso inibi a possibilidade de se encontrar os erros em novos procedimentos e, possivelmente, direcionar a pesquisa para resultados positivos. Outra consequência seria o desperdício de recursos e tempo, de outros cientistas, em pesquisas com resultados negativos. Para os autores, seria suficiente lançar um banco de dados centralizado para evitar a repetição de trabalhos que não resultaram em produtos validados (DAVYT GARCIA, VELHO, 2000).

Outra pesquisa, descrita por Davyt Garcia e Velho (2000), traz as reclamações de muitos autores sobre o tratamento preferencial dado a alguns pesquisadores devido ao seu status acadêmico. Exemplificam com o caso do psicólogo da Universidade de Harvard, Robert Roshenthal que não conseguira publicar cerca de 15 trabalhos no início de sua carreira, mas, que depois de ingressar em Harvard, publicou os mesmos 15 trabalhos, nos mesmos periódicos que rejeitaram seus artigos.

Davyt Garcia e Velho (2000) destacam ainda que os pesquisadores Laband e Piette concluíram que os árbitros que conhecem o autor de um artigo podem levar em consideração o valor de seu trabalho anterior, que de alguma forma mudaria a avaliação do novo trabalho submetido. Eles observaram a avaliação de artigos submetidos a revistas da área de Economia. Todos os artigos foram avaliados duas vezes, por distintos avaliadores. Em um primeiro momento, foi realizada uma avaliação “às cegas” (autores anônimos) e em outro os artigos foram analisados tendo a autoria revelada[28].

[28] Os pesquisadores levaram em conta o efeito variável estatísticas relacionadas às características do trabalho, como duração e a qualidade média dos artigos de revistas. As análises estatísticas não foram reproduzidas em Davyt Garcia e Velho (2000).

A pesquisa concluiu que as decisões dos revisores e editores foram predispostas a favor dos autores mais conhecidos. Indicaram como a afiliação institucional e outros fatores pessoais do autor podem afetar a avaliação dos árbitros. Afirmaram ainda que, quando analisam trabalhos anônimos, os revisores substituem os critérios particulares (com base no prestígio dos autores) por critérios universais (baseados no mérito intrínseco do trabalho) (DAVYT GARCIA, VELHO, 2000).

Por sua vez, krimsky e colaboradores (1996) estimaram que 34% de uma amostra de artigos publicados em 1992, na área de Biomedicina, tinha algum autor com interesse econômico na pesquisa. Casos estes em que os pesquisadores eram detentores de uma patente, obteriam ganhos financeiros em seu uso, eram consultores científicos de uma empresa de biotecnologia envolvida em algum produto usado na pesquisa ou eram acionistas de uma empresa com relações comerciais com a investigação. Problemas semelhantes surgem quando um cientista, com vínculos comerciais com determinada empresa, é solicitado para avaliar um artigo cuja publicação envolve um conflito de interesses daquela companhia (KRIMSKY, et al., 1996).

Como Weller (1995) apontou, nas décadas de 60 e 70 do século passado, a discussão em torno da avaliação por pares se intensificou. Ainda naquele século, observamos novas discussões acerca do assunto, de tal forma que em 1994 é publicado um conjunto de normas éticas para a arbitragem de trabalhos científicos (WELEER, 1995). Nos anos seguintes, e, principalmente, em anos mais recentes, o número de artigos discutindo a avaliação por pares é muito escasso[29]. O que justifica o uso de referências menos recentes nessa seção. Mas o tópico ainda é frequente nos editoriais e ensaios das revistas científicas (CAMPANARIO, 2002; MARQUES-TEIXEIRA, 2007; WALL, 2009; WALBOT, 2009; YAFFE, 2009; MORAES JR., et al., 2010; EVORA, CELOTTO, 2011; ABBOTT, 2011; ARAÚJO, 2012; NASSI-CALÒ, 2015; VASCONCELLOS, 2017). Em todos aqueles listados, é frequente a menção dos problemas de falta de critérios e objetividade dos avaliadores (CAMPANARIO, 2002; MORAES JR., et al., 2010; ARAÚJO, 2012; NASSI-CALÒ, 2015), a predisposição em aprovarem trabalhos de autores renomados ou membros de associações vinculadas às revistas (CAMPANARIO, 2002; MARQUES-TEIXEIRA, 2007; WALL, 2009; NASSI-CALÒ, 2015) e os interesses pessoais no conteúdo dos artigos (CAMPANARIO, 2002; MARQUES-TEIXEIRA, 2007; ARAÚJO, 2012).

[29] No portal de periódico da CAPES (http://www.periodicos.capes.gov.br/) foram encontrado 93 artigos que contenham a expressão “avaliação por pares”, publicados neste século (última data de verificação em 27 de outubro de 2019). Nem todos os artigos debatem necessariamente o assunto, muitos somente citam como etapa do processo de validação de seus estudos.

Dentre os editorias listados, destacamos o documento de Marques-Teixeira (2007) que disserta sobre a nova concepção de avaliação por pares frente ao aparecimento de novas tecnologias de comunicação. Neste texto, o autor argumenta que capacidade de rápida divulgação da internet pode democratizar o processo. Uma hipótese sugerida é a possibilidade de se realizar uma revisão por pares aberta, permitindo aos leitores escreverem num comentário público os seus juízos sobre os artigos e esses comentários poderem ser utilizados como argumentos para aumentar a qualidade do artigo. Marques-Teixeira (2007) reconhece as limitações desta hipótese, pois mesmo que o público ledor seja especializado em determinada área, isso não garante que sua ingerência na área contida no artigo. Porém, seus argumentos reforçam nossa defesa de que o julgamento dos artigos que divulgam os produtos da ciência é consonante com as características de seu entorno.

Os dados anteriores nos permitem afirmar que o debate sobre avaliação por pares, que tomamos como etapa importante do processo de validação cultural, não se se encerrou. Ademais, a longa lista de exemplos serviu-nos como amparo para nosso olhar, imerso na HCC, sobre a validação do conhecimento científico. A qual, por compor o fazer científico, também possui predicados culturais e sociais inerentes ao período histórico estudado, que devem ser considerados se quisermos compreender como determinado conceito ou teoria científica se consolidou ou se consolida.

É importante destacar que muitos dos trabalhos citados aqui referem-se a publicações das áreas de saúde aplicada, ou seja, Medicina, Enfermagem, Bioquímica, Educação Física, Psicologia, etc. Artigos teóricos, que julgam o conceito ou não se concentram a um único instrumento ou prática, pouco abrangem essa discussão, com algumas exceções já enumeradas. Dessa forma, a maioria dos estudos que citam a validação, não necessariamente debatem sobre sua definição ou sua dinamicidade histórica. Costumeiramente o conceito é citado como etapa final do fazer científico (WELLER, 1995; KRIMSKY, 1996; ALMEIDA, et al., 2016; NORA, et al., 2017) e relacionado com a epistemologia (CHAUÍ, 2000), como iremos discutir na próxima seção. Além disso, iremos apresentar como o conceito de epistemologia interage com a nossa definição de validação cultural.

1.2 Aproximações com a epistemologia (?)

A epistemologia, também chamada teoria do conhecimento ou teoria das ciências, é entendida como um campo da Filosofia que investiga os caminhos pelos quais alcançamos o conhecimento, as próprias ciências e nosso entendimento do conhecimento científico (CHAUÍ, 2000). Marilena Chauí (2000) define epistemologia

como a “análise crítica das ciências [...]; avaliação dos métodos e dos resultados das ciências; compatibilidades e incompatibilidades entre as ciências; formas de relações entre as ciências, etc.;” (CHAUÍ, 2000, p.66).

Se partirmos da definição de Marilena Chauí, localizamos o conceito de validação do conhecimento científico como um dos elementos de estudo da epistemologia, no sentido em que ela encerra os possíveis caminhos para se alcançar aquele conhecimento. Por outro lado, Reichenbach (apud TORRES, 2013) entende que o papel da epistemologia é o de “estudar quais critérios e métodos podem conferir validade a um determinado conjunto de enunciados sobre o mundo” (TORRES, 2013, p.24).

Hans Reichenbach (1891 - 1953), filósofo vinculado ao Círculo de Viena[30], estrutura sua epistemologia a partir dos conceitos normativos de *contexto da descoberta* e *contexto da justificação* (TORRES, 2013; MIGUEL, VIDEIRA, 2011). O primeiro lida com questões empíricas relativas à gênese desse conhecimento e o segundo com as proposições criadas pelos cientistas para justificarem suas construções com base em critérios racionais de validade (VIDEIRA, 2007). Neste caso, para o filósofo, a epistemologia estaria relacionada ao contexto da justificação e este, por sua vez, poderia dizer respeito às causas externas do fazer científico (TORRES, 2013). Apesar de sua epistemologia normativa não se aderir ao pensamento filosófico do último século, algumas de suas características ficaram marcadas na área (MASTERMAN, 1979). Em especial, o caráter sociológico contido em seu contexto da justificação, alegando que qualquer teoria do conhecimento deve considerar o conhecimento como um fato sociológico dado.

Afim de estabelecermos em que medida o conceito de validação cultural que apresentamos neste trabalho se aproxima da definição de epistemologia da literatura da Filosofia da Ciência, ou não, iremos nas próximas linhas traçar um breve perfil histórico da teoria do conhecimento. Naturalmente não descreveremos todas as possíveis interpretações relativas ao tema, contudo procuraremos ressaltar as principais vertentes, analisando como elas se aproximam ou divergem da principal característica presente na definição de validação cultural, a saber, seu caráter histórico e social.

Neste sentido, Chauí (2000) relata como a epistemologia surge como campo da Filosofia da Ciência. Ela argumenta que após o advento das disciplinas particulares nos

[30] Associação fundada em Viena na década de 1920 por um grupo filósofos da ciência, com o objetivo de alcançar a unificação do saber científico pela eliminação dos conceitos da metafísica e pelo emprego do famoso critério da verificabilidade que distingue a ciência (cujas proposições são verificáveis) da metafísica (cujas proposições inverificáveis devem ser supressas). (JAPIASSÚ, MARCONDES, 2008).

séculos XVIII e XIX (Estética, Filosofia da História, Sociologia, Psicologia, Física, Biologia, para citar algumas) e do positivismo de Comte no século XIX, a Filosofia reduziu seu campo de estudo. Tradicionalmente, a Filosofia destinava-se a investigar a realidade última de todos os seres, ou da essência de toda a realidade (ontologia); as ações humanas, seus valores e finalidades; e o conhecimento e a capacidade humana de conhecer (lógica e epistemologia) (CHAUÍ, 2000). Para Comte, o estudo da realidade natural, social, moral e psicológica, a partir da visão positivista, tornou-se objeto das ciências propriamente ditas, enquanto a Filosofia seria reduzida a reflexão do trabalho científico, das metodologias e produtos da ciência, ou seja, a epistemologia.

Em decorrência disto, intensificam-se os estudos em torno da teoria do conhecimento a partir do século XIX[31]. De tal sorte que a epistemologia positivista, ou o empirismo lógico[32], ocupou uma posição filosófica bem estabelecida e historicamente influente, fundamentando aquilo que passou ser chamado de Filosofia da Ciência. Contudo, segundo Laudan e colaboradores (1993), aquela epistemologia foi, no último século, "efetivamente refutada" (LAUDAN, et al., 1993, p.7), mas não completamente apagada, conforme indica Braga (2000). Na segunda metade do século XX, então, a teoria do conhecimento encontrou-se em meio a ponderações, gerando estudos que se contrapunham ao positivismo. Tratam-se das obras de filósofos da ciência como Paul Feyerabend (1924 - 1994), Stephen Toulmin (1992 - 2009), Gaston Bachelard (1884 - 1962), Thomas Kuhn (1922 - 1996), Imre Lakatos (1922 - 1974) e tantos outros que trouxeram importantes contribuições àquela discussão.

A visão epistemológica daqueles filósofos pós-positivistas, mesmo que essencialmente incomensuráveis[33], solapou a hegemonia do positivismo e suas doutrinas centrais (tais como a cumulatividade da ciência, a redutibilidade da linguagem teórica à observacional) (LAUDAN, et al., 1993). Aqueles autores concordavam na crítica ao empirismo-indutivista[34], característico da epistemologia positivista. Este julgamento centrava, entre outras coisas, naquilo que era crucial ao empirismo, a observação (BRAGA, 2013).

> Porém, tal condição apresenta as limitações mais clássicas do positivismo de maneira geral: sua visão de que apenas o que é observável faz parte do mundo social estudado exclui conceitos compreendidos e compartilhados, além de levar a uma redução

[31] O termo "epistemologia" surgiu pela primeira vez no livro de 1854, *Institutes of Metaphysics: the Theory of Knowing and Being*, der James F. Ferrier (1808-1864). (GOMES, 2009)
[32] Veja nota de rodapé 34.
[33] A exposição das epistemologias defendidas por cada um daqueles filósofos seria exaustiva e não acrescentaria argumentos para a discussão que apresentamos neste trabalho. Para uma melhor análise daquelas teorias indicamos Chalmers (2010).
[34] O empiricismo valoriza as experiências sensoriais humanas para obtenção do conhecimento, este seria desenvolvido via indução feita a partir da observação (BIESEL, ADAME, 2017).

> simplista dos fatores que formam o mundo social. Essa redução, não permite que se estudem as causas dos fenômenos observados, já que estas não são observáveis (BRAGA, 2013, p.62-63).

O empirismo positivista, ao recusar a construção social do conhecimento, também nega a noção de que as interpretações e os significados atribuídos pelos seres humanos influenciam a maneira como definem e interagem com a realidade (BIESEL, ADAME, 2017).

Ainda hoje a teoria do conhecimento é debatida a respeito de seus significados e de seus objetos de investigação. A discussão não se limita à dicotomia positivistas e pós-positivistas como a apresentada por Braga (2000). Há debates sobre os limites da epistemologia, apontados por Greco e Sosa (1999), que defendem haver somente três questões que a fundamentam: o que é conhecimento? O que podemos saber? Como nós sabemos o que sabemos? Greco e Sosa se opõem àqueles que afirmam que outras indagações estão sendo consideradas objeto da epistemologia (a busca de certezas; a tentativa de legitimar outras disciplinas, com caráter de ciência).

Thomas Reydon (2019), por sua vez, nos oferece uma nova discussão, sobre como as epistemologias contemporâneas permitem desvios éticos no caminho traçado por pesquisadores para a obtenção do conhecimento científico. Afirma que alguns pesquisadores fabricaram resultados ou sabotaram os projetos de pesquisa de seus concorrentes (MAHER apud REYDON, 2019).

Mais enfático em sua crítica, Kitcher (2011) acusa a epistemologia contemporânea de ser “cega” por ser a-histórica. Ele acusa os filósofos contemporâneos de ignorarem a história dos problemas da própria Filosofia, comportamento que ele denomina de “fossilização da tradição filosófica”[35] (KITCHER, 2011, p. 509). Para o autor, isso implica em um apagamento das epistemologias precedentes em função da sobreposição das novas teorias. Dessa forma, ele julga que os filósofos ignoram as dimensões sociais e históricas do conhecimento, continuando a serem atraídos por uma visão de “conhecedores” solitários cujo corpo de crenças é justificado por uma combinação de razão e experiência. Defende, então, que devemos observar o conhecimento humano coletivo como um processo histórico, preservar algumas questões epistemológicas clássicas, descartar outras e suscitar novas. Nos termos do próprio autor:

> No entanto, um fascínio exclusivo pelo indivíduo incorpora um descaso da história, uma falha em ver como a visão cartesiana em particular

[35] Do original: “fossilization of philosophical tradition”.

> emergiu de um projeto do século XVII que já foi bem motivado, mas que agora foi abandonado. (KITCHER, 2011, p. 509)[36].

Notemos que Kitcher (2011) não acusa toda a epistemologia do último século ser desprendida do social. Sua crítica direciona-se, de fato, aos epistemólogos que construíram suas teorias refutando as anteriores, limitando as relações sociais dos cientistas a poucos fatores externos e consolidando a ideia de uma comunidade científica e não de uma sociedade em um sentido mais amplo. Além disso, mesmo aqueles que ponderam sobre as relações entre produção científica e sociedade, não o fazem ao tratar do conhecimento em si. Dessa forma, a epistemologia normativa, segundo Kitcher (2001), estabelece como único conhecimento válido aquele destituído de qualquer enraizamento social.

Outro autor crítico em relação à epistemologia contemporânea e aos aspectos filosóficos da ciência é Bruno Latour (2012). Este autor traz reflexões parecidas às de Kitcher (2011) na sua ideia de aproximação da epistemologia com o social (LATOUR, 2012). Afirma que só podemos compreender a construção de qualquer conhecimento se considerarmos todos os possíveis elementos metacientíficos, sejam eles da esfera econômica, política, psicológica ou qualquer outra manifestação cultural (IDEM, IBDEM), respeitando as características dos grupos sociais envolvidos e suas localidades e temporalidades. Latour se diferencia de Reichenbach, por exemplo, ao não considerar o que este último definia como “relações internas” e “relações externas” de conhecimento. Ou seja, para Latour não há sentido em analisar separadamente as ações e relações intrínsecas ao fazer científico separadas das ações e relações sociais e culturais, pois não haveria fronteiras estabelecidas entre a ciências e seu contexto (LATOUR, 2001). A sociologia que corrobora a distinção entre contexto de descoberta e contexto de justificação, para Latour, “não passa de uma roupagem da história das ideias, quiçá da epistemologia”. (LATOUR, WOOLGAR 1997, p. 21). Latour e Woolgar (1997), então, destacam:

> “Se perguntarmos a um pesquisador o que ele faz, quem nos responde? Na maior parte das vezes é a epistemologia, é a filosofia da ciência que sopra as respostas. Ela (a epistemologia) fala de método científico, de experiência crucial, de falsificação, de paradigma, de conceito ou de realismo racional. É a mesma coisa que pesquisar uma aldeia da Amazônia onde todo mundo dá aula com *As estruturas elementares de parentesco*.[37]” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 28).

---

[36] Do original “Yet an exclusive fascination with the individual embodies a neglect of history, a failure to see how the particular Cartesian vision emerged from a seventeenth-century project that was once well-motivated, but has now been abandoned”.

[37] A obra *As estruturas elementares de parentesco* do antropólogo Claude Lévi-Strauss (1ª edição publicada em 1949) sobre a proibição do incesto (proibição do casamento entre parentes) presente em quase todas as culturas.

Como última crítica à epistemologia contemporânea aqui destacada, o recente artigo publicado por Nunes (2008) debate o fim das epistemologias do século XX, ou de sua "historicização definitiva", apresentando o que ele denomina de movimento "pós-epistemológico" (NUNES, 2008, p.45). O autor argumenta que nas últimas três décadas, as recorrentes críticas à epistemologia culminaram na "transferência da soberania epistémica (sic) para o 'social', pela redescoberta da ontologia e pela atenção à normatividade constitutiva e às implicações políticas do conhecimento" (IDEM, IBDEM, p.45). A epistemologia, dessa forma, deixou de exercer o papel de determinar o que é válido ou não, nas palavras do autor, ela se "libertou" da função de "definir critérios que permitem distinguir e adjudicar a verdade e o erro" (IDEM, IBDEM, p.46). Nunes vale-se da obra de Boaventura de Sousa Santos (1940 -) para reforçar seus argumentos.

Santos (2019) discute, também, sobre a crise da epistemologia enquanto projeto normativo associado à ciência moderna, a partir de uma proposta da existência de uma diversidade de epistemologias nas várias culturas do mundo. Este autor é desfavorável à definição de uma única epistemologia hegemônica e legislativa. Em contraponto, defende uma análise de epistemologias locais, temporais e simetricamente relevantes (SANTOS, MENESES, 2010). Santos (2019) ainda argumenta a favor da polissemia epistêmica como forma de reduzir a soberania e desigualdades presentes nas relações sociais ou geopolíticas. No sentido em que define que uma epistemologia dominante geraria apagamentos não somente de caráter científico, mas também em várias representações das culturas reprimidas. Sobre Santos, Nunes acrescenta (2008):

> Torna-se possível, assim, uma dupla operação de "resgate" da epistemologia. Por um lado, esta deixa de estar confinada à reflexão sobre os saberes científicos ou centrada nela – mesmo se essa reflexão passa por uma viragem "naturalista", que a torna indissociável da investigação sobre as práticas, a produção de objetos e de enunciados, a sua circulação e validação, que definem os modos de existência dos saberes científicos. A epistemologia passa a abranger explicitamente todos os saberes – deixando de os tratar apenas através da sua relação com os saberes científicos – e procura estabelecer as condições da sua produção e validação, indissociáveis de uma hierarquização incompatível com qualquer forma de soberania epistémica, mas também com um relativismo que, em nome da afirmação da igual dignidade e valor de todos os saberes, acaba por ignorar as consequências e as implicações desses saberes, os seus efeitos sobre o mundo. (NUNES, 2008. p.47).

Evidenciamos, assim, o debate em torno do que seria a epistemologia e seus objetos de estudo. Identificando aquilo o que a faz aproximar, segundo alguns autores, da validação do saber científico. Contudo, não entendemos que a validação seja objeto único da epistemologia, em certa medida ela é uma das etapas previstas pela teoria. Tampouco encontramos alguma teoria do conhecimento epistêmica que vislumbre a

validação cultural que definimos. Coadunamos, então, com aquelas obras que direcionaram críticas à epistemologia normativa, a-histórica ou que identifica os produtos da ciência desenraizados de qualquer aspecto social. Em outros termos, localizamo-nos nas referências que defendem o fim das epistemologias positivistas e pós-positivistas, favorecendo a visão social, histórica e cultural do fazer científico.

Na seção seguinte iremos narrar os caminhos que nos levaram ao referencial da Sociologia e Filosofia de Bruno Latour. Citado anteriormente como um autor que acusa o fim das epistemologias do século XX.

1.3 O que falam (se falam) a respeito da validação cultural

Apresentaremos nessa etapa da tese uma pesquisa bibliográfica realizada na ocasião em que o autor cursava uma das disciplinas do programa de pós-graduação, no primeiro trimestre do ano de 2018. É relevante destacar este fato pois, algumas metodologias, recortes e ferramentas aqui utilizadas, ao primeiro contato, podem parecer divergentes daquilo que apresentamos no restante da tese. Apesar disso, seu resultado foi decisivo para os caminhos que nossa pesquisa tomou, inclusive na adoção de um novo referencial teórico.

A pesquisa foi pensada sob o propósito de estruturarmo-nos em torno do termo validação do conhecimento científico. Na seção anterior, apresentamos estudos que abarcam o tema, mas a maioria daquelas não discutia a validação considerando sua historicidade. Além disso, muitas das referências eram datadas de muitos anos atrás. Entendíamos a necessidade de dialogar com referências mais atuais, as quais exploravam o objeto de estudo. Assim, a investigação bibliográfica, com características de uma pesquisa quantitativa descritiva, procurou esboçar o cenário de publicações no Brasil a respeito das práticas científicas, que culminam na validação de determinado produto. Para tanto, em um primeiro momento, partimos da plataforma de periódicos fornecida pela CAPES[38], limitando a trabalhos em português, no período entre 2012 e 2017 e somente periódicos revisados por pares. O recorte temporal abrangia os cinco anos antecessores ao ano de realização da pesquisa, discutiremos ainda nessa seção o porquê de não termos ampliado essa pesquisa para os anos seguintes.

Em um primeiro momento, procuramos trabalhos que discutiam os fatores que promoviam a validação do saber científico, ou seja, os artigos que debatiam como

[38] Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), fundação do Ministério da Educação (MEC). A CAPES é responsável avaliação dos programas de pós-graduação stricto sensu no país, pelo acesso e divulgação da produção científica entre outras atribuições relacionadas à produção científica. A CAPES oferece em seu sítio acesso aos periódicos brasileiros e internacionais: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>, último acesso em 15/09/2017.

determinado conceito ou teoria científica tornaram-se aceitos pela comunidade científica, quais critérios estão envolvidos na sua divulgação, aplicação e reprodução. Dessa forma, fizemos uma busca nos termos “validação”, “validação da ciência”, “confirmação”, “comprovação” e “aceitação”, procurando-os em resumos, títulos e palavras-chave. O número de artigos encontrado muito elevado e os títulos ou palavras-chave não nos permitiram selecionar os artigos corretamente, assim, fazia-se necessária a leitura de mais de 2000 (dois mil) resumos. A rigor, deveríamos executar a leitura de todos os resumos, mas notamos, já nas primeiras leituras, que muitos daqueles resumos não usavam os termos pesquisados no sentido em aqui estamos empregando. “Confirmação”, por exemplo, surgia em seus mais diversos significados: “Viés de confirmação refere-se a uma tendência que os entrevistadores possuem em confirmar suas impressões prévias após a realização de entrevistas” (ARAUJO, PILATI, 2014, p. 67). A leitura de todos os resumos configurou um despendimento excessivo de tempo e, provavelmente, desnecessária. Para reduzir o volume de material a ser avaliado, reestruturamos a busca de artigos. Os parâmetros permaneceram os mesmos, contudo concentramos a busca do termo “prática científica”, pois entendemos que o processo de validação do saber científico compõe aquilo que compreendemos como práticas científicas.

Com este último parâmetro, localizamos 734 artigos no período selecionado, naquele sítio eletrônico. A segunda etapa consistiu na leitura de todos os resumos e a posterior seleção daqueles artigos que discutem as relações entre ciência e aspectos metacientíficos. Dos 734 artigos encontrados, 25 foram selecionados para leitura integral e, em seguida, restaram-nos 21 artigos. A exclusão de quatro artigos deu-se pela repetição de um deles e, os demais, por avaliarem as práticas científicas no que se refere às atividades internas de laboratórios e não pela relação ciência e fatores externos. Para estruturarmos os dados obtidos, utilizamos os softwares Microsoft Excel. Analisamos a distribuição destes artigos cronologicamente e montamos as redes de autorias, periódicos, assuntos e de referências utilizadas.

Os 21 artigos foram catalogados destacando os títulos, os autores e suas respectivas instituições, o periódico no qual foi publicado, o ano de publicação, a instituição que a promove e o assunto ao qual se enquadra no sítio da CAPES[39]. Também foram catalogadas em separado as referências de cada artigo, destacando os primeiros autores de cada referência. Os trabalhos selecionados estão presentes na

[39] Os trabalhos presentes na Tabela 1.1 não foram esmiuçados neste trabalho pois, apesar de contribuírem na pesquisa bibliográfica apresentada nessa seção, não adicionam argumentos relevantes para essa tese.

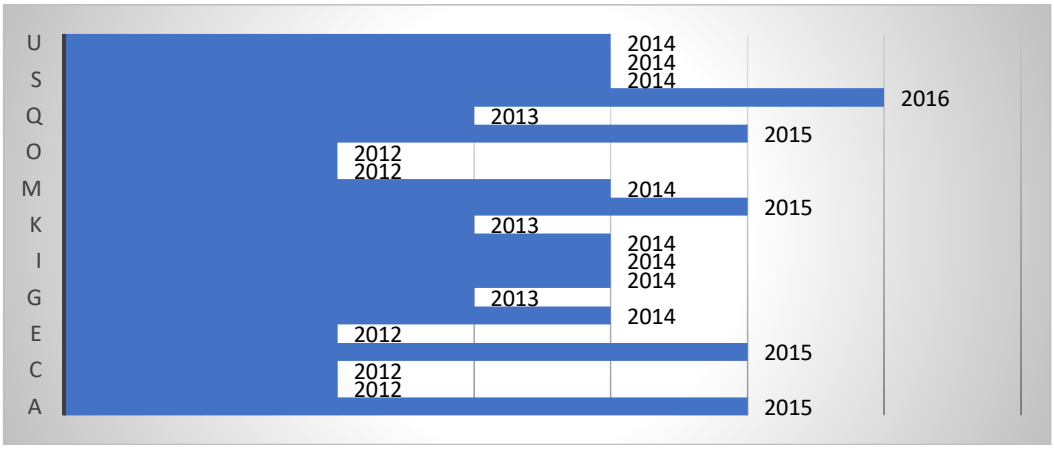
Tabela 1.1. Na Tabela 1.2, mostramos a distribuição destes nos cinco anos pesquisados.

Tabela 1.1- Trabalhos selecionados (título, autores, periódico)

A	Internacionalização, Ciência E Saúde: A Medicina Regenerativa Global E Os Mercados Paralelos. Liliana Acero. Ciência & Saúde Coletiva, 01 February 2015, Vol.20(2), Pp.433-440
B	Circulação E Produção De Saberes E Práticas Científicas Na América Meridional No Século Xviii: Uma Análise Do Manuscrito Materia Medica Misionera De Pedro Montenegro (1710). Fleck, Eliane Cristina Deckmann; Poletto, Roberto. História, CiêNcias, Saúde--Manguinhos, 2012, Vol.19(4), Pp.1121-38
C	Uma Reflexão Crítica Sobre A Prática Científica E O Seu Contributo Para A Qualidade De Vida Da Sociedade. José Vasconcelos-Raposo; Carla Maria Teixeira; Helder Miguel Fernandes. Motricidade, 01 March 2012, Vol.8(1), Pp.1-4
D	Ética E Pesquisa: Autonomia E Heteronomia Na Prática Científica. Severino, Antônio Joaquim. Cadernos De Pesquisa, 2015, Vol.45(158), Pp.776-792
E	Homo Academicus: Crise Identitária E Prática Científica. Dina Maria Martins Ferreira. Signótica, 01 December 2012, Vol.24(2), Pp.287-303
F	Alberto Guerreiro Ramos: Contribuicoes Da Reducao Sociologica Para O Campo Cientifico Da Administracao Publica No Brasil. Capelari, Mauro Guilherme Maidana; Afonso, Yedda Beatriz Gomes De Almeida Dysman Da Cruz Seixas Singer; Goncalves, Andrea De Oliveira. Revista De Administracao Mackenzie, 2014, Vol.15(6), P.98(24)
G	Tecnologia, Cultura E Meio Ambiente: Determinantes Das Práticas Do Aleitamento Materno No Brasil. Marluce Martins Machado Da Silveira; Nelson Bezerra Barbosa. Fronteiras: Journal Of Social, 01 September 2013, Vol.1(2), Pp.20-32
H	Marx Como Referencial Para Análise De Relações Entre Ciência, Tecnologia E Sociedade. Lima Junior, Paulo; Deconto, Diomar Caríssimo Selli; Neto, Ricieri Andrella; Cavalcanti, Cláudio José De Holanda; Ostermann, Fernanda. Ciencia & Educação, 2014, Vol.20(1), Pp.175-194
I	A Dádiva Como Princípio Organizador Da Ciência. Marcos Barbosa De Oliveira. Estudos Avançados, 01 December 2014, Vol.28(82), Pp.201-223
J	Produção Do Conhecimento Sobre Meio Ambiente: A Percepção Dos Pesquisadores Da Universidade Federal Do Tocantins (Uft), Da Universidade De Brasilia (Unb) E Da Universidade De Lisboa (Ul). Eliene Gomes Dos Santos.Sociedade E Estado, Jan/Apr 2014, Vol.29(1)
K	Contribuições Axiológicas À Educação Científica: Valores Cognitivos E A Seleção Natural De Darwin. Irinéa De Lourdes Batista; Lucken Bueno Lucas. Ciência & Educação, 2013, Vol.19(1).
L	O Acesso Aberto E O Uso Da Informação Científica. Droescher, Fernanda Dias Silva; Edna Lúcia Da. Investigación Bibliotecológica: Archivonomía, Bibliotecológica E Información, January-April 2015, Vol.29(65), Pp.161-194
M	O Modelo Da Interação Entre As Atividades Científicas E Os Valores Na Interpretação Das Práticas Científicas Contemporâneas. Lacey, Hugh; Mariconda, Pablo Rubén. Estudos Avançados, 01 December 2014, Vol.28(82), Pp.181-199
N	Elementos Para Uma Reflexao Sociológica Sobre O Fenômeno Da Mobilidade De Investigadores E Cientistas. Moreira, Sandra Araújo, Emília. Política & Sociedade, Apr 2012, Vol.11(20), Pp.227-254
O	Ciência, Ética E Sociedade: A Regulação Da Prática Científica. Telma De Souza Birchal. Caderno Crh, 2012, Vol.25(2), Pp.161-167
P	Empreendedorismo De Base Tecnológica No Contexto Das Instituições Públicas De Pesquisa Em Minas Gerais: Influências Da Pré-Estabilização De Objetos. Tonelli, Dany; Zambalde, André. Interciencia, Feb 2015, Vol.40(2), Pp.76-83
Q	Análise Do Conhecimento Teórico E Prática Científica Entre Otorrinolaringologistas Brasileiros. Vitor Rosa Ramos De Mendonça; Thiago Alcântara; Nilvano Andrade; Bruno Bezerril Andrade; Manoel Barral-Netto; Viviane Boaventura. Brazilian Journal Of Otorhinolaryngology, 2013, Vol.79(4), Pp.487-493
R	Implicações Éticas Do Efeito Mateus Na Ciência/Ethical Implications Of The Matthew Effect In Science Barbosa, Adriana. Mediações, Jul-Dec 2016, Vol.21(1), Pp.286-316
S	A Indústria Farmacêutica E A Importância Estratégica Dos Propagandistas De Medicamentos: Estudo Com Colaboradores Em Natal/Rn. Hekis, H; Sousa, K; Furukava, M; Valentim, R; Oliveira, I; Alves, R. Holos, 2014, Vol.30(4), Pp.317-333
T	Produção Científica De Farmacovigilância: Perfil E Tendências. Camila Ferrazza Alves; Jessye Melgarejo Do Amaral Giordani. Revista Cuidarte, 01 November 2014, Vol.5(2), Pp.820-6
U	Ciencia, Tecnologia E Sociedade Pelo Olhar Da Tecnologia Social: Um Estudo A Partir Da Teoria Crítica Da Tecnologia. Freitas, Carlos Cesar Garcia; Segatto, Andrea Paula. Cadernos Ebape.Br, 2014, Vol.12(2), P.302(19)

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 1.2 – Distribuição cronológica dos artigos avaliados



Fonte: Elaboração Própria

Foram catalogadas as 500 obras contidas nas referências (considerando inclusive as repetições). Dentre estas, destacam-se onze autores que figuram como referência em pelo menos dois dos artigos avaliados. A Tabela 1.3 elenca estes autores, quais artigos os citam, quantas obras suas foram referenciadas e suas áreas de atuação. Ressaltamos que a área de atuação de cada autor descrita na Tabela 1.3 não se refere, necessariamente, à formação do autor, mas sim a área onde a obra referenciada se classificava ou onde concentra-se a maioria de suas publicações.

Tabela 1.3 – Autores referenciados em ao menos dois artigos

AUTOR – ÁREA DE ATUAÇÃO	ARTIGOS QUE REFERENCIAM O AUTOR	NÚMERO DE OBRAS CITADAS
Patrícia Durães Ávila (Avila P) - Sociologia.	N, R (2)	1
Walter A. Bazzo (Bazzo, W) - Engenharia e educação.	H, T (2)	2
Pierre Bourdieu (Bourdieu P) – Sociologia.	E, F, H (3)	6
Renato Peixoto Dagnino (Dagnino, R) - Engenharia, economia	H, U (2)	6
Antônio Carlos Gil (Gil A) - Sociólogo	T, L (2)	1
Jürgen Habermas (Habermas J) - Filósofo	A, E (2)	2
Warren O. Hagstrom (Hagstrom, W) - Sociologia	I, R (2)	3
Hugh Lacey (Lacey, H) - Filósofo da ciência	I, K, M[40] (3)	9
Bruno Latour (Latour, B) - Sociologia	G, P, R (3)	7
Robert King Merton (Merton, R) - Sociologia.	I, O, R (3)	11
John Ziman (Ziman, J) - Física	I, O (2)	2

Fonte: Elaboração Própria

Aqui, notamos que não há nenhum autor que tenha sido referenciado em muitos artigos, os autores Bourdieu, Lacey, Latour e Merton são os que surgem em mais trabalhos, entretanto, cada um deles é citado em somente três dos 21 artigos. Daqueles

[40] Trabalho do próprio autor.

onze autores da Tabela 1.3, seis são sociólogos, ou publicam seus trabalhos mais frequentemente nessa área. Os demais cinco autores se distribuem em quatros áreas distintas. Este levantamento nos indica que, nos escassos trabalhos sobre práticas científicas e validação cultural, não encontramos um referencial predominante, mas a discussão situa-se majoritariamente na área da Sociologia das Ciências. Além do exposto, são treze trabalhos (dos 21 listado na Tabela 1.1) a citarem obras de sociólogos. Outro dado a se destacar é o fato de os quatro autores listados anteriormente não serem referenciados pelos mesmos artigos, com a exceção de Latour e Merton que estão citados no trabalho R. Também não há uma obra daqueles quatro autores que é utilizada por todos que os citam. De forma que expandimos nossa análise anterior, afirmando também não haver consenso entre os 21 artigos sobre autor e obra.

Na Tabela 1.4, mostramos as obras mais referenciadas de parte daqueles autores, procuramos as que foram referenciadas pelo menos duas vezes. De qualquer forma, todas estas obras foram citadas somente em dois artigos.

Tabela 1.4 – Obras mais referenciadas

Referência citada
Ávila, Patrícia. A distribuição do capital científico: diversidade interna e permeabilidade externa no campo científico. Sociologia - Problemas E Práticas, Nº 25, 1997.
Gil, Antonio Carlos. Como Elaborar Projetos De Pesquisa, 5. Ed., São Paulo: Atlas, 2010.
Lacey, H. Ciência, Respeito À Natureza E Bem-Estar Humano. Scientiae Studia, V.6, N.3, P. 297-327, 2008.
Lacey, H. Valores: a Atividade Científica 2. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia; Editora 34, 2010.
Latour, Bruno. Ciência Em Ação: Como Seguir Cientistas E Engenheiros Sociedade Afora. 2 Ed. São Paulo: UNESP, 2011.
Merton, R. K A Ciência E A Ordem Social. In: ___. Ensaios De Sociologia Da Ciência. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia; Editora 34, 2013ª, 1938.
Merton, R. K. A Ciência E A Estrutura Social Democrática. In: Merton, R. K. Ensaios De Sociologia Da Ciência. São Paulo: Associação Filosófica Scientiae Studia; Editora 34, 2013b, 1942.
Ziman, J. Real Science: What It Is, And What It Means. Cambridge University Press, 2000.

Fonte: Elaboração Própria

Não somente não destacamos um único autor nem obra, mas também não localizamos um periódico que contemple muitas publicações sobre práticas científicas e validação cultural. Daqueles 21 artigos avaliados, 17 foram publicados em revistas distintas, dois pares foram publicados nas mesmas revistas. Os trabalhos I e M foram publicados na revista *Estudos Avançados* da USP (Universidade de São Paulo) e os trabalhos H e K no periódico *Ciência & Educação* da UNESP (Universidade Estadual Paulista). Desses dados concluímos que também não há no Brasil um periódico que concentre essa discussão.

Os dados exibidos nessa seção não nos permitem traçar um perfil sobre a discussão em torno do assunto práticas científicas e validação cultural no Brasil. A distribuição temporal dos trabalhos (Tabela 1.2) e a variedade de periódicos que publicaram estes trabalhos podem não traçar um perfil, mas nos mostram que a relação da ciência com fatores a ela externos é um tema que desperta estudos, tendo em vista a presença deste em todos os anos analisados. Contudo, esta distribuição não figura em uma área específica, muito menos estabelece um diálogo entre áreas distintas (sejam a área de Filosofia das Ciências, da Sociologia, ou de qualquer outra), pois os autores não se citam, com uma única exceção dos artigos L e K, que referenciam o autor Hugh Lacey, e tampouco publicam em periódicos de assuntos afins.

Como mencionamos, este estudo foi apresentado em trabalho final de uma disciplina da pós-graduação, de tal forma que a ampliação do recorte temporal e a análise trabalhos em periódicos estrangeiros estavam planejados. Mas os resultados aqui descritos em conjunto com o debate sobre epistemologia da seção anterior nos apontaram que deveríamos estender nossa análise para um referencial sociológico específico. Como a abordagem historiográfica adotada na pesquisa é a HCC, consideramos que a Sociologia e Filosofia de Bruno Latour respaldariam o nosso entendimento sobre validação cultural e configurava como uma referência em trabalhos que exploravam as práticas do fazer científico.

Isso não significou uma alternância dos caminhos então planejados para a pesquisa. A HCC e seu olhar sobre as práticas do fazer científico continuaram com referenciais basilares da tese. Contudo, o recorte que planejamos, estudar a validação do saber científico, tangenciou a Sociologia e Filosofia de Latour, de tal forma que nos pareceu frutífero associar as duas teorias.

No próximo capítulo vamos explorar a Sociologia e Filosofia de Bruno Latour, destacando os conceitos do sociólogo que embasaram nossa pesquisa sobre a validação cultural analisando os casos de Ampère e de Broglie, e dialogando com referências que a sustenta e com aquelas que a rejeita. O que implica em confrontar a teoria de Latour com as teorias dos demais sociólogos que surgiram na pesquisa bibliográfica aqui descrita, e, assim, justificar a escolha do primeiro em detrimento de outros teóricos. Iremos também traçar um paralelo entre essa Sociologia e a HCC, para endossar aquilo que afirmamos sobre as duas teorias terem visões afins a respeito da ciência.

2. A Sociologia e Filosofia de Bruno Latour

O olhar para as práticas científicas pode dar-se de maneiras diversas. Os pressupostos teóricos daqueles que as observam orientam quais objetos e relações serão alvos de suas análises e, quando expostos, permitirão que entendamos suas conclusões. Por essa razão, apresentaremos quais argumentos teóricos guiaram nossa pesquisa a respeito da validação dos conceitos científicos destacados neste trabalho: a natureza da corrente elétrica proposta por Ampère e a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie. Na Introdução relatamos como a aproximação com a HCC nos levou a analisar as práticas científicas em detrimento das grandes realizações ou nomes das ciências. No Capítulo 1, relatamos como uma nova teoria filosófica/sociológica se fez presente em nosso trabalho, de tal forma que dedicaremos este capítulo a elucidar quais elementos dessa teoria foram apropriados a fim de conduzirmos nossa pesquisa sobre as práticas científicas envolvidas nas construções daqueles conceitos.

O nome que dedicamos ao capítulo faz menção a uma sociologia, por vezes tratado como filosofia (HARMAN, 2009; CARDOSO, 2015), postulada por Bruno Latour (1947-). Mas discutiremos como essa linha teórica é um constructo de vários autores e não fruto de um trabalho individual. Em comum, estes diversos autores compartilham a insatisfação com a forma como as sociologias das ciências vêm lidando com a dicotomia natureza e sociedade. Ora a natureza é tratada de forma independente e a ciência se mostra apta a desvelá-la, ora a sociedade se impõe como um “pano de fundo” (LATOUR, 1994; 2012), determinando os caminhos da ciência. Em ambos os casos, a crítica dos sociólogos partidários às ideias defendidas por Latour volta-se para essa separação. Para eles, não há dicotomia natureza-sociedade, não poderíamos avaliar uma sem considerar a outra, não conseguiríamos separá-las e, se isto ainda nos fosse permitido, não haveria domínio de uma sobre a outra.

Se, então, há um grupo de teóricos solidários com as teorias sociais que iremos apresentar neste capítulo, e muitos deles balizaram essa sociologia, poderíamos discutir a razão de denominá-la com a alcunha de um único autor. O próprio Latour já sugeriu nomes diversos para essa sociologia (iremos citar algumas em subseções sequentes), dentre eles, a termologia Sociologia das Associações parece-nos muito propícia, não somente por estar presente na obra mais recente avaliada neste trabalho (LATOUR, 2012), mas sobretudo por destacar o principal objeto de análise da teoria, isto é, as associações entre os diversos elementos que constroem determinado conceito científico. Contudo, Latour se encontra atualmente como um dos mais destacados sociólogos ou filósofos das ciências, o que não implica em ser o mais aceito. Além de

apresentar uma densa produção literária (autor e/ou editor de mais de vinte livros e publicou mais de cento e cinquenta artigos), também é comumente encontrado nos diversos canais de comunicação (jornais, revistas e variados sítios na internet) debatendo temas atuais como meio ambiente ou o papel das ciências na sociedade. O reconhecimento midiático e acadêmico, em conjunto com o fato dele ser um dos autores e defensor dessa sociologia, levou-nos a adotar a nomenclatura presente no título, a Sociologia e Filosofia de Bruno Latour. A fim de sermos coerentes com alguns pontos destacados nessa tese, acreditamos que os possíveis diálogos deste trabalho com outros autores se mostrariam mais frutífero se apresentássemos a linha teórica com o nome que é mais facilmente encontrado.

Poderíamos justificar, ainda, a utilização do nome do autor francês para descrever a Sociologia das Associações argumentando que ele não só participa de sua construção como também possui um considerável número de publicações nas últimas quatro décadas, as quais, além de agregar elementos a sua teoria, ilustram como acredita que ela deve ser utilizada. O alcance de sua obra e o debate que ela suscita podem ser justificados tanto por sua extensão como pelos controversos enfoques que ela nos oferece (CARDOSO, 2015). Latour é reconhecido por não aceitar alguns princípios fundamentais da ciência tradicional, tais como a referida inseparabilidade natureza/sociedade ou a concepção realista da natureza. Este ponto de vista de Latour, muito flagrante em todas as suas obras, pode ser mais bem compreendido se localizarmos as relações do autor durante sua trajetória como pesquisador.

Bruno Latour doutorou-se em Filosofia, mas sua formação inclui também Antropologia, sua primeira área de estudos, e Sociologia. Devido à natureza de suas obras é apresentado, atualmente, como filósofo, antropólogo e sociólogo. Foi professor de Sociologia na França, nos Estados Unidos da América e na Inglaterra. Atualmente é professor emérito associado ao MediaLab e ao programa de artes políticas (SPEAP), ambos da Sciences Po Paris (Instituto de Estudos Políticos de Paris – IEP - Institut d'Études politiques). Além de trabalhar em instituições de ensino e pesquisa, Latour também realizou pesquisas em campo.

No início da década de 1970, Latour trabalhava com um grupo de pesquisadores[41] na Costa do Marfim investigando "por que era tão difícil para executivos

[41] Todos os pesquisadores, inclusive Latour, trabalhavam para o instituto ORSTOM (Recherche scientifique et Technique Outre-mer, atualmente Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développment en Coopération). O ORSTOM é um órgão estatal francês que realiza pesquisas básicas na área de agricultura, saúde e saneamento básico, urbanização, águas continentais e estudos sobre a atmosfera, terras e oceanos, em parceria com países em desenvolvimento. A pesquisa realizada por Latour e os demais antropólogos foi idealizada e financiada por este órgão. O instituto OSTROM também é citado por Latour

negros adaptarem-se à vida industrial moderna"[42] (LATOUR, WOOLGAR, 1986, p. 273). A pesquisa procurava responder esta questão traçando as diferenças de aprendizagem entre a população local e os estudantes franceses. A fundamentação teórica de Latour e demais antropólogos os direcionava a um estudo sobre a cognição dos estudantes marfinenses. Mas o inquietava o fato de "que todo estudo dependesse de uma distinção entre raciocínio científico e pré-científico" (LATOUR, 1986, p.274)[43]. Ele concluiu, contudo, que uma possível causa da defasagem daquela população em relação ao que era considerado adequado para um trabalhador da área industrial, sob uma perspectiva europeia, era o modelo educacional aplicado no país. Na Costa do Marfim, se replicava o modelo francês, aplicado sem considerar as diferenças sociais entre as duas nações. Para Latour ficou evidente que ignorar as explicações sociais era um equívoco presente em estudos anteriores sobre habilidades cognitivas (IDEM, IBDEM).

As conclusões da pesquisa na África levaram Latour a questionar qual resultado encontraria se replicasse os mesmos métodos utilizados na população agrícola africana para analisar "cientistas de primeira linha" (LATOUR, 1986, p. 274)[44]. Dois anos antes de sua excursão à Costa do Marfim, Latour havia sido convidado pelo endocrinologista francês Roger Guillemin (1924 -) a realizar um estudo epistemológico de seu laboratório, no Instituto Salk, na Califórnia. Assim, em 1975 Latour inicia uma pesquisa etnográfica no laboratório de Guillemin. Segundo Kropf e Ferreira (1998), a experiência de Latour na África auxilia-nos a compreender as motivações e orientações metodológicas do antropólogo em sua investigação sobre as práticas científicas no Instituto Salk. Na ocasião, Latour desconhecia os estudos sociais das ciências, tampouco possuía algum conhecimento científico, queixava-se também do pouco domínio do idioma inglês (LATOUR, WOOLGAR, 1986). O cenário de um laboratório nos EUA o colocava na posição de um etnógrafo tradicional defronte a uma cultura que lhe era totalmente estranha (KROPF, FERREIRA, 1998).

Após dois anos observando as atividades no laboratório, Latour se reuniu ao sociólogo inglês Stephen William Woolgar (1950 -) para escrever a obra *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos* (LATOUR, WOOLGAR, 1986; 1997). Woolgar havia concluído sua tese de doutorado, em 1978, na qual apresentava uma

em algumas de suas obras (LATOUR, 1994; 2000), desempenhando relevante papel de financiador de alguns projetos do autor.

[42] Do original "why it was so difficult for black executives to adapt to modem industrial life".

[43] Do original "It was especially troubling that every study depended on a distinction between scientific and prescientific reasoning". Pautados pela filosofia de Bachelard que declarava que o estágio pré-científico compunha o primeiro obstáculo epistemológico. Tratava-se do conhecimento do senso comum, dos saberes adquiridos nas vivências empíricas (BACHELARD, 2005).

[44] Do original "first-rate scientists".

pesquisa sobre o grupo de pesquisadores que estudavam pulsares (ASHMORE, 1989). O sociólogo britânico era adepto do Construtivismo Social, o que significava que ele considerava a realidade como um artefato dinâmico, entendia o conhecimento como constructo social e que este conhecimento seria validado não por processos empíricos intrínsecos ao fazer científico, mas sim por relações sociais[45]. Latour (1997), na obra em questão, não debate o Construtivismo Social nem se declara adepto ao movimento, inclusive critica essa linha teórica em obra posterior (LATOUR, 2012), mas a coautoria com Woolgar indica sua afinidade com alguns pressupostos dessa forma de compreender as ciências.

Neste capítulo iremos explorar algumas das obras de Bruno Latour: *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos* (LATOUR, WOOLGAR, 1986; 1997); *Ciência em ação, como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora* (LATOUR, 2000); *Jamais fomos modernos* (LATOUR, 1994); *A esperança de Pandora* (LATOUR, 2001); e *Reagregando o Social, uma introdução à teoria do Ator-Rede* (LATOUR, 2012). Destacaremos, a partir dessas obras, como Latour se colocou como um etnógrafo no laboratório de ciências básica, assim, localizaremos os demais autores que Latour dialoga e discutiremos os conceitos de sua sociologia, principalmente aqueles que pautaram este trabalho.

Nas seções seguintes, buscaremos abarcar todos os principais conceitos trabalhados por Latour em cada uma das obras discutidas, o que ocasionará a repetição de alguns destes. Entendemos ser importante replicarmos estes conceitos pois, de acordo com o que discutiremos, eles foram construídos a partir de contínuas modificações. O amplo entendimento de suas ideias dar-se-á, então, avaliando-as na sua forma original e observando como elas incorporam novos argumentos. Nem todas as definições que serão apontadas neste capítulo estarão explicitamente presentes nas demais seções dessa tese, acreditamos, contudo, que elas devem ser elencadas para melhor entendimento da teoria de Latour e, principalmente, por que elas compõem nosso olhar acerca das práticas científicas e nosso discurso. Por essas razões que apresentaremos descrições extensas dos trabalhos do sociólogo francês, esperamos,

[45] O Construtivismo Social surge de um grupo de sociólogos da universidade de Edimburgo, em meados dos anos setenta, que liderados por Barry Barnes (1943 -) e David Bloor (1942 -) lançam o Programa Forte da sociologia da ciência. São marcos fundadores deste programa as obras *Scientific knowledge and sociological theory*, de 1974, e *Knowledge and social imagery*, de 1976 (BLOOR, 2009). Sua tese central é a que todo conhecimento é, exclusivamente, uma construção social. (CASTAÑON, 2015). Segundo essa corrente, a realidade é construída e essa construção segue preceitos sociais, ou seja, respondem ao tempo e espaço na qual ocorrem. Por outro lado, as críticas ao Construtivismo Social provem daqueles que defendem a visão realista sobre as ciências, compreendendo que o empirismo sustenta um desvelar da natureza e o reconhecimento de uma realidade objetiva. Matthews (2015), por exemplo, afirma que o fato de uma teoria ser produzida por cientistas não significa que os objetos que aquela teoria descreve sejam criações humanas, mas sim objetos reais.

assim, que o contato com os demais capítulos da tese se dê a partir de um olhar familiarizado com a teoria sociológica que adotamos.

2.1 A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos

A primeira edição do livro *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos* foi publicada em 1979 com o título *Laboratory Life: The Social Construction of Scientific Facts* (LATOUR, WOOLGAR, 1986). Segundo os próprios autores, "foi a primeira tentativa de um estudo detalhado das atividades diárias dos cientistas em seu habitat natural" (IDEM, IBDEM, p. 274)[46]. O livro foi bem recebido por parte dos cientistas, alegando que uma pesquisa dessa natureza já deveria ter ocorrido anteriormente, relatavam uma carência de trabalhos sobre o labor diário nos laboratórios. Entre aqueles cientistas a principal reação aos resultados e descrições apresentadas na obra foi considerá-lo trivial, no sentido em que não se surpreenderam com a postura e comportamento dos técnicos e cientistas, cujos trabalhos foram narrados na pesquisa etnográfica. Porém, a obra recebeu críticas em razão do método de pesquisa empregado por Latour ou pelas ideias que sobressaem após a leitura da obra. Nicholas Wade (1942 -), por exemplo, no livro de 1981 *The Nobel Duel*, acusa Latour e Woolgar de quebrarem, várias vezes, as regras do método científico (WADE apud LATOUR, WOOLGAR, 1986).

Em 1986 foi publicada uma segunda edição da obra. A maior mudança observada foi a inclusão de um posfácio, no qual Latour narrou suas motivações e debateu algumas críticas que a obra recebera desde o lançamento da primeira edição. Outra mudança notada foi a omissão do termo social do subtítulo[47]. Latour e Woolgar (1986) alegaram, em seu posfácio, que o uso do termo no decorrer do livro foi uma ironia, já que no primeiro capítulo os autores rejeitam os chamados "fatores sociais" para justificar as ações dos cientistas. Portanto, afirmaram que não fazia sentido manter o social no subtítulo pois o termo não possuía significado para os autores. Nas palavras de Latour e Woolgar (1986), "'social' possui significado quando usado pelos mertonianos

[46] Do original "this was the first attempt at a detailed study of the daily activities of scientists in their natural habitat".

[47] No Brasil o livro foi traduzido e impresso em 1997, com o título *A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos*, suprimida a palavra *social* em seu subtítulo. A tradução foi feita a partir da versão francesa da segunda edição, publicada em 1988. A primeira e a segunda edições foram, originalmente, publicadas em inglês, nos EUA. Na edição francesa não constavam posfácio nem o prefácio, também haviam algumas alterações no primeiro capítulo, como adição de novas notas de rodapé. Por essa razão referenciamos neste trabalho duas versões do mesmo livro: a edição em português (LATOUR, WOOLGAR, 1997) e a segunda edição em inglês (LATOUR, WOOLGAR, 1986), mais completa.

para definir um campo de estudo que exclui a consideração do conteúdo 'científico'"[48] (IDEM, IBDEM, p.281).

Em *A Vida de Laboratório* encontramos o relato detalhado da pesquisa de campo realizada por Latour no laboratório de neuro endocrinologia chefiado por Roger Guillemin, no instituo Salt, Califórnia. Entre os anos de 1975 e 1977, Latour frequentou diariamente o laboratório, observando e anotando todas as atividades que ocorriam naquele espaço. Seu intuito era o de realizar uma pesquisa etnográfica nos moldes das realizadas por antropólogos, "iria agora estudá-los como se eles fossem uma tribo exótica" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.16). Ele realizou uma série de entrevistas, algumas relatadas no livro, leu e contabilizou artigos publicados pelos cientistas do laboratório ou trabalhos de outros autores que discutiam o mesmo objeto pesquisado por Guillemin. Naquele período, a equipe formada por cientistas e técnicos (Latour dedica parte de suas observações aos estagiários e técnicos) foi responsável pela descoberta[49] da estrutura química do Hormônio ou Fator TRH (ou TRF - Hormônio Liberador de Tireotrofina) produzido no hipotálamo.

No livro, Latour e Woolgar (1997) apresentaram alguns conceitos que nos conduzem na leitura do texto. Um destes conceitos refere-se ao que os autores classificam como *inscritores*. Eles, assim, definiram todo elemento capaz de transformar uma substância material em uma figura, diagrama ou mesmo em um texto, com determinado significado para aqueles que trabalham naquele espaço. Os *inscritores* estabelecem uma relação direta entre os pesquisadores e a substância analisada. Sobre o esquema ou curva produzida pelos *inscritores* se concentram as discussões sobres as propriedades daquela substância, negligenciando todo o aparato instrumental e os processos para a obtenção daquela informação, não importando o quanto custoso ou demorado ele possa ter sido. Uma vez obtidas as inscrições, rapidamente são esquecidos os procedimentos e etapas circunstanciais que conduziram à sua produção. Sobre os inscritores, os autores acrescentaram:

> A noção de inscritor é sociológica por sua própria natureza. Ela permite descrever toda uma série de atividades que se desenvolvem no interior do laboratório, sem que nos tenhamos que preocupar com a grande diversidade de material. Por exemplo, um "bioteste de TRF" conta como um único inscritor, embora ocupe cinco pessoas durante três semanas e se espalhe por várias peças de um laboratório. Seu traço distintivo é produzir, ao final de um percurso, uma figura. Um aparelho

[48] Do original "'Social' retained meaning when used by Mertonians to define a realm of study which excluded consideration of 'scientific' content".

[49] Evitamos em nossos textos o uso da palavra *descoberta* pois entendemos que ela subentende que aquilo que foi descoberto era uma entidade real da natureza e o trabalho dos cientistas foi o de revelá-la. Nessa tese sustentamos que os conceitos ou entidades científicas são constructos culturais, com temporalidade e localidade estabelecidas. Latour utiliza a palavra *descoberta* em suas obras apesar deter uma posição muito próxima àquela que destacamos.

> de dimensão imponente, o espectrômetro de ressonância magnética nuclear, raramente é usado como dispositivo de inscrição. Em vez disso, é utilizado para controlar um processo de produção de peptídeos. Mas um mesmo aparelho, uma balança, por exemplo, pode ser considerado ora como um inscritor (quando utilizada para obter informações sobre um novo composto), ora como máquina (quando usada para pesar um pó), ora, ainda, como um aparelho de controle (quando empregada para verificar se uma outra operação se desenvolveu de acordo com a previsto). (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.45).

A cada nova representação obtida por um *inscritor*, iniciava-se um processo de comparação com resultados já publicados em artigos dos próprios pesquisadores ou de demais grupos de pesquisa. Se constatasse que a inscrição representava uma nova informação iniciava-se, dessa vez, a escrita de novos artigos. Latour e Woolgar (1997) classificaram o laboratório como uma tribo de leitores e autores de artigos científicos. Os próprios cientistas reconheciam que a produção de artigos era a "finalidade essencial de sua atividade" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.70). Os artigos representavam, então, o veículo de divulgação dos produtos dos *inscritores*, os quais os autores denominaram de *inscrição literária*. Esta, por sua vez, é responsável pela materialização dos objetos estudados e construídos nas ciências. Os enunciados dos artigos científicos são, então, produzidos a partir de imagens, gráficos, pontos, ou qualquer outra demarcação obtida por equipamentos produzidos e manipulados pelos cientistas e técnicos. Todos os processos do fazer científico (debater com demais cientistas, expor os novos produtos dos *inscritores*, persuadir seguidores e financiadores, entre outros) perpassam pela inscrição literária.

Latour e Woolgar (1997) remeteram a noção de *inscrição literária* ao filósofo Jacques Derrida (1930 – 2004), que a definiu como uma operação que antecede à escrita. A ideia de escritura permeia todo o trabalho de Derrida (NETO, 2017). O filósofo afirma que "a exterioridade do significante é a exterioridade da escritura em geral e [...] que não há signo lingüístico (sic) antes da escritura" (DERRIDA, 1973, p. 17), indicando que a materialidade se dá pela escritura, ou seja, o entendimento sobre determinado objeto ou conceito (o signo, no sentido que representa um referente durante a sua ausência) só é alcançado mediante a escritura (o código, que pode ser uma imagem, um gráfico ou a própria escrita). Derrida (1973) ainda argumenta que a escritura possui temporalidade, o significado e o signo são entidades culturais.

Um terceiro conceito discutido ainda no primeiro capítulo do livro refere-se à definição de simetria na sociologia das ciências. A noção de simetria é a base não só desta obra, mas, conforme veremos, de toda a Sociologia e Filosofia das Ciências de Latour.

O conceito de simetria já era expressivo para o Programa Forte de David Bloor (2009) e Barry Barnes (1974), compondo os quatro princípios daquela sociologia[50]. O que diferia na conceituação de simetria de Latour e Woolgar (1997) para a de Bloor e Barnes era a amplitude do conceito. O programa forte defendia que os mesmos tipos de causa deveriam explicar "as crenças verdadeiras e falsas ou racionais e irracionais" (BLOOR, 2009, p. 259). Não caberia explicar a verdadeira ciência a partir da natureza e a falsa ciência por circunstância da sociedade. Latour e Woolgar estenderam este conceito afirmando que "cumpre não somente tratar nos mesmos termos os vencedores e os vencidos da história das ciências, mas também tratar igualmente e nos mesmos termos a natureza e a sociedade" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 24). Enquanto Bloor priorizava o social para encontrar as causas dos erros e acertos da ciência, Latour e Woolgar (1997) defendiam que não haveria hegemonia entre natureza e sociedade, todos os elementos de ambos os contextos, deveriam ser considerados ao se analisar a construção dos fatos científicos. "O leitor deve apreender o conteúdo e o contexto no mesmo movimento" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.34).

O próximo conceito refere-se à principal tese dos autores em *A Vida de Laboratório*, a saber, a de que os fatos são construções sociais. A definição do que seria um fato que Latour e Woolgar (1997) ofereceram inicialmente é a de que se trata de um enunciado isolado, ou seja, desacompanhado de qualquer outro enunciado que modifique sua natureza. Um texto ou um enunciado se refere a um fato quando todos os *inscritores* ou processos de inscrição são ignorados. De forma contrária, ao se analisar a produção dos fatos em si, ao se obter o "'grau' de facticidade de um enunciado" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 77), deve-se procurar os processos de inscrição literária que compuseram aquela produção. Latour, enquanto etnógrafo no laboratório, criou uma classificação dos diversos enunciados a fim de se compreender o porquê de alguns deles se tornarem fatos e outros não. Para auxiliar-nos a diferenciar os tipos de enunciados, Latour utilizou o conceito de *modalidade*, aquilo que modifica, qualifica ou põe em dúvida um predicado.

[50] Em 1966 inaugurou-se o Sciences Studies Unit, um departamento da Universidade de Edimburgo na Escócia, destinado aos estudos interdisciplinares sobre ciências e para desenvolver um programa de ensino e pesquisa sobre os aspectos sociais da ciência, o Programa Forte da Sociologia (BLOOR, 2009). A também chamada Escola de Edimburgo almejava organizar um programa de sociologia das ciências que rivalizasse à sociologia de Robert Merton (1910 – 2003). Merton procurou avaliar o *ethos* social da ciência, tomando-a como uma organização social independente, apesar de emoldurada por um contexto social previamente estabelecido (FETZ, et al., 2011), por essa razão, a teoria mertoniana é conhecida como "sociologia dos cientistas" (KROPF, LIMA, 1999). O Programa Forte da sociologia do conhecimento pautava-se em quatro princípios: causalidade (conhecimento dos contextos sociais e das condições que permitem o surgimento das crenças científicas); imparcialidade (não julga a verdade ou a falsidade do conhecimento, mas sim explicar as condições e processos de sua produção); de simetria (mesmos tipos de causa explicam crenças verdadeiras e falsas); e reflexividade (padrões utilizados nos estudos das atividades científicas deverão ser aplicados à própria sociologia) (BLOOR, 2009).

Os enunciados foram classificados como: tipo 1, especulações, conjunturas, geralmente contendo muitas variáveis modalizadoras; tipo 2, hipóteses, podem possuir modalidades generalizadoras (“geralmente é conhecido...”, “sabe-se que...”), hipóteses que devem ser testadas por pesquisas posteriores; tipo 3, enunciados sobre enunciados, cujas modalidades são os nomes dos enunciadores; tipo 4, saber aceito, apresenta um enunciado que não está em questão mas ainda precisa ser expresso, comum nos livros e manuais didáticos; tipo 5, fato tido como adquirido, não necessitam ser expressos. Deste ponto em diante o conhecimento torna-se tácito, incorporado na prática científica ou popular, podendo ser classificado como enunciado tipo 6[51].

Vale ressaltar que essa classificação, apesar de parecer-nos normativa, não determina ou segue algum conjunto de regras ou classificações rígidas. Elas foram criadas por Latour durante sua estada no laboratório chefiado por Roger Guillemin para distinguir os enunciados dos cientistas durantes seus trabalhos, em virtude do seu desconhecimento científico (LATOUR, E WOOLGAR, 1997). Um mesmo enunciado pode ser de dois tipos de acordo com os elementos que lhe cercam. Por exemplo, quando afirmamos, em nosso grupo de pesquisa (NIEHCC), que “o conhecimento é construído socialmente e culturalmente”, não precisamos debater sobre essa afirmação, é um enunciado do tipo 5, naquele universo é algo que todos concordamos. Se houver um novo membro no grupo, ele poderia questionar o que aquela afirmação subentende. Neste caso, deveríamos lhe explicar o que entendemos como conhecimento e como ele se dá de acordo com as características e atores específicos de determinados tempo e local, ou seja, teremos agora um enunciado do tipo 4. Contudo, a mesma afirmação em um artigo que pretendemos publicar em determinado periódico carece de explicações e, provavelmente, de referências que nos deem suporte. Iremos, assim, reivindicar outros autores quando lançarmos aquela asserção, neste caso teremos um enunciado do tipo 3. Um enunciado, então, pode alterar de tipo de acordo com as modalidades que lhes são agregadas ou retiradas.

Também não há uma relação direta entre o grau de facticidade e o tipo de enunciado. A inclusão de uma referência pode transformar um enunciado do tipo 4 para o um do tipo 3. O que, a princípio, poderia sugerir menor facticidade, tendo em vista que o referencial é um componente humano, acarretando um possível enfraquecimento da característica indiscutível daquele enunciado. Porém, a inclusão de autores que

[51] Lima e colaboradores (2018) exemplificam essa classificação dos tipos de enunciados da seguinte forma: “tipo 1 - Vamos supor que a radiação seja composta por um conjunto de elementos discretos; tipo 2 - Podem-se interpretar alguns dados com a quantização da radiação; tipo 3 - Einstein afirmou que a radiação é quantizada; tipo 4 - A radiação é quantizada; tipo 5 - Os fótons foram absorvidos pelo gás.” (LIMA, et al., 2018, p.380).

corroboram a afirmativa diminui a possibilidade de contestação sem que, ao menos, se reavalie as *inscrições literárias*, ou seja, os produtos dos *inscritores* envolvidos na atividade científica. Dessa forma, a depender do escopo no qual o enunciado se apresenta e para quem ele é destinado, estruturá-lo como tipo 3 pode oferecer-lhe maior facticidade.

Dessa forma, Latour e Woolgar (1997) afirmaram que a atividade de um laboratório se destina a transformar um enunciado de um tipo em outro. Os cientistas procuram criar o maior número possível de enunciados do tipo 4, contornando as pressões externas que tendem a criar novas *modalidades* as quais, por sua vez, esperam transformar o enunciado original em um artefato e não em um fato. Os pesquisadores dedicam seu tempo no laboratório realizando operações sobre os enunciados, ou seja, acrescentam ou aprimoram modalidades, incluem e excluem citações, proposições ou novas combinações, objetivando criar um novo enunciado. Este é dividido com outros laboratórios e pesquisadores, geralmente através de artigos publicados em periódicos (em especial aqueles com maior capilaridade), de forma a persuadir os pares a abandonar *modalidades* direcionadas a outras assertivas, a aceitar aquele enunciado como fato e, de preferência e a citar o artigo no qual aquela assertiva foi publicada. Assim, cada enunciado torna-se objeto de estudo e desenvolvimento em outros centros de pesquisa.

> "[..] quando um enunciado é imediatamente tornado de empréstimo, utilizado e reutilizado, chega-se logo ao estágio em que ele não é mais objeto de contestação. No centro desse movimento browniano, constituiu-se um fato. Este é um acontecimento relativamente raro. Mas quando ele se produz, o enunciado integra-se ao estoque das aquisições científicas, desaparecendo silenciosamente das preocupações da atividade cotidiana dos pesquisadores. O fato é incorporado aos manuais universitários, ou, por vezes, toma-se a ossatura de um novo aparelho." (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.91).

O objetivo dos autores em *A Vida de Laboratório* era o de demonstrar como o processo de estabelecimento do TRF como um fato foi uma construção social. Eles dedicaram um capítulo para descrever como os diálogos no laboratório, a saída e ingresso de novos pesquisadores e técnicos, a leitura e publicação de artigos, a obtenção de financiamentos (para equipamentos, cobaias e diversos produtos envolvidos naquele processo científico), a disposição dos equipamentos e suas funcionalidades, a posição que os cientistas ocupam no campo científico (em especial Guillemin), enfim, todas as atividades presentes no cotidianos do laboratório, todas as relações interpessoais e burocráticas, compuseram a construção do TRF.

É interessante destacarmos a questão da posição dos pesquisadores nos seus campos científicos. O polonês Andrew Schally (1926 -) rivalizou com Guillemin na

produção do TRF (apesar de acabarem por trabalhar no mesmo laboratório, mas em grupos distintos), ambos são reconhecidos por suas contribuições na obtenção deste fator e ambos eram imigrantes no EUA. A pesquisa sobre o TRF exigiu que se mudasse os métodos de trabalho prevalentes na área, ordenou trabalho intenso, oneroso, longo, monótono e, por vezes, infrutífero. A reputação do cientista que se aventurasse em um projeto dessa envergadura poderia ser diminuída em caso de insucesso. Schally ilustra como suas nacionalidades (dele e de Guillemin) foram determinantes em suas decisões de reformular aquela área de pesquisa ao comentar sobre um terceiro cientista, o estadunidense Samuel MacDonald McCann (1925 - 2007)[52]:

> Ele é a instituição [...] nunca teve que fazer nada [...], tudo lhe estava dado [...] e claro que ele perdeu o barco, nunca ousou investir no que era preciso: força bruta. Guillemin e eu somos imigrantes, obscuros doutorzinhos, precisamos lutar para chegar ao topo: é o que aprecio em Guillemin: nós pelo menos lutamos e [aponta para as distinções recebidas, emolduradas e penduradas na parede] tivemos mais distinções do que os outros (SCHALLY, 1976 apud LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 119).

Em termos gerais, para que se pudesse considerar o TRF um novo fator, foi preciso estabelecer uma nova hipótese, que guiou anos de trabalhos no laboratório de Guillemin, era preciso mostrar que o fator TRF era um peptídeo[53]. No caso do TRF do laboratório de Guillemin, em 1966, a natureza peptídica do fator era, segundo Latour e Woolgar (1997), uma definição contextual. Isto porque, para considerar uma substância como um peptídeo, era necessário que sua ação fosse invalidada devido a ingestão de determinada enzima. Naquele ano, a lista de enzimas acessíveis havia aumentado consideravelmente, porém, mesmo após inúmeros testes com várias enzimas, não se conseguiu destruir a atividade do TRF. Este resultado desclassificaria o fator como peptídeo, mas inscritores anteriores indicavam que o comportamento do TRF se devia ao fato dele, possivelmente, ser uma molécula compostas por aminoácido (peptídica). Aqueles cientistas entendiam que, de fato, não era a natureza do fator que estava sendo negada com as inúmeras enzimas, mas sim que havia uma carência de uma enzima específica, ainda desconhecida, que seria capaz de interromper a atividade do fator TRF.

---

[52] McCann havia trabalhado com TRF antes de Guillemin e Schally, mas não deu continuidade à pesquisa pois considerava o TRF um artefato, que seu efeito não poderia ser explicado a partir de substâncias conhecidas a época (DONAVAN, et al. apud LATOUR, WOOLGAR, 1997).

[53] Na acepção do laboratório de Guillemin, no período em que a pesquisa se desenvolveu, peptídeo era uma molécula originada pela ligação de dois ou mais aminoácidos. A ligação entre dois aminoácidos se dá pela chamada ligação peptídica (LATOUR, WOOLGAR, 1997). A definição atual não se difere totalmente daquela encontrada em *A Vida de Laboratório*, Machado e colaboradores (2004) definem como biomoléculas que contém de dois a dezenas de resíduos de aminoácidos unidos entre si através de ligações peptídicas.

Naquele mesmo ano, um artigo de Guillemin expôs a conclusão de insucesso de seus testes, apesar da crença que a equipe do laboratório tinha na natureza peptídica do fator TRF:

> Esses resultados são compatíveis com a hipótese de que o TRF pode não ser um polipeptídio simples, como se acreditava até agora. Fomos levados a questionar a hipótese que durante muito tempo foi considerada como um fato já adquirido, ou seja, de que o TRF e o LRF são de natureza peptídica (GUILLEMIN et al., 1966, p. 2.279, apud LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 133).

Ainda em 1966, Schally publica um artigo que viria a confirmar experimentalmente a hipótese mais recente sobre o fator TRF, a de que ele era constituído por uma pequena porção de peptídeos e uma grande fração de substâncias não peptídicas. O que Schally concluira, baseando-se nos argumentos de Guillemin, era que o TRF não era, então, um polipeptídio.

O episódio que acabamos de descrever foi explorado por Latour e Woolgar (1997) para confirmar a tese de que o TRF é uma construção social. Pois, mesmo sem a "comprovação" anterior de que o TRF era um peptídeo e mesmo Guillemin sendo obrigado a publicar a negação da natureza peptídica daquela substância, os pesquisadores daquele laboratório não recuaram em relação à hipótese inicial. Nas palavras dos autores:

> Isso mostra que a prova e a obtenção de conclusões lógicas dependem totalmente do contexto - no caso presente, da disponibilidade de certas enzimas. (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 133).

O artigo de Schally, de 1966, não encerra a controvérsia em torno do TRF. Lembremos que Latour frequentou o laboratório entre os anos de 1975 e 1977, quando observoou a estabilização do TRF, ao menos naquela rede inicial. Muitos artigos foram publicados por Schally e Guillemin após 1966 debatendo sobre a estrutura do TRF. Latour examinou estes artigos e destacou uma publicação de 1968 de Schally na qual o cientista reavaliava os resultados de 1966, afirmando, desta vez, que o TRF era um polipeptídio. Em entrevista, Schally afirmou que seus resultados experimentais de 1966 o induziram a classificar o TRF como polipeptídio, mas devido à importância de Guillemin na área, que havia publicado anteriormente que o TRF não o era, Schally negligenciou o que sua pesquisa sugeria e manteve no artigo de 1966 a informação de que aquele fator não era um polipeptídio.

O detalhamento do episódio anterior expôs processos em que uma conclusão "lógica" pode ser afastada em razão das convicções. Isso se configura no que Latour e Woolgar (1997) denominaram de dedução sócio-lógica. O caráter lógico do raciocínio se enquadra apenas como uma fração do fazer científico. Também seria equivocado

afirmar que o TRF é uma construção parcialmente composta por fatores de ordem sociológica. Para os autores, o TRF é totalmente uma construção social.

Um outro conceito presente em todo o livro é a ideia de *rede*. Este conceito surge ainda nas primeiras páginas da obra como uma forma de diferenciar a etnografia do laboratório com a etnografia clássica dos antropólogos. O campo de pesquisa da última se confunde com um território, o da primeira se estende por uma *rede*. No caso do hormônio, as malhas da *rede* são laboratórios, escritórios, fábricas, podendo se estender para hospitais, gabinetes de advogados, para indústria farmacêutica ou qualquer outro que venha a usá-lo.

Inicialmente, os pesquisadores do laboratório dialogam entre si e com os artigos já publicados que se espalham em suas mesas e estantes. A *rede* inicia-se, no caso do TRF, com os laboratórios que produziram aqueles artigos e os cientistas do laboratório de Guillemin. Ela se amplia à medida que novos contatos são realizados, por exemplo com a aquisição de novos materiais ou com a obtenção de financiamentos. O laboratório, por fim, situa-se somente como mais um ponto da *rede*. Define-se, então, a *rede* como um conjunto de pontos (posições) nos quais o objeto em questão possui algum significado (LATOUR, WOOLGAR, 1997). A facticidade do enunciado também responde à *rede* que lhe constrói, de tal forma que o grau da facticidade deste objeto, a quantidade de *modalidades* que se consegue ou não extrair do enunciado, é relativo a apenas àquela *rede* (ou *redes* particulares), em uma outra *rede*, novas *modalidades* podem surgir.

Uma forma de agregar novos elementos à *rede* se dá pela divulgação dos enunciados produzidos no laboratório, através de diálogos, correspondências e, principalmente, através da publicação de artigos. Uma *rede* propriamente dita é constituída por muitas operações sobre aqueles enunciados. A mudança de autoria dos artigos que mencionam o objeto esboça a transição de uma *rede* a outra. Latour e Woolgar (1997) ilustraram essa transição quando observaram que a autoria dos artigos sobre o TRF, até 1970, era majoritariamente de neuro endocrinologistas que tentavam isolar a substância. Após aquele ano, autores de diversas áreas afins, como medicina e química, passaram a mencionar o TRF e citar os artigos provenientes do laboratório de Guillemin quanto de Schally.

O deslocamento entre as *redes* muitas vezes ocorre após o fim de uma controvérsia na rede inicial. O conceito de *controvérsia* será mais explorado no Livro *Ciência em ação* (LATOUR, 2000), mas em *A Vida de Laboratório* ele foi utilizado na composição de outros conceitos importantes. A construção dos fatos perpassa por uma

controvérsia, uma vez findado um debate no qual inscritores e seus produtos foram utilizados e *modalidades* foram inseridas e excluídas, pode-se tomar os objetos como fatos adquiridos. De fato, aos olhos de Latour e Woolgar, “tudo o que era considerado como rotineiro no laboratório sem dúvida havia sido objeto de controvérsia nos artigos precedentes” (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.77).

A noção de realidade também pode ser explorada a partir do conceito de *rede*. O TRF como uma entidade real só faz sentido dentro de uma *rede*, mesmo após sua estabilização, seu caráter universal limita-se à *rede* constituída por endocrinologistas. Sua existência é vista como uma nova substância para um conjunto de novas *redes* que agora se agregam àquela anterior, levantando novas questões em suas respectivas áreas. Fora dessas *redes*, o TRF não possui existência própria. Para aqueles que são estrangeiros a quaisquer uma dessas *redes*, quando não rotulado ou identificado, o TRF é visto como um pó branco ordinário. Sobre este aspecto, Lima e colaboradores (2018) acrescentaram:

> Isso quer dizer que o TRF é um artifício literário? Não! Quer dizer que ele só existe dentro da rede que o criou. Isso significa que ele não existe fora da rede. Se quisermos provar que ele existe em outro lugar, teremos que estender a rede até lá, incluindo os equipamentos e as teorias que usamos. O TRF passará a existir até onde a rede se estender. A ciência, portanto, pode ser considerada universal dentro da rede. Não existem, portanto, verdades absolutas e totalmente universais (LIMA, et al., 2018, p. 378).

Ainda relacionado à ideia de *rede* está o conceito de *credibilidade*. Latour e Woolgar (1997) dedicam bastante espaço para apresentar e discutir este conceito. Em termos gerais, a *credibilidade* é comparada com o capital, com uma mercadoria, que pode ser trocada, dividida, roubada, acumulado e/ou desperdiçada. Para entendermos a relação rede-mercadoria precisamos compreender a metáfora utilizada no livro. Os pesquisadores se comportariam como investidores capitalistas, assim, para iniciar uma empreitada científica eles precisariam ter acumulado um estoque de *credibilidade*. A partir daí os pesquisadores tornam-se investidores dessa *credibilidade*, o que resultará em uma criação de um mercado. A *credibilidade* do pesquisador lhe permite se inserir em um laboratório ou em um grupo de pesquisadores, a adquirir recursos, atrair parceiros (de preferência que tenham acumulado créditos também) e conseguir apoio de pesquisadores de maior prestígio na área. Após a produção dos fatos no laboratório, o pesquisador é detentor de uma informação que irá possuir um valor neste mercado. Ao publicá-la, ele permite que outros usem sua informação e, assim, a rentabilidade daquele fato poderá resultar em retorno de capital. É dessa forma que o conceito de *credibilidade* e *rede* se ajustam. Quando maior a *credibilidade* do pesquisador e de seus produtos, maior o alcance da *rede* e maior o retorno de capital.

Latour e Woolgar (1997) estenderam essa discussão e acrescentaram os conceitos de crédito-reconhecimento e crédito-credibilidade. O primeiro refere-se ao reconhecimento por pares e à conquista de prêmios. O segundo baseia-se na capacidade efetiva de os pesquisadores praticarem ciência. Há um atrelamento entre estes dois tipos de créditos, a obtenção de um deles pode significar o aumento do outro. Contudo, os autores afirmaram que os pesquisadores investem mais na credibilidade do que na obtenção de reconhecimento. Quando uma informação é publicada espera-se que ela seja confiável, a ponto de ser crível e que renda novas utilizações, o reconhecimento do cientista seria uma preocupação secundária.

> A produção de dados confiáveis, como vimos, é um meio de ativar o ciclo de credibilidade e de pôr em movimento o "comércio da ciência", ou, como diz Foucault (1978), "a economia política da verdade". Mais tarde, os pesquisadores podem empenhar-se para converter credibilidade em proveito próprio. Podem então afirmar que "tiveram ideias" (p. 172 e seguintes), que se trata do laboratório "deles", que foram eles que conseguiram atrair dinheiro e equipamentos para garantir uma base para suas operações. Desse ponto de vista, não estão muito distantes dos homens de negócios. (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 262)

No último capítulo do livro, Latour e Woolgar (1997) retomaram as ideias discutidas nos capítulos anteriores e acrescentaram novos elementos. O primeiro conceito retomado é o de *construção*[54]. Os autores o definiram como processo material lento e prático no qual os *inscritores* fornecem dados e novas descrições são mantidas ou refutadas. Para os autores, este conceito indica que o estudo das atividades científicas não se deva iniciar a partir das diferenças entre sujeito e objeto ou fatos e artefatos, mas sim acompanhando as operações práticas que transformaram os enunciados em fatos ou artefatos.

O segundo elemento é o conceito de *agonística*, que se define dentro de um cenário de conflitos, de controvérsias. O objetivo destes conflitos não é o de estabelecer ordem a um conhecimento ou conceito, mas sim como eles são produtos de diversas operações realizadas para apagar as modalidades de enunciados particulares. A realidade, então, é consequência e não causa da *construção*, os cientistas, em suas práticas, voltam-se para aquelas operações e não para a realidade. Dessa forma, o conceito de natureza não é invocado pelos cientistas, ele é um "subproduto da atividade agonística" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.266).

---

[54] Termo tomado da obra *The manufacture of knowledge: an essay on the constructivist and contextual nature of Science*, de 1981, cuja autoria é de Karin Knorr Cetina (1944 -), publicada a pós a primeira edição de *A Vida de Laboratório* e, não por acaso, dialoga com a obra de Woolgar e Latour. Knorr (1981) defende a ideia de que o conhecimento científico é fabricado socialmente em laboratório, com argumentos que se aproximam daqueles apresentados na obra que agora discutimos.

A *materialização* ou *reificação*[55] é o terceiro elemento apontado pelos autores. Referiram-se, aqui, aos componentes materiais e intelectuais que se incorporam à atividade científica. Componentes, este, que também são produtos de controvérsias passadas. Os enunciados incorporados no laboratório, estabilizados no campo agonístico, são reificados e integram-se às atividades ou equipamentos daquele laboratório. Isto é, podem assumir novos papéis a depender de seus empregos, por isso os autores insistem que, até mesmo estes materiais, possuem dimensão local e temporal. Os enunciados exportados do laboratório, por sua vez, materializam-se nos estudos clínicos, indústria, engenharias ou qualquer outra área em que possam ser aplicados (*reificados*).

O quarto conceito citado na etapa final no livro foi *credibilidade*, já discutido anteriormente. Usado para designar os diversos investimentos realizados pelos pesquisadores.

O conceito de *circunstância* foi o quinto elencado por Latour e Woolgar (1997) nessa última parte da obra. Eles discordaram da visão de que o que está fora do laboratório, no entorno, é independente da prática científica e vice-versa. O argumento do livro é de que eles são intimamente ligados. O produto da ciência não é influenciado, envolto ou parcialmente dependente das *circunstâncias*, mas sim, toma-se a ciência como produto da *circunstância*. As *circunstâncias* permitiram o TRF circular fora do laboratório ou explicaram as carreiras e *credibilidades* dos cientistas.

O sexto e último conceito listado é o de *ruído*, que incorpora a ideia de que a informação tem como referência um pano de fundo de acontecimentos equiprováveis. Os autores ilustraram o conceito retomando as diversas posições e escolhas dos pesquisadores frente aos *inscritores,* definindo os caminhos que seguiram. Também se aplica a noção de *ruído* quando se analisa o significado de um enunciado (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Cada enunciado evocado no campo agonístico pode resultar em tantos outros equiprováveis. Se o número for elevado, se o *ruído* for alto, o enunciado original pode perder sua significação ou importância, por se igualar aos demais.

A síntese destes conceitos foi bem delineada pelos autores dessa forma:

> O resultado da construção de um fato é que ele parece não ter sido construído. O resultado da persuasão retórica em um campo agonístico é que os participantes ficam convencidos de que não estão bem [de que não foram] convencidos. O resultado da materialização é que as pessoas podem jurar que as considerações materiais são apenas um componente menor do "processo de pensamento". O resultado do

[55] Latour e Woolgar (1997) fazem referência ao vernáculo usado por Jean-Paul Sartre (1905 – 1980) na obra *O ser e o Nada* (SARTRE, 2011). Sartre utiliza o termo *reificação* para esboçar a objetificação de conceitos abstratos (IDEM, IBDEM).

> investimento em credibilidade é que os participantes podem afirmar que a economia e as convicções não intervêm de modo algum na solidez da ciência. Quanto às circunstâncias, elas simplesmente desaparecem dos relatórios, reservados [reservadas] antes à análise política do que a uma apreciação do mundo duro e sólido dos fatos! Embora esse tipo de inversão não seja específico da ciência, ele é tão importante que dedicamos grande parte de nosso argumento para especificar e descrever o momento preciso em que essa inversão se produziu. (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 272-3)

Ainda deixamos de fora dessa análise alguns conceitos que figuraram na obra, mas que não foram totalmente explorados pelos autores. Um destes refere-se à objetividade, discussão essa que se iniciou com Latour e Woolgar (1997) evocando o entendimento de alguns teóricos sobre o conceito de fatos, como entidades objetivas, independentes e imutáveis, em razão de sua exterioridade. Entendimento este não compartilhado pelos autores. Neste sentido, a dicotomia saber a priori e saber criado emerge da discussão sobre o conceito de realidade. Para os autores "a distinção entre realidade e condições locais só existe depois que um enunciado se estabilizou como fato" (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p.199). Somente depois de uma controvérsia, da estabilização do fato, é que a realidade se manifesta.

Um último conceito, que nos é muito caro, porém pouco explorado neste livro, é a definição de *caixa-preta*. Latour discute demasiadamente este conceito em outra obra, que iremos apresentar neste capítulo. Em *A Vida de Laboratório* enunciado (LATOUR, WOOLGAR, 1997) a ideia de *caixa-preta*[56] está vinculada ao fato adquirido, quando se entende que grande número de argumentos foi incorporado ao enunciado original, tornando-se infundada novas formulações. O conceito, também, se vincula à noção de *credibilidade*, retomando a ideia de mercado exposta anteriormente, quando um produto ultrapassa as fronteiras da *rede* original da qual faz parte, de tal forma que não há possibilidades de um novo investimento iniciar-se, fica mais difícil para um concorrente de posse deste produto contestá-lo.

A Vida de Laboratório (IDEM, IBDEM) procurou defender a tese de que os fatos não preexistem antes de suas construções e de que a realidade é consequência das práticas científicas, não a causa. Mas, a respeito da existência dos fatos e da realidade, os autores ponderaram que não defenderam que eles não existam. Nas palavras dos próprios autores: "Neste ponto não somos relativistas. Apenas afirmamos que essa

[56] O termo "caixa-preta", segundo Latour e Woolgar (1997), refere-se a um argumento defendido por Whitley (1972). Whitley apresenta em seu artigo uma proposta de uma Sociologia das ciências da "caixa translúcida", segundo a qual os processos do fazer científico devem ser considerados em suas análises, opondo-se àquilo que se definiu como "caixa-preta". Segundo o autor, sua sociologia poderia avaliar "Como diferentes conjuntos de ideais sobre o mundo natural - e como isso é definido em diferentes localizações espaciais-temporais - ocorrem e são avaliados" (tradução nossa do original "how different sets of ideas about the natural world - and how that is defined in different spatio temporal locations - occur and are evaluated") (WHITLEY, 1972, p.63).

“exterioridade” é a consequência do trabalho científico, e não sua causa. (LATOUR, WOOLGAR, 1997, p. 199).

O livro de 1979 expôs a forma como os autores entendem que deve ser realizada uma pesquisa etnográfica sobre as práticas científicas. Considerando o laboratório como uma tribo de leitores e escritores que interpretam as *inscrições* que nele se obtém com o propósito de construírem fatos, de ordenar a natureza. Ao acompanhar a produção do fator TRF, Latour observou a interação das *redes*, analisou como diferentes atores sociais (cientistas, técnicos, equipamentos, financiadores, inscrições) interagiram nessa rede (LIMA, et al., 2018). Como aqueles cientistas procuravam persuadir seus pares, almejando a aceitação de seus enunciados e a angariação de créditos. “E, a partir desse estudo, chega a conclusões sobre como se dá a prática científica, incluindo a noção de que o TRF é socialmente construído” (IDEM, IBDEM, p.378).

Como informamos no início dessa seção, a obra recebeu muitos elogios e, também, muitas críticas. Parte dessas críticas foram expostas e discutidas na segunda edição de 1986. Mas, mesmo após a nova versão impressa, as concepções apresentadas no livro ainda são alvo de suspeitas. Lima e colaboradores (2018) contestam essas críticas ao afirmarem:

> Uma leitura apressada ou superficial do livro A Vida de Laboratório tem conduzido a uma série de ataques despropositados (CREF, 2014; SLEZAK, 1984; SOKAN e BRICMONT, 2010). Primeiramente, classificam Latour como um pós-moderno [...]. Além disso, sua controversa afirmação de que os fatos científicos são socialmente construídos, por exemplo, tem sido interpretada como se as afirmações científicas não diferissem das afirmações presentes na literatura de ficção. (LIMA, et al., 2018, p. 369)

Sobre a pós-modernidade ou não de Latour reservaremos uma seção deste capítulo para discuti-la, quando iremos apresentar as ideias da obra *Jamais Fomos Modernos* (LATOUR, 1994). A respeito da segunda crítica apontada na citação anterior, antes de debatê-la, destacaremos a crítica de outro autor sobre esta questão.

Michael Matthews (2015) também criticou a posição de Latour e Woolgar frente a concepção de realidade. De fato, ele estende a crítica a vários sociólogos construtivistas. Ele discorda da proposição de que a realidade é consequência e não causa da construção científica. Seus argumentos são de que há fatos que são indiscutíveis, de tal forma que diferentes olhares obteriam as mesma as conclusões, ou seja, que estes conhecimentos não seriam socialmente construídos. Para ilustrar seus argumentos, ele se utiliza do exemplo do velocista jamaicano Usain Bolt que, indubitavelmente, era o velocista mais rápido da Terra no período em que Matthews (2015) escreveu sua obra. O que notamos nessa crítica é uma leitura ingênua da obra

de Latour e Woolgar (1997). A proposta dos autores não é a de normatizar o fazer científico. Quando eles alegam que o conhecimento é construído socialmente, eles reconhecem que existem conhecimentos tácitos e incontestáveis.

Se nos apoiarmos no mesmo exemplo de Matthews (2015), mesmo que o tenhamos como demasiadamente simplório, aceitaríamos a assertiva "Bolt é o velocista mais rápido do mundo" como um fato, uma descrição da realidade, um saber a priori. Contudo, quando surgir um atleta mais veloz do que o jamaicano, aquele conhecimento perde sua veracidade. Novas *modalidades d*everão ser inseridas (naquela época, entre aqueles atletas que competiam oficialmente). Portanto, a insígnia de maior velocista é circunstancial e, por isso, socialmente construída.

Sendo *A Vida de Laboratório* (LATOUR, WOOLGAR, 1997) a primeira obra a discutir a teoria que, futuramente, Latour chamará de Sociologia das Associações (LATOUR, 2012), de acordo com os próprios preceitos nela presentes, entendemos que os autores expandiram a *rede* que compõe sua sociologia e, como era previsto, novas *modalidades* e novas controvérsias surgiram (e surgirão). De tal forma que não tinham a pretensão de apresentar um enunciado tipo 4 tampouco uma *caixa-preta*. Por essas razões que se faz necessário avaliar as demais obras de Latour e revisitar seus conceitos, procurando quais novas *inscrições* foram inseridas e quais *modalidades* excluídas.

2.2 Ciência em ação, como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora

Em 1987 Latour publica seu terceiro livro, o segundo como único autor. Em *Ciência em ação, como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora* (LATOUR, 2000)[57] o sociólogo francês agrega mais elementos a sua teoria reforçando sua perspectiva construtivista do fazer científico. Diferentemente do que acompanhamos em *A Vida de Laboratório*, Latour não relata um trabalho etnográfico em seu sentido estrito, não acompanha o dia-a-dia de cientistas ou de algum laboratório. No seu primeiro livro (LATOUR, WOOLGAR, 1997), em conjunto com Woolgar, Latour afirmara que realizar uma pesquisa etnográfica sobre a construção de fatos históricos poderia não ser demasiadamente frutífero pela razão de já se iniciar o processo com um fato estabelecido, muitos elementos daquele processo se perderiam. Contudo, *em Ciência em ação*, Latour propôs abrir a "caixa-preta de Pandora" (LATOUR, 2000, p.11) para vislumbrarmos a construção de fatos considerados estabelecidos.

[57] A primeira edição foi publicada em 1987, em francês. No Brasil, a obra foi traduzida e publicada pela primeira vez em 1997. Utilizamos nessa tese a versão traduzida, para o português, publicada em 2000.

Na obra *Ciência em ação*, Latour (2000) analisou três episódios da História das Ciências que se interconectam, ocorridos no século XX, desmembrando elementos de suas construções que os auxiliaram a defender seus argumentos. O primeiro episódio narrou os caminhos traçados por John Whittaker (datas desconhecidas) a partir de 1985, no Instituto Pasteur de Paris, ao analisar sequências de DNA e, com os dados, montar imagens tridimensionais da dupla hélice, utilizando um computador Eclipse MV/8000. O segundo episódio, que se iniciou em 1951, repercute os trabalhos de James Dewey Watson (1928 -) e Francis Harry Compton Crick (1916 - 2004) que investigaram qual seria a estrutura da molécula de DNA. O terceiro, ocorrido nos EUA a partir de 1980, narrou a tentativa de Joseph Thomas (Tom) West (1939 – 2011), da empresa Data General, em pôr para funcionar um protótipo da máquina que viria a ser a Eclipse MV/8000. À medida que Latour (2000) desmembrou um destes fatos, localizando os agentes que participaram da respectiva construção, ele recaiu em outro. Com isto ele revelou como os enunciados estabelecidos, que alicerçaram determinada prática científica, foram construídos em eventos anteriores.

As análises dos episódios históricos foram realizadas revisitando os conceitos de seu primeiro trabalho (LATOUR, WOOLGAR, 1997) e apresentando novos. A estrutura do livro sugere-nos um tipo de manual de pesquisa etnográfica das práticas científicas, um compêndio da teoria latouriana desenvolvida até a produção daquela obra. Latour (2000) apresenta uma série de *regras metodológicas* e *princípios*, destinando um capítulo para cada par. Apesar de a presença de regras e princípios, devidamente listados e ordenados, sugerirem, novamente, uma tabulação do trabalho etnográfico, o que contrariaria o princípio do não universalismo presente no discurso do autor, a leitura do livro deixa-nos claro que não se tratam de procedimentos ordenados que devemos seguir, mas sim daquilo que devemos evitar ao realizar uma pesquisa daquela natureza.

No capítulo introdutório, Latour (2000) descreve o que seriam as *regras metodológicas* e os *princípios*:

> Por "regras metodológicas" indico as decisões que são necessárias tomar a priori na consideração de todos os fatos empíricos criados pelas disciplinas especializadas que fazem parte do campo de estudo chamada "ciência, tecnologia e sociedade". Por "princípios" indico a minha síntese pessoal dos fatos empíricos em mãos após dez anos de trabalho nessa área. (LATOUR, 2000, p.36)

Ainda na introdução, Latour (2000) apresentou uma “personagem” que o acompanhou por todo o livro, a dupla face de Jano (Jano bifronte, alusão ao deus romano das mudanças e transições). Uma das faces representava a ciência pronta (*caixas-pretas*), outra representava a ciência em construção (*controvérsias)*. O recurso

metafórico do deus romano nos auxilia a compreender a perspectiva de Latour diante dos diversos conceitos que sua teoria abarca, além de expor o contraponto da sua sociologia frente às demais formas de se pensar a construção científica.



Figura 2.1 – A dupla face de Jano, a face esquerda, da ciência pronta, e a face direita, ciência em construção (LATOUR, 2000, p.28)

O argumento de Latour (2000) ao usar a imagem de Jano bifronte pautou-se na concepção de que a ciência possui duas faces, uma que sabe, outra que ainda não sabe. As faces falam concomitantemente e apresentam argumentos completamente diferentes. Para reabrir as *caixas-pretas* e analisar sua construção deveremos acompanhar a face da ciência em construção (face direita). Mas a outra voz sempre se fará presente, de tal sorte que devemos escutar as duas vozes contraditórias.

> Teremos de aprender a viver com duas vozes contraditórias que falam ao mesmo tempo, uma sobre a ciência em construção, outra sobre a ciência acabada. Esta última produz frases como "faça isto ... faça aquilo"; a primeira diz "o suficiente nunca é suficiente". O lado esquerdo considera fatos e máquinas suficientemente bem determinados. O lado direito acha que fatos e máquinas, em fase de construção, estão sempre subdeterminados. Sempre falta alguma coisa para fechar a caixa-preta de uma vez por todas. (LATOUR, 2000, p.31)

Após analisar os três episódios destacados anteriormente e ter-nos apresentado Jano, Latour (2000) destacou sua primeira regra metodológica, a qual orienta como se deve observar eventos da história das ciências:

> Regra l. Estudamos a ciência em ação, e não a ciência ou a tecnologia pronta; para isso, ou chegamos antes que fatos e máquinas se tenham transformado em caixas-pretas, ou acompanhamos as controvérsias que as reabrem (LATOUR, 2000, p. 421).

A primeira parte do livro, que recebe o título de “Da retórica mais fraca à mais forte” (LATOUR, 2000, p. 27), dedica-se inteiramente ao conceito de *controvérsias*. Assim como Latour defendeu a importância da escrita e leitura de artigos em *A Vida de Laboratório* (LATOUR, 2000), ele também o fez neste livro.

O início de uma controvérsia é proposto por um cientista a partir de uma sentença que, após divulgada, é submetida à análise de outros cientistas. Sobre este enunciado vão incidir novas *modalidades*, resgatando o conceito do livro anterior (Latour, Woolgar, 1997), que podem ser positivas ou negativas. As primeiras afastam o enunciado do seu processo de construção, possibilitando que ele seja empregado em novos projetos. As *modalidades* negativas questionam a produção do enunciado, enfraquecendo-o provocando o retorno ao seu processo de produção. A presença dessas *modalidades* reforça o caráter coletivo da produção dos fatos científicos.

Se o enunciado se fortalece e se expande para novas *controvérsias*, a próxima etapa se dará no campo da literatura técnica. Para essa discussão, Latour (2000) fez uso, novamente, de alguns episódios da História das Ciências, retomando, inclusive, as publicações de Schally (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Se apropriando de artigos publicados, Latour (2000) analisou como os enunciados procuram persuadir os leitores e arregimentar apoiadores. Mais uma vez ele defendeu a proposição da construção coletiva dos fatos científicos[58]. A produção de um texto científico, nesse sentido, visa estipular uma rede de comunicações. Isso se dá reportando a textos anteriores e procurando tornar-se referência para futuros enunciados.

A leitura que Latour (2000) fez sobre o papel dos aliados deu-se com o uso das referências e bibliografias dos artigos. A partir da forma da escrita e das citações Latour (IDEM) conclui que o processo de construção de um artigo tem como objetivos conquistar aliados; enfraquecer (ou paralisar) os críticos; ajudar aliados que foram atacados; garantir o contato com aqueles que o abastecem com informações confiáveis; obrigar os inimigos a se criticarem mutuamente. De fato, segundo Latour (IDEM), o que o artigo pretende é isolar o leitor. Se alguém pretende discordar daquele enunciado perceberá que deverá debater com uma série de autores e artigos. Mesmo que o discordante resolva encaminhar sua crítica, fica-lhe claro que deverá seguir procedimentos semelhantes, ou seja, angariar aliados para não discursar isoladamente.

Neste cenário, a esperança do autor do artigo é que ele seja lido. Em seguida, citado, de preferência bem citado, tanto em número quanto em qualidade da citação (crédito de quem o referencia ou do veículo que contém o texto a citá-lo). O enunciado que conseguir aliciar aliados e ser robusto o suficiente para suportar as críticas sofrerá, ainda, alterações em decorrência da erosão provocada pelas citações. As *modalidades* que serão anexadas ao enunciado, ou retiradas, mudarão a afirmação original. Mesmo

[58] Latour define texto científico como a transformação de “uma prosa linear numa, digamos, formação entrelaçada de linhas de defesa” (LATOUR, 2000, p. 82).

aqueles que são aceitos e citados em muitos textos subsequentes sofrerão transformações. Este processo foi denominado por Latour (1998) como *estilização*.

A continuidade deste processo de citações tem como consequência a estabilização do fato, não como foi originalmente formulado, além do apagamento do processo de construção e de seu autor. Quando isso ocorre, quando o conhecimento é apresentado com total nulidade de *modalidades*, ou quando é incorporado a algum instrumento, ou se torna tácito, o fato atingiu o status de *caixa-preta.* Latour defendeu em sua obra que a *caixa-preta*, apesar de estabelecida, não está impedida de ser contestada. Mas, neste caso, o processo seria muito mais árduo, pois a reabertura da *caixa-preta* suscitaria uma releitura das *controvérsias* que a construiu.

Em *Ciência em Ação* (LATOUR, 2000) encontramos uma imagem que nos auxilia compreender a construção de um fato ou sua destruição (a criação da ficção). As modalidades negativas (M-) indicam as críticas ou dúvidas em relação à afirmação, as positivas (M+), são os aliados que utilizam a afirmação para iniciar novas construções.

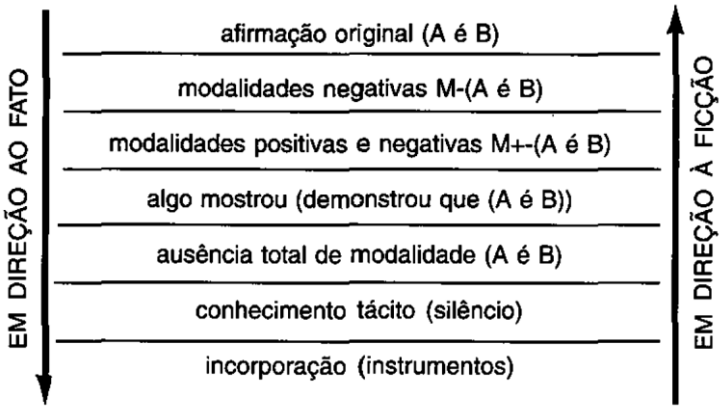


Figura 2.2 – A inclusão ou retirada de modalidades pode conferir ao enunciado o caráter de fato ou de ficção (LATOUR, 2000, p. 75)

A discussão sobre os textos científicos foi encerrada destacando as três alternativas plausíveis diante daquele enunciado, cada uma delas como consequência de vários possíveis processos. A primeira seria a desistência, ocasionando o abandono do texto. A segunda seria a total adesão, que também provocaria a o abandono do texto visto que seu produto já poderá ser incorporado a outros instrumentos. A terceira, a averiguação, diz respeito ao enfrentamento do enunciado (e do autor) em outro campo (sejam em outros artigos ou laboratórios), acarretando a instauração de novas controvérsias.

Dada a terceira alternativa descrita, a continuidade da discordância e a consequente averiguação, o próximo passo seria o retorno ao laboratório (ou o retorno

à teoria). Essa retomada exigiu de Latour (2000) rediscutir o que ele entende sobre a natureza de um experimento científico. O autor defende que o experimento é um sistema complexo no qual cada elemento do sistema é uma *caixa-preta*. Estes elementos, ou instrumentos, que fornecem informações a serem usadas pelos cientistas, são as *inscrições*. As *inscrições*, por sua vez, necessitam daquilo que Latour chamou de *porta-voz*, que poderia vir a ser o enunciado (artigo) ou o próprio cientista. “O porta-voz é alguém que fala em lugar do que não fala” (LATOUR, 2000, p.119). Mas essa definição que Latour nos apresentou não diminui a importância dos inscritores em comparação aos cientistas ou ao texto científico.

Ao discordante do enunciado original, então, cabe abrir *caixas-pretas* (instrumentos) procurando novas inscrições; ou enfraquecer a relação entre *o porta-voz* e a *inscrição.*

A fim de entendermos o papel do *porta-voz,* vamos reproduzir a comparação que Latour (2000) fez em seu livro. O *porta-voz* do exemplo dado pelo autor era um representante sindical. Se um grupo de trabalhadores se reunissem junto ao gerente da empresa em que são empregados reivindicando aumento salarial, todos falando ao mesmo tempo, não haveria diálogo. A multiplicidade de argumentos sobrepostos não faria sentido algum para o gerente, o tumulto se igualaria ao silêncio. O representante sindical desempenhou a tarefa de expor ao gerente todas as queixas dos trabalhadores, de maneira ordenada e clara. Ele não falou por si, não externou o seu discurso, mas sim dos operários que representa. A forma que o *porta-voz* encaminhou as reivindicações, declarou a legalidade das petições e descreveu o humor dos trabalhadores, direcionou as tomadas de decisões do gerente.

O gerente (discordante frente ao enunciado do cientista) poderia ter debatido as petições, suspeitando de seus fundamentos (*inscrições*), ou verificado o quanto o representante sindical (*porta-voz*) realmente falou pelos operários. Essa comparação foi utilizada para iniciar a discussão sobre pessoas e coisas. O representante sindical falou pelos trabalhadores, que obviamente são pessoas, mas poderia ter representando coisas, o que não alteraria o seu papel. Em suma, Latour (2000) apontou que o *porta-voz* não distingue pessoas e coisas. Essa indiferença levou o autor a concluir que as alianças que um cientista deve fazer para que seu enunciado sobreviva às críticas devem ser amplas, é preciso aliciar pessoas e instrumentos e deixar claro que o cientista os representa.

Por outro lado, mesmo que o *porta-voz* seja capaz de expor de forma clara os argumentos daqueles que ele representa, sejam eles inscritores, objetos ou pessoas,

sua força é limitada. Uma voz isolada pode ser facilmente contestada, por isso *o porta-voz* deve ser capaz ecoar a fala daqueles que representa e conquistar novos porta-vozes para lhe apoiar. Latour ponderou que, neste caso, cabe-nos perguntar "Quem está falando? As coisas e as pessoas através da voz do representante? E o que ele (ou ela, ou eles) diz(em)?" (LATOUR, 2000, p.121). Essas dúvidas remetem a possíveis fraquezas de um enunciado. Se os *inscritores* não podem falar, o que o discordante ouve é fruto do olhar do *porta-voz.* Aquilo que o discordante ouve (ou vê) pode ser diferente daquilo que fala (ou mostra) o *porta-voz* e/ou os *inscritores*. É neste cenário que as *controvérsias* se inflamam, mais uma vez. A solução que Latour (2000) nos trouxe para evitar que, novamente, a discussão se prolifere em muitas direções é fazer com que as coisas e pessoas falem exatamente o que o *porta-voz* pretendia comunicar.

Este ir e vir ao laboratório, às coisas ou pessoas, estes processos de discordâncias envolve o que Latour (2000) chamou de *prova de força*. A qual simplesmente se define como averiguações das afirmativas do *porta-voz*, demandando que o discordante refaça os cálculos, experimentos, testes ou revisões teóricas. "Dependendo das provas de força, os *porta-vozes* se convertem em indivíduos subjetivos ou em representantes objetivos" (LATOUR, 2000, p. 129). Latour (IDEM) se apropriou deste debate para destacar sua compreensão sobre objetividade e subjetividade[59]. O sociólogo entende que objetividade e subjetividade são atributos relativos às situações específicas, que podem ser deslocados de um porta-voz a outro, de um enunciado a outro. E, dessa forma, "não podem ser usados para qualificar em definitivo um *porta-voz* ou as coisas sobre as quais ele está falando" (LATOUR, 2000, p. 130). O discordante procura reduzir o status de objetividade de uma afirmação, enquanto o *porta-voz* procura sustentá-lo ou ampliá-lo.

Visto dessa forma, a objetividade não é uma propriedade intrínseca dos enunciados ou das coisas. Se um enunciado responde questões relevantes de seu período ou de sua geografia, se ele se mantém após as críticas de seus discordantes, se angaria aliados, ele pode vir a se tornar uma entidade objetiva. Mas este mesmo enunciado, em outro momento, em diferente local ou se as mutações por ele sofridas forem muito expressivas, devido à diversos processos de inclusão e exclusão de modalidades, ele pode vir a ser visto como um elemento dotado de subjetividade. Neste ponto, podemos resgatar a segunda regra metodológica que Latour (2000) apresentou,

[59] Uma discussão mais aprofundada sobre a historicidade do conceito de objetividade pode ser encontrada em Daston e Galison (2010). Nela, os autores definiram objetividade como uma das virtudes epistêmicas que constituem o empreendimento científico a partir de aspectos, ao mesmo tempo, epistemológicos, sociais, éticos e psicológicos (DASTON, GALISON, 2010).

ela diz respeito aos enunciados apresentados nos artigos, aos processos de estilização e à objetividade da afirmação.

> Regra 2. Para determinar a objetividade ou subjetividade de uma afirmação, a eficiência ou a perfeição de um mecanismo, não devemos procurar por suas qualidades intrínsecas, mas por todas as transformações que ele sofre depois, nas mãos dos outros (LATOUR, 2000, p.421).

O encerramento do debate em torno às *controvérsias* deu-se determinando o papel da natureza nestes embates. Não será a natureza a confirmar a "veracidade" de um enunciado, a natureza não é a causa do encerramento de uma controvérsia, mas a consequência. Um cientista que discorda de um enunciado original não se valerá somente da natureza para desclassificá-lo, precisará de outros aliados. Se, após a consolidação de alianças, o discordante obtiver êxito, aí sim poderá valer-se somente da natureza para justificar sua premissa.

Quando Latour (2000) considerou que não há entidades cuja objetividade lhe é inerente, mas sim conquistada, ponderou também que a noção de realidade também se dá dessa forma. A realidade não é objetiva, os objetos sobre os quais a ciência se debruça não estão dados pela natureza prontos para serem revelados.

Ao analisamos um produto científico estabelecido nos defrontamos com duas visões dicotômicas sobre a natureza, a saber, o objeto em questão estava na natureza e foi, de alguma forma, descoberto ou, então, o objeto foi construído. Latour (IDEM), ao propor essa discussão, se valeu novamente da dupla face de Jano. A face esquerda (ciência pronta) alegou que a natureza estabiliza os representantes daquilo que realmente está fora do laboratório (visão realista). A face direita (ciência em construção) defendeu que a ciência e seus agentes elaboram e selecionam os representantes, sem que algum agente externo os julgue. O autor exemplificou e concluiu a discussão da seguinte forma:

> No lado esquerdo, o polônio foi descoberto há muito tempo pelos Curie; no lado direito, há uma longa lista de ações realizadas por um actante desconhecido em Paris, na École de Chimie, actante que os Curie propõem chamar de "polônio". No lado esquerdo, todos os cientistas concordam, e só ouvimos a voz da Natureza, singela e clara; no lado direito, os cientistas discordam, e nenhuma voz pode ser ouvida acima das vozes deles (LATOUR, 2000, p. 163).

Essa perspectiva de considerar a natureza como causa de uma controvérsia e não árbitra emoldurou a terceira regra metodológica:

> Regra 3. Como a solução de uma controvérsia é a causa da representação da natureza, e não sua consequência, nunca podemos utilizar essa consequência, a Natureza, para explicar como e por que uma controvérsia foi resolvida (LATOUR, 2000, p.421).

Após o exame das controvérsias e seus desdobramentos, Latour (2000) prossegue analisando as atividades dos cientistas e suas alianças. Sua argumentação foi a de que, após uma discordância, o cientista que postulou o enunciado original retorna ao seu laboratório e o discordante constrói o que o autor chamou de *contralaboratório*. Em tese, ambos reexaminam os *inscritores* que permitiram a criação do fato que está em xeque. Contudo, na prática, os cientistas se deparam com recursos escassos e isto irá guiá-los na aquisição de novos aliados, instrumentos e grupos de pesquisa, geralmente limitando-os a alistarem aquilo que já se encontra na comunidade científica.

O cientista que aliciou novos apoiadores deve, a partir de então, ter controle sobre o comportamento destes aliados, possibilitando-o prever suas ações. As estratégias dos cientistas para agregarem novos aliados e terem um relativo controle sobre eles foram sintetizadas por Latour (2000) em seu conceito de *translação.*

Latour (IDEM) examinou uma série de possíveis *translações* as quais, de fato, podem culminar em um único objetivo, o de tornar o enunciado indispensável. Uma estratégia simples seria a de um cientista defender o enunciado de um outro grupo de pesquisa, com maiores recursos e créditos, agregando algumas contribuições. Essa *translação* pode provocar o apagamento daquele cientista pois, provavelmente, ele se somaria a tantos outros que também assim o fizeram ou, ainda pior, poderia perder a titularidade de seu próprio enunciado sob a acusação de a maior parte do trabalho ter sido realizado nas demais pesquisas. Uma segunda *translação*, possivelmente mais eficaz do que a primeira, seria o cientista convencer a outros grupos, mais fortes, de o seguirem. Latour (IDEM) compreende que essa situação raramente se estabelece e, por essa razão, sugere mais uma translação, a qual seria o cientista bloquear o caminho daqueles que defendem enunciados diferentes, forçando um desvio que perpasse pelo seu. Este bloqueio sintetiza o trabalho de o cientista ter de produzir seu enunciado e, em paralelo, apresentar *modalidades* negativas aos demais. Essa última estratégia resulta em uma série de *controvérsias*, remanejamentos de interesses e objetivos, procurando consolidar a ideia de que um enunciado específico deve figurar como único caminho possível.

Ao abordar as *translações,* Latour (IDEM) reafirmou sua tese de que um fato que se construiu após todos os processos discutidos só se consolidará, realmente, quando utilizados por terceiros. Assim como os enunciados precisam de aliados para sobreviverem às *controvérsias*, as *caixas-pretas* precisam ser reutilizadas para perdurarem. Por outro lado, se a *caixa-preta* puder ser aberta e modificada, todo o processo de sua construção pode se apagado. Neste sentido, Latour (IDEM) apresentou

a definição de *máquinas*, ou seja*, caixas-pretas* que se incorporam aos ambientes sem necessitarem de intervenções. Elas poderiam ser conceitos científicos que já incorporam livros didáticos ou manuais, produtos da indústria farmacêutica já comercializável, aparelhos prontos para o uso em laboratórios ou residências, entre outros. Em todos os possíveis casos, essa extrema estabilização só é possível após intensa disseminação da *caixa-preta*, em vários meios. Ou seja, a *caixa-preta* para se consolidar, de fato, necessita de uma rede.

A ideia de *rede* em Ciência em ação (LATOUR, 2000) não difere daquela apresentada em *A Vida de Laboratório* (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Isto é, uma *rede* incorpora tudo aquilo que, de uma forma ou de outra, teve contato com o enunciado original, seja alterando-o ou reproduzindo-o, sejam atores humanos ou atores não-humanos[60]. Este modelo de construção da *caixa-preta* e de sua manutenção, englobando todo o processo de construção do enunciado a partir *dos inscritores, controvérsias e translações* é o que Latour classificou como *modelo de translação*. O modelo que é oferecido à sociedade, de acordo com o autor, é o *modelo de difusão*, no qual se ignora inúmeros processos (elos da *rede*) e monopoliza o crédito aos pioneiros do enunciado. Latour (2000) alegou que a noção de descoberta tem origem no modelo de difusão, "aquilo que estava ali o tempo todo (micróbios, elétrons, motor de Diesel) precisa de algumas pessoas não para conformá-lo, mas para ajudá-lo a vir a público" (LATOUR, 2000, p. 221).

Analogamente Latour (2000) ponderou que a sociedade, a qual é costumeiramente definida a partir do *modelo de difusão*, seria originada por um *modelo de translação.* Assim, o que existe é uma sociedade que opta ou não por utilizar certas *máquinas*, transformando-as e se transformando em função delas. Contudo, mesmo que sigamos o modelo de translação, se analisarmos em separado os desenvolvimentos técnicos, teremos o que Latour (IDEM) chamou de *tecnograma*. Por outro lado, se estudarmos somente os comportamentos das pessoas, traçaremos o *sociograma*. Mas, o autor defendeu que não há separação entre o desenvolvimento técnico e a sociedade. A construção da caixa-preta deve partir do olhar simétrico estre estes dois "sistemas de

[60] Em um texto originalmente publicado em 1996, Latour (2000) aplica seu conceito de redes para debater o papel das bibliotecas e centros de curiosidades na construção dos fatos científicos. Ele classifica as bibliotecas como *centros de cálculos*, sendo elas como nós de uma rede onde circulam os objetos que virão a se tornar signos. Nessa *rede*, as informações contidas naqueles *centros de cálculos* não são interpretadas como signos, mas como inscrições que carregam a forma desprovida da matéria. Latour as denomina como *móveis imutáveis*, devido à mobilidade dos inscritores e a imutabilidade daquilo que eles transportam. Estes inscritores são retirados de seus locais originais (florestas, laboratórios, etc.) submetidos ao filtro do pesquisador/coletor, sem que demais elementos daquele local os acompanham (movimento de redução). Nos centros de cálculos, por sua vez, são redistribuídos, ampliando assim a *rede* que findará em construir um signo (movimento de ampliação). Seu argumento central neste ensaio é que não se pode localizar a informação sobre determinado objeto sem a rede das instituições, aparelhos e técnicos, que garantem o duplo movimento de redução e ampliação.

alianças" (LATOUR, 2000, p.230). Uma alteração no *tecnograma* decorre de uma limitação no *sociograma*, o mesmo se daria ao considerarmos o caminho oposto. Se seguíssemos a ciência em ação, notaríamos que o "inventor" caminha nos dois lados, indo de um para o outro através de negociações que podem gerar alianças, com pessoas e coisas. A imagem 3.2 (LATOUR, 2000, p. 230) ilustra a simetria apontada por Latour no *modelo de translação.*

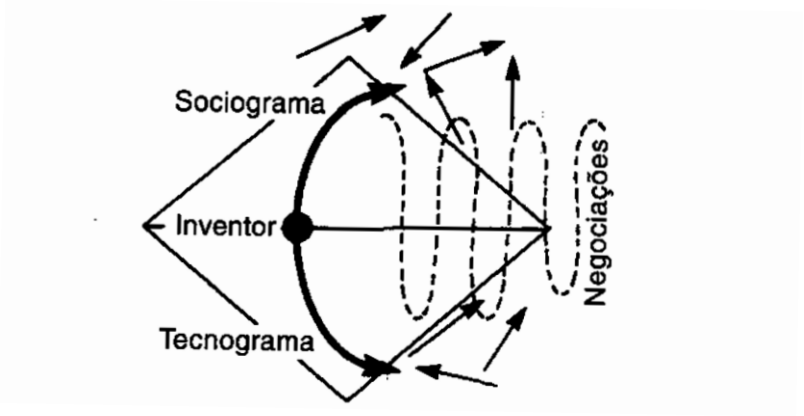


Figura 2.3 - A construção de uma caixa-preta perpassa pelo sociograma e pelo tecnograma (LATOUR, 2000, p.230)

A quarta regra metodológica diz respeito ao que foi exposto anteriormente:

> Regra 4. Como a resolução de uma controvérsia é a causa da estabilidade da sociedade, não podemos usar a sociedade para explicar como e por que uma controvérsia foi dirimida. Devemos considerar simetricamente os esforços para alistar recursos humanos e não-humanos. (LATOUR, 2000, p.421)

O *modelo de difusão* dizia que as grandes ideias partiam de poucos e, quando eram aceitas, mesmo que muito diferentes das ideias originais, dizíamos que o conceito foi inicialmente bem formulado. No *modelo de translações* o resultado do processo de construção de fatos é definido em conjunto com a sociedade, de tal forma que o número de agentes envolvidos é muito maior do que o modelo anterior afirmaria.

Mas, para o processo de construção defendido por Latour (2000) ser bem sucedido, os cientistas devem dedicar seus tempos em duas frentes: a produção *tecnocientífica* ("atividade de bancada") e as atividades de translação ("lado de fora"). Ou seja, além das práticas dos laboratórios há uma série de tarefas a serem cumpridas, tais como atrair financiadores e limitar usas interferências; atrair acadêmicos e controlar suas ações; atrair amadores, que podem fornecer novos espécimes e coleções, os quais também devem ser controlados, tanto para coletarem o que realmente importa ao cientista quanto para divulgarem os enunciados produzidos.

Latour (IDEM) defendeu que ambas as atividades constituem o que entende como ciências. Para seguirmos cientistas e engenheiros em ação, devemos, pois, seguir aqueles da “bancada” e os que estão do “lado de fora”. O que se produz na bancada só fará sentido, e só será exequível, se publicado, se tiver garantido financiamentos, se realizar contato com fornecedores, entre outras atribuições. Nos termos do autor, “a divisão interior/exterior é resultado provisório de uma relação inversa entre o recrutamento "externo" de interesses - o sociograma - e o recrutamento "interno" de novas aliados – o tecnograma” (LATOUR, 2000, p.262). Porém, completou Latour (2000), é impossível determinar a fronteira entre as atividades internas e externas.

Assim, também não é trivial determinar o que ou quem se deve seguir em uma *rede*. Apesar de ter defendido que quaisquer elementos que compõem a *tecnociência*[61] nos conduzirão no processo de construção de uma *caixa-preta*, Latour afirmou que a escolha ainda pode ser equivocada. Ademais, ao escolher qual elo da rede seguir, devemos nos desapegar da concepção de elo “social” ou elo “científico”, não há elementos que pertençam exclusivamente a um campo ou outro, devemos, sim, nos questionar se o(s) elo(s) que escolhemos é(são) forte(s) suficiente para se manter(em) na rede. A quinta regra metodológica condensa este raciocínio:

> Regra 5. Devemos ser tão indefinidos quanto os vários atores que seguimos, no que se refere àquilo de que é feita a tecnociência, para isso, sempre que for erigida urna divisão interior/exterior, devemos acompanhar os dais lados simultaneamente, criando urna lista - pouco importa se longa e heterogênea - de todos aqueles que realizam o trabalho. (LATOUR, 2000, p.289).

Latour (2000) traçou, em seguida, uma discussão a respeito dos conceitos de racionalidade e irracionalidade. Para tal, o autor retomou o conceito de *sócio-lógica*, apresentado em *A Vida de laboratório* (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Um dos objetivos de um cientista é que seu enunciado esteja amparado pela racionalidade, isto é, que trilhe o caminho lógico, que nos conduzem de um ponto a outro pela trajetória cientificamente correta, evitando os desvios da irracionalidade, geralmente provocados por “’preconceitos’ [...], ‘diferenças culturais’ [...], ‘burrice’ [...] ou ‘explicações sociais’ (LATOUR, 1998, p. 300). Do ponto de vista das *redes*, entretanto, não há um caminho unidimensional a se seguir, não nos questionamos se estamos na trajetória linear da racionalidade ou em um dos caminhos tortos da irracionalidade. A pergunta a se fazer é se estamos observando as associações mais fortes ou mais fracas, isso é o que define

[61] Assim Latour (2000) define *tecnociência*: “[...] todos os elementos amarrados ao conteúdo científico, por mais sujos, insólitos ou estranhos que pareçam, e a expressão "ciência e tecnologia", entre aspas, para designar o que ficou da tecnociência depois de resolvidos todos os julgamentos de responsabilidade.” (LATOUR, 2000, p.287). A rigor, tudo é tecnociência, mas quando retiramos os diversos actantes aliciados pela rede, o que restará será ciência e tecnologia

a *sócio-lógica*. Para Latour (2000) a concepção de lógica é relativa aos diversos actantes da rede que estamos seguindo, ele a relata na sexta regra metodológica:

> Regra 6: diante de uma acusação de irracionalidade, ou simplesmente de crenças em alguma coisa, nunca acharemos que as pessoas acreditam em coisas ou são irracionais, nunca procuraremos saber que regra da lógica foi infringida, mas simplesmente observaremos o angulo, a direção, o movimento e a escala do deslocamento do observador (LATOUR, 2000, p. 422).

O último capítulo do livro (LATOUR, 2000) aborda as *centrais de cálculo*. Estes locais reúnem as inscrições produzidas ou coletadas, reproduzindo um "exterior" filtrado, ou seja, eliminando qualquer elemento que cientista não considera relevante[62]. Dessa forma, as inscrições se adaptam à linguagem do laboratório e dos enunciados já produzidos, permitindo o desenvolvimento de novos enunciados ou técnicas. Todo este processo, derivado da reunião de muitos dados, resulta na produção de mais dados. Este acúmulo de informação somente se transformará em uma nova teoria se o cientista estiver apto a observar e selecionar os "bons dados" e se souber selecionar e operar as *caixas-pretas* que lhes fornecem as primeiras inscrições.

Latour (2000) denominou de ciclos de acumulação o processo de obtenção de dados, que gera uma posterior produção de novos dados, os quais irão compor enunciados que serão submetidos a outros cientistas e *centrais de cálculos*. Estes, por sua vez, adicionarão e subtrairão modalidades que irão reestruturar a teoria original. O autor do primeiro enunciado, então, terá o trabalho de coletar novos dados para debater com os críticos de seu trabalho. Com este raciocínio Latour define "conhecimento" como produto deste processo circulatório de informações. O conhecimento não pode ser, simplesmente, adquirido ou conquistado, ele é construído.

A respeito do "conhecimento", a discussão ampliou para o conceito de abstração. O autor propôs o fim das "teorias abstratas". Para ele não fazia sentido em adjetivar algum conhecimento como "abstrato". Existe, sim, o conhecimento refinado, fruto de inúmeros processos de circulação, de uma "cascata de reescritura e re-representação" (LATOUR, 2000, p. 396). O que nos aparenta ser um "conhecimento abstrato" é, de fato, uma forma de "enésima ordem" (IDEM, IBDEM, p. 381), um subproduto do acúmulo de dados gerados nos *ciclos de acumulação*. Outra consequência do excesso de circulação

[62] Latour (2000) exemplifica essa "limpeza do exterior" referindo-se aos trabalhos de geólogos, analisando em seus laboratórios as amostras de rochas recolhidas em um local específico ou à pesquisa sobre mutações em milhos realizada a partir de um único sabugo, coletado e levado ao laboratório de biologia molecular. De forma similar, Daston e Galison (2010) relataram os trabalhos de coletas de amostras de plantas nas diversas colônias europeias a partir de desenhos executados por pessoas devidamente treinadas para representar somente aquilo que os botânicos julgavam necessário para catalogar as plantas, qualquer impureza nas amostras deveria ser negligenciada. Em todos os casos narrados, o local foi "transportado", nas centrais de cálculo não estão os solos, as plantações ou as florestas, somente as informações que subsidiarão as pesquisas sobre aqueles lugares.

do conhecimento é a exigência do formalismo. Neste ponto Latour (2000) reclamou da ausência de estudos antropológicos sobre o formalismo, alegando que sempre foi mais conveniente apontar o formalismo como resultado de capacidades cognitivas. A proposta do autor foi a de que um estudo sobre matemática, cálculos ou teorias, deveria se iniciar observando, primeiro, como as *inscrições* se movimentam, como as *redes* se ampliam e como as informações são atadas umas às outras. A sétima regra metodológica versa sobre o acabamos de discorrer:

> Regra 7. Antes de atribuir qualquer qualidade especial a mente ou ao método das pessoas, examinemos os muitos modos como as inscrições são coligidas, combinadas, interligadas e devolvidas. Só se alguma coisa ficar sem explicação depois do estudo da rede é que deveremos começar a falar em fatores cognitivos (LATOUR, 2000, p. 422).

Para concluirmos a apresentação do livro Ciência em ação (LATOUR, 2000), iremos resgatar os princípios apresentados pelo autor no decorrer da obra. Optamos por não os destacar anteriormente pois entendemos que eles sintetizam muitas das concepções de Latour sobre o estudo do fazer científico. De tal sorte que os reproduzir neste momento pareceu-nos propício.

> Primeiro princípio. O destino de fatos e máquinas está nas mãos dos consumidores finais; suas qualidades, portanto, são consequência, e não causa, de urna ação coletiva (LATOUR, 2000, p. 423).
>
> Segundo princípio. Os cientistas e engenheiros falam em nome de novos aliados que conformaram e alistaram; representantes entre outros representantes, com esses recursos inesperados, fazem o fiel da balança de forças pender em seu favor (LATOUR, 2000, p. 423).
>
> Terceiro princípio. Nunca somos postos diante da ciência, da tecnologia e da sociedade, mas sim diante de uma gama de associações mais fracas e mais fortes; portanto, entender o que são fatos e máquinas é o mesmo que entender o que as pessoas são (LATOUR, 2000, p. 423).
>
> Quarto princípio. Quanto mais esotérico o conteúdo da ciência e da tecnologia, mais elas se expandem externamente; portanto, "ciência e tecnologia" é apenas um subconjunto da tecnociência (LATOUR, 2000, p. 423).
>
> Quinto princípio. A acusação de irracionalidade é sempre feita por alguém que está construindo urna rede em relação a outra pessoa que atravessa seu caminho; portanto, não há Grande Divisor entre mentes, mas apenas redes maiores ou menores; os fatos duros não são regra, mas exceção, visto serem necessários em poucos casos para afastar um grande número de pessoas de seu caminho habitual (LATOUR, 2000, p. 423 – 424).
>
> Sexto princípio. A história da tecnociência é, em grande parte, a história dos recursos espalhados ao longo das redes para acelerar a mobilidade, a fidedignidade, a combinação e a coesão dos traçados que possibilitam a ação a distância (LATOUR, 2000, p. 424).

2.3 Jamais fomo modernos: ensaios de antropologia simétrica

Nesta obra (LATOUR, 1994), observamos a problematização do conceito de modernidade e suas consequências na definição de pós-modernidade. Como era esperado, devido a tudo aquilo que foi exposto nos livros iniciais (LATOUR, WOOLGAR, 1997; LATOUR, 2000), em *Jamais fomos modernos* encontramos o resgate de vários conceitos já apresentados e discutidos ao longo de suas publicações. Dentre eles, o autor retoma o conceito de *rede*, considerando elementos da política e das ciências, para estruturar sua nova antropologia simétrica. Este é o quarto livro de Latour, sua primeira edição foi impressa em 1991, em francês[63].

No primeiro capítulo do livro, Latour (1994) esboçou seu entendimento sobre a crise das concepções basais do modernismo. Contudo, antes de aprofundar nessa discussão, dissertou sobre a proliferação dos *híbridos.* A fim de melhor entendermos este conceito, o autor fez uso de uma técnica narrativa que caracteriza seus textos, a utilização de exemplos da história das ciências ou, como no presente caso, a abordagem de episódios contemporâneos. O livro inicia com a descrição das notícias de um jornal impresso, devidamente distribuídas em seções que preestabelecem os assuntos a serem abordados (economia, política, ciências, livros, esportes, etc.). Contudo, apresentando-nos o conteúdo de uma única reportagem, Latour (IDEM) nos demonstrou como diversas áreas surgem sob um único tópico. Relatou que o aumento do buraco na camada de ozônio era debatido por químicos, discutido entre chefes de estados e industriais, era uma questão ecológica alertada pelos países de “Terceiro Mundo” (LATOUR, 1994, p.7), que cobravam a produção de tratados internacionais que apresentassem propostas de se solucionar o problema.

O autor nos revelou sua percepção de que os artigos híbridos estavam aumentando. Mesmo assim, defendeu, que havia um esforço em se fragmentar as redes.

> Aperte o mais inocente dos aerossóis e você será levado à Antártida, e de Iá à universidade da Califórnia em Irvine, às linhas de montagem de Lyon, à química dos gases nobres, e daí talvez até a ONU, mas este fio frágil será cortado em tantos segmentos quantas forem as disciplinas puras: não misturemos o conhecimento, o interesse, a justiça, o poder. (LATOUR, 1994, p.8)

A crítica do autor se dirigiu às tentativas de se recortar as áreas de conhecimento pautando-se, principalmente, em três áreas: natureza, política ou discurso. Quando, em obras anteriores, ele descreveu algumas práticas científicas, tais como a atenuação da bactéria antraz por Louis Pasteur (1822 – 1895) (LATOUR, 1988) ou o polipeptídio

[63] No Brasil a tradução desta edição foi publicada em 1994.

construído pelos pesquisadores do laboratório chefiado por Guillemin (LATOUR, WOOLGAR, 1997), não nos narrou produções exclusivamente científicas, no sentido em que elementos metacientíficos foram considerados em suas construções. Mesmo assim, aqueles livros foram classificados por alguns críticos dessa forma (LATOUR, 1994), como obras puramente científicas. No ponto de partida de *Jamais fomos modernos*, Latour (1994) lista mais alguns exemplos de estudos sobre produções científicas (entre eles os dois anteriores) ponderando que elas não se referiam à natureza ou ao conhecimento, mas sim ao envolvimento daquelas produções com o social, os coletivos de coisas e sujeitos.

Em seguida, Latour (IDEM) julgou algumas correntes teóricas que surgiram na Sociologia do século XX, as quais caracterizavam aquelas três áreas (natureza, política e discurso). Nos termos de Latour (IDEM), os críticos se apoiavam em três repertórios sintetizadores destas correntes teóricas e que foram desenvolvidos com o objetivo de descrever nosso mundo.

A *naturalização*, o primeiro destes repertórios, Latour (IDEM) associa a Jean-Pierre Changeux (1936 -). A posição defendida por Changeux é de uma natureza hegemônica e totalizante. Há uma causalidade biológica a explicar o funcionamento do todo (desde fenômenos ditos naturais às ações sociais, orientadas pelo funcionamento do cérebro). É uma visão essencialmente materialista. (DOSSE, 2018). Quando na *naturalização* se “fala de fatos naturalizados, não há mais sociedade, nem sujeito, nem forma do discurso.” (LATOUR, 1994, p.11)

O segundo repertório é a *socialização*, cujo representante seria Pierre Bourdieu (1930 – 2002). A partir dos conceitos de *habitus* (sistema de disposições duráveis incorporadas ao indivíduo, gera práticas que diferencia o indivíduo na sociedade), *campo* (local de luta pela distribuição de um capital específico de cada campo, como o político, econômico, acadêmico, esportivo, artístico etc., é um microcosmo pertencente ao macrocosmo do espaço social) e *capitais* (recurso de poder que estabelece a posição do indivíduo na ordem social) (BOURDIEU, 1983), Bourdieu traçou sua perspectiva, indicando que todas as ações e fenômenos se justificam pelo aspecto social. Quando na *socialização* se fala de “poder sociologizado, não há mais ciência, nem técnica, nem texto, nem conteúdo” (LATOUR, 1994, p.11).

O terceiro é a *desconstrução*, atribuída aos trabalhos de Derrida. Este conceito, por vezes referido como uma corrente teórica (MENEZES, 2013), refere-se a pretensão de se minar as dicotomias presentes nas correntes filosóficas estruturalistas, tais como natureza/cultura, fala/escrita e forma/sentido. Essas polarizações impediam identificar a

diversidade propiciada pela linguagem, uma assertiva só poderia ser verdadeira ou falsa. *Desconstrução* significa a decomposição dos elementos do discurso. Para Derrida, nenhum discurso é completo, aquilo que enunciamos ou ouvimos possuem lacunas, as quais podem ser localizadas pela desconstrução. A d*esconstrução*, ao evidenciar lacunas e falhas conceituais, contradições discursivas e a falta de lógica nas proposições, provoca a ressignificação dos enunciados. O conhecimento está no discurso, é um equívoco supor que a verdade pode ser encontrada na essência das coisas (DERRIDA, 1967; 1973). Contudo, para Latour (1994), quando na desconstrução se fala "de efeitos de verdade, seria um atestado de grande ingenuidade acreditar na existência real dos neurônios do cérebro ou dos jogos de poder" (LATOUR, 1994, p11).

A principal crítica de Latour direcionou-se, essencialmente, ao fato de os três repertórios anteriores, apesar de potentes em si mesmos, não poderem ser associados. Isto exposto, restavam duas alternativas: a primeira seria seguir os caminhos apontados pelos críticos, separando os estudos sobre ciências em três conjuntos distinto (fatos, poder ou discurso); a segunda, seguir as redes descritas por Latour (1994), que não são exclusivamente objetivas, sociais ou efeitos do discurso, mas são ao mesmo tempo reais, coletivas e discursivas, sem se delimitar fronteiras entre estes campos.

> Os fatos científicos são construídos, mas não podem ser reduzidos ao social, porque ele está povoado por objetos mobilizados para construí-lo. [...] O buraco de ozônio é por demais social e por demais narrado para ser realmente natural; as estratégias das firmas e dos chefes de Estado, demasiado cheias de reações químicas para serem reduzidas ao poder e ao interesse; o discurso da ecosfera, por demais real e social para ser reduzido a efeitos de sentido. (LATOUR, 1994, p.12)

A solução apontada foi uma antropologia que não distinguiria natureza e cultura, tratando essa cisão sem críticas ou crises. O problema é que estamos submetidos às premissas do modernismo, que se pautam na tripartição natureza, política e discurso. A compreensão das redes sociotécnicas dar-se-ia, então, a partir da alteração do mundo moderno.

Após essas ponderações, para construir seu raciocínio em torno da crise da modernidade, Latour (1994) destacou dois eventos ocorridos no ano de 1989. A queda do muro de Berlim, marcando a queda do socialismo que, por sua vez, ao tentar de acabar com a exploração do homem sobre o homem findou por aumentá-la. E as conferências sobre o estado global do planeta, ocorridas no ocidente, simbolizando a crise do capitalismo e o fim da esperança de se controlar a natureza. Quando mudou o foco da exploração homem pelo homem para natureza pelo homem, o capitalismo aumentou as duas. Este cenário minou a confiança no modernismo, mas não o extinguiu. Latour (IDEM) apresentou, então, três correntes de pensamento e suas

respectivas ponderações a respeito dessa crise, a saber, o anti-modernismo, o pós-modernismo e o próprio modernismo.

Os anti-modernos apresentavam postura mais reacionária ante ao modernismo. Punham em dúvida as boas intenções de findar a exploração homem sobre homem e de alcançar o controle do homem sobre natureza. Diante das crises apresentadas pelo socialismo e pelo capitalismo entendiam ser necessário retroceder e não procurar caminhos para diluir a autoridade entre os próprios homens, tampouco buscar o domínio da natureza.

Aqueles que eram céticos em relação às duas propostas anti-modernistas e, também, eram descrentes das promessas dos modernos, permanecendo no meio do caminho entre as duas vertentes, eram chamados de pós-modernos. Porém, a dúvida dos pós-modernos em relação aos desígnios dos modernos estava no método, não no objetivo em si.

Os modernos são aqueles que ainda acreditavam na proposta da modernidade. São os que rejeitavam o obscurantismo ecológico ou anti-socialista, que não se alinhavam ao ceticismo pós-moderno e que ainda acreditam no poder das ciências.

Latour (1994) alegou que não havia mais ambiente para o modernismo. Nas galerias de arte, nas salas de concertos, na arquitetura, institutos de desenvolvimento, "é possível sentir que o espírito da coisa não está mais presente" (LATOUR, 1994, p.15). Mas, questionou o autor, e se nunca fomos realmente modernos? Seria a solução da *antropologia comparada* e abriria caminho para o emprego das redes. Neste sentido, Latour discorre sobre o significado de ser moderno, para verificar se de fato o fomos.

A acepção de moderno em *Jamais fomos modernos* (IDEM, IBDEM) é pautada pela concepção de tempo. O adjetivo "moderno" remete à ideia de abandono a um passado arcaico e estável. Reflete, ainda, a configuração de um conflito, uma disputa entre antigos e modernos, entre perdedores e vencedores. Por isso Latour (1994) acusa o "Moderno" de ser duplamente assimétrico, ora por marcar uma ruptura no transcorrer do tempo, ora por assinalar um embate no qual se localizam ganhadores e derrotados. A análise do autor sobre o modernismo embasou-se na designação de duas práticas científicas, a *tradução* e a *purificação*. Distintas aos olhos dos modernos, suas desigualdades diluíram diante dos não-modernos.

A *tradução*[64] refere-se às práticas de criação dos *híbridos*, à mistura de entidades distintas e novas, da natureza e da cultura. Este conjunto de práticas corresponde às

[64] Por vezes este conceito será confundido com o de *mediação.*

redes. É a partir da *tradução* que chegamos ao enunciado que conecta, em uma única cadeia, a química das atmosferas, os chefes de Estado, os industriais e as angústias dos ecologistas. A *purificação* é o processo de segregação, de criação de duas zonas ontológicas diferentes, a dos humanos e dos não-humanos. A prática da p*urificação* está relacionada ao que Latour (IDEM) chamou de crítica, ela define a divisão entre mundo natural, que sempre esteve presente, e o mundo social. O primeiro conjunto de práticas da *tradução* garante que a *purificação* não seja vazia ou supérflua, o segundo garante que a *tradução* não seja limitada ou impedida. Mesmo que entendamos que as práticas de *purificação* se deem em função da proliferação dos *híbridos*, se continuarmos a separá-las ainda seremos modernos.

Neste sentido, se nos conscientizamos que as práticas científicas se dão pela mistura dos processos de *tradução* e *purificação*, poderemos rever toda a construção do nosso conhecimento sob este prisma, os dois conjuntos de práticas sempre operaram em comunhão. Assim, deixaremos de ser modernos, como afirmaremos que nunca o fomos.

> Enfim, se jamais tivéssemos sido modernos, pelo menos não da forma como a crítica nos narra, as relações tormentosas que estabelecemos com as outras naturezas-culturas seriam transformadas. O relativismo, a dominação, o imperialismo, a má fé, o sincretismo seriam todos explicados de outra forma, modificando então a antropologia comparada. (LATOUR, 1994, p.16)

A modernidade concentrou seu olhar para o homem (humanismo), seu nascimento e sua morte, separando-os das “coisas”. Esqueceu do nascimento dos não-humanos. Latour (1994) afirmou que a modernidade decorreu da criação dos humanos, não-humanos e Deus suprimido, e do tratamento separado dado a estes grupos, apesar da multiplicação dos *híbridos* por de baixo destes processos. Digamos, então, que a modernidade estabeleceu os limites bem definidos entre humanos e não-humanos, entre o que é social e o que é natural, entre política e ciência. E essa assimetria deu-se através de movimentos entre a *tradução* e a *purificação*. Todos estes elementos estão envolvidos no que se definiu como Constituição Moderna.

Ao propor rever a produção dos fatos científicos, Latour (IDEM) precisou esclarecer o que seria a Constituição Moderna. Atribuiu o nome constituição ao texto comum que define o acordo e a separação dos poderes naturais e políticos. Sobre a autoria desta constituição, Latour afirmou:

> No caso das constituições políticas, a tarefa cabe aos juristas, mas estes fizeram um quarto do trabalho até agora, uma vez que esqueceram tanto o poder científico quanto o trabalho dos híbridos. No que diz respeito a natureza das coisas, a tarefa cabe aos cientistas, que também fizeram apenas outro quarto do trabalho, pois fingem

> esquecer o poder político, além de negarem aos híbridos qualquer eficácia, ao mesmo tempo em que os multiplicam. Quanto ao trabalho de tradução, é tarefa para os que estudam as redes, mas estes cumpriram apenas metade de seu contrato, já que não explicaram o trabalho de purificação que se realiza acima deles, o qual explica esta proliferação. (LATOUR, 1994, p. 19-20)

A constituição que Latour (1994) nos apresentou definiu os humanos e não-humanos, suas propriedades, relações e competências. Sua argumentação prosseguiu fazendo uso de mais um episódio histórico, cuja narrativa centrava-se na discussão sobre a repartição dos poderes políticos e científicos, travada, no século XVII, entre Robert Boyle (1627 – 1691), o cientista que possuía uma teoria política, e Thomas Hobbes (1588 – 1679), o cientista político que possuía uma ciência[65]. As divergências entre ambos centravam na argumentação política, no raciocínio científico, no caráter experimental e no objeto que materializava as demais desavenças, a bomba de vácuo. Mas, o que ambos possuíam em comum é o que torna o embate um interessante objeto de análise. Ambos eram racionalistas e mecanicistas, queriam o fim das guerras civis que vinham sendo travadas na Inglaterra, desejavam um "rei, um parlamento e uma Igreja dócil e unificada" (LATOUR, 1994, p.22).

Boyle argumentava em favor da *doxa* (opinião). Baseando-se na metáfora jurídica, defendia que testemunhas confiáveis e sinceras ao redor da produção de um fato poderiam confirmar sua veracidade. Essa confirmação se daria no interior de um laboratório, o lugar fechado inventado por Boyle. A inserção do homem no laboratório seria essencial, já que é ele quem iria fabricar os fatos. E estes, ao serem presenciados, carregavam em si uma comprovação, um status de verdade. A ciência, no caso narrado, deixou de ser fundada numa ideia e se baseou em práticas. Ela não está na natureza, está dentro de uma câmara transparente ligada a uma bomba de ar. Para sair do clausuro do laboratório, ela precisaria aliciar pessoas e objetos, dessa forma sua rede estenderia e se estabilizaria. Mas "não se tornaria universal, ao menos não à maneira dos epistemólogos!" (LATOUR, 1994, p.30), já que os fatos foram produzidos no interior de um laboratório contextualmente ímpar.

---

[65] Latour selecionou este exemplo em virtude de sua admiração pela obra, então, recém publicada (a primeira edição foi impressa em 1985) *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life*, de Steven Shapin (1943 –) e Simon Schaffer (1955 –). Shapin e Schaffer (1985) exploraram o trabalho científico de Hobbes, ignorado pelos cientistas políticos, e a contribuição política de Boyle, ignorada pelos historiadores das ciências. Latour (1994) considerou a obra um dos melhores exemplos de como deve-se avaliar a produção científica (bomba de vácuo) considerando simetricamente os agentes sociais e naturais. Os autores não almejaram explicar o conteúdo pelo contexto, o social não era apenas o cenário da produção científica. "Pela primeira vez nos estudos sobre as ciências, todas as ideias relativas a Deus, ao rei, a matéria, aos milagres e a moral são traduzidas, transcritas e obrigadas a passar pelos detalhes de funcionamento de um instrumento" (LATOUR, 1994, p.26).

Por outro lado, Thomas Hobbes argumentava a favor de um método lógico, baseado na confiabilidade única e exclusiva ao Estado. E defendia que o poder deveria ser delegado à figura política máxima, ao soberano criado pelo contrato social, cujo poder seria cedido pela sociedade a qual representa, reduzindo, assim, o apelo ao transcendente e a primazia da fé na religião. O conhecimento e o poder estariam no mesmo nível e vinculados num só plano, uma unidade coletiva, contendo o soberano, Deus, matéria e multidão. Dessa forma, Hobbes não poderia coadunar com a proposta Boyle de um laboratório fechado, longe da vigilância e controle do Estado, onde os fatos eram confirmados por seletas testemunhas. Ambos eram a favor do fim das guerras civis, contudo, para Hobbes, a Royal Society[66] com seus laboratórios apresentava um forte indício de separação e representavam uma ameaça à soberania do Estado.

A disputa entre Boyle e Hobbes foi narrada por Shapin e Schaffer (1985) a partir do princípio que havia um macro-contexto social (constituído pela Inglaterra, pelo capitalismo, revoluções, disputa de dinastias, mercadores e pela Igreja). Mas este contexto não representava um "pano de fundo" para o embate científico, ele influenciava, formava, refletia, refratava, repercutia e exercia uma pressão sobre as concepções acerca da matéria, da elasticidade do ar e sobre a existência do vácuo. O estudo dos autores é uma arqueologia do objeto, da bomba de ar, e a partir dele todos os atores são aliciados (LATOUR, 1994).

Boyle defendia a existência do vácuo no recipiente transparente após a ação da bomba de ar. Hobbes era relutante em relação ao vácuo, suas concepções filosóficas o impediam de aceitar a ausência de matéria, de tal forma que acreditava na permanência de um éter invisível no interior do recipiente. A desconfiança de Hobbes permaneceu ainda após Boyle inserir uma pena dentro do recipiente e suas testemunhas (o júri de Boyle era formado por sacerdotes e juristas, pessoas da fé e da lei, de alta credibilidade e posição social) confirmarem a imobilidade do objeto após se retirar todo o ar do reservatório, "mesmo quando o operário de Boyle está cansado demais para acionar sua bomba" (LATOUR, 1994, p.27). Hobbes considerava ultrajante debater princípios filosóficos com uma pena de galinha.

O que havia de inédito no trabalho de Boyle, de fato, era a abdicação às explicações divinas ou de âmbito humano em favorecimento às respostas dadas por entidades não-humanas. Os objetos falariam por si e, por isso, Boyle defendia que seus

[66] Academia de ciências da Inglaterra, na qual Boyle era associado. Para melhores detalhes sobre a instituição ver capítulo 3.

resultados eram mais confiáveis, pois objetos não mentem ou se enganam. Estes corpos inertes seriam atores reconhecidos pela nova Constituição.

> Estes não-humanos, privados de alma, mas aos quais e atribuído um sentido, chegam a ser mais confiáveis que o comum dos mortais, aos quais é atribuída uma vontade, mas que não possuem a capacidade de indicar, de forma confiável, os fenômenos. De acordo com a constituição, em caso de dúvida, mais vale apelar aos não-humanos para refutar os humanos. (LATOUR, 1994, p.29)

Para Latour (1994), Hobbes e Boyle criaram duas representações distintas. A representação científica de Boyle, referente aos objetos, com um discurso político no qual a política deveria ser excluída. E a representação política de Hobbes, dos humanos, na qual encontramos uma política científica que exclui a ciência experimental. Latour atribuiu a criação do mundo moderno a eles, “um mundo no qual a representação das coisas através do laboratório encontra-se para sempre dissociada da representação dos cidadãos através do contrato social” (LATOUR, 1994, p.33).

A Constituição Moderna criou a separação entre sujeitos e coisas, entre o poder científico e o poder político. Boyle e Hobbes elaboraram sobre política, religião, ciência, direito, moral e técnica. Apesar de suas ações situarem nesses campos diversificados, concomitantemente, seus produtos são separados, um se limitou à ciência das coisas o outro à política dos homens. Latour (1994) definiu este sendo o paradoxo moderno: ao considerar os híbridos, estaremos diante do misto natureza e cultura; ao considerar o processo de purificação, estaremos diante da segregação natureza e sociedade.

As garantias capitais da Constituição Moderna seriam, então, estabelecidas da seguinte forma: a natureza sempre esteve presente, não é construída, os homens têm o papel de descobrirem seus segredos; a sociedade é construção nossa, sendo imanente à nossa ação. Essas concepções geram um paradoxo, pois se a natureza não é uma construção humana ela permanece estrangeira, sempre inalcançável. E se a sociedade é construída pelos homens, a transcendência do “Leviatã, criatura artificial da qual somos ao mesmo tempo a forma e a matéria, não seria capaz de se sustentar” (LATOUR, 1994, p.36).

As garantias como descritas acima foram olhadas separadamente na modernidade, mas quando Latour (1994) as olhou em conjunto, procurando desfazer o paradoxo, observou que elas se inverteram. Criamos a natureza no laboratório (mediação ou tradução), logo ela é imanente, e ela existe independentemente de nossas ações, ela é transcendente. A sociedade nos transcende pela figura do Leviatã, mas também é imanente, enquanto construção humana. Mas, apontou Latour (IDEM), essas

garantias se tornaram contraditórias, no sentido que ambas são, ao mesmo tempo, transcendentes e imanentes.

> Boyle e seus inumeráveis sucessores jamais cessarão de construir artificialmente a natureza e, ao mesmo tempo, dizer que a descobrem; Hobbes e os cidadãos recentemente definidos não deixarão de construir o Leviatã pelo cálculo e pela força social, mas a cada vez irão recrutar mais objetos para sustentá-lo de forma durável (LATOUR, 1994, p.37).

A solução de Latour (1994) foi a de localizar uma terceira garantia, de tal forma que a Constituição Moderna se daria pelas três garantias seguintes: ainda que sejamos nós que construímos a natureza, ela funciona como se nós não a construíssemos; ainda que não sejamos nós que construímos a sociedade, ela funciona como se nós a construíssemos; a natureza e a sociedade devem permanecer absolutamente distintas; o trabalho de purificação deve permanecer absolutamente distinto do trabalho de mediação. Há ainda uma última garantia que suprimiu Deus da modernidade, tanto na construção social quanto na natureza. Os cientistas descartaram o parecer divino, enquanto a sociedade estabelecia um soberano, um deus mortal. Deus, assim como a sociedade e a natureza, tornou-se tanto transcendente quanto imanente. Foi afastado, de forma a não atrapalhar a ação da natureza nem da sociedade, mas poderia ser convocado em caso de conflitos entre as leis naturais e dos homens.

A modernidade, constituída pelos três pares transcendentes e imanentes (natureza, sociedade e Deus), conseguiu combater o obscurantismo dos pré-modernos; mobilizar a natureza em meio as relações sociais, ao passo que a mantém distante dos homens; e conferir liberdade aos homens para construir a sociedade, ao mesmo tempo em que formulam suas leis absolutas.

Neste ponto da obra, Latour (1994) se posicionou frente ao modernismo, resgatando a máxima “jamais fomos modernos”. Os argumentos do autor pautam na ideia de que não é possível realizar o trabalho de purificação abandonando os *híbridos*, sendo essa uma premissa da Constituição Moderna, quando propôs a separação natureza/sociedade. Defende que a Constituição Moderna não permite a própria compreensão, pois ao revelar suas práticas, analisando tanto os trabalhos de mediação quanto o de purificação, não pode definir a fronteira entre objetos e homens. Contudo, Latour (IDEM) também não se posicionou entre os pós-modernos nem entre os antimodernos.

“O pós modernismo é um sintoma, não uma solução” (LATOUR, 1994, p.50). O autor acusou o pós-modernismo de ainda estar preso à Constituição Moderna, mas sem acreditar nas suas garantias. O único caminho para se avaliar, em sua completude, o

trabalho de purificação, defendeu Latour (1994), seria analisar as redes. Mas o pós-modernismo não vê sentido no trabalho empírico. Se jamais fomos modernos, em função da inseparabilidade natureza/sociedade, também nunca fomos pós-modernos.

Todavia, ao se colocar como não moderno Latour (IDEM) não defendeu uma postura reacionária. “Os antimodernos combatem selvagemente os efeitos da Constituição mas aceitam-na por inteiro” (LATOUR, 1994, p.51). Eles aceitam a universalidade, a racionalidade, a sociedade, Deus, como se possuíssem existência real, tal qual o fizeram os modernos. Além de apoiarem a ideia de um tempo que transcorre irreversivelmente, apagando o passado. A questão central de discordância do autor diante aos antimodernos é a ideia de revolução, no sentido de uma ruptura que rompe com o passado. Quando olhamos para as redes, localizamos os “prolongamentos das práticas, acelerações na circulação do conhecimento, uma extensão da sociedade, um crescimento do número de actantes, numerosos arranjos de antigas crenças” (LATOUR, 1994, p.52), não uma ruptura radical, um apagamento total do antigo.

O autor ainda indicou que a crise da Constituição Moderna se deu pelo próprio sucesso do modernismo. Era possível classificar uma bomba de vácuo em duas representações, das leis naturais e das políticas, mas quando surgiram os embriões congelados, os alimentos transgênicos, as máquinas digitais, os robôs, o buraco na camada de ozônio, etc., não foi razoável situá-los em um polo ou outro. O sistema de purificação ficou repleto de híbridos, de quase-objetos, que não ocupavam nem a posição de objetos que a Constituição previa, nem de sujeitos.

O cenário que se estabeleceu pode ser compreendido com o auxílio da Figura 2.4:

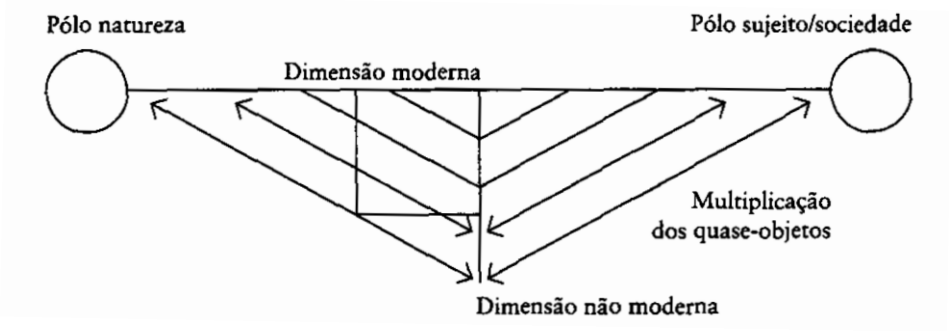


Figura 2.4 – Na nova Constituição (dimensão não moderna) os trabalhos de mediação devem ser considerados (LATOUR, 1994, p.55)

Os modernos acompanhavam os *quase-objetos* em somente uma dimensão, encaminhando para um dos polos representados na figura (natureza ou sujeito/sociedade). Com a proliferação dos *híbridos,* os *quase-objetos* passaram a ser analisados inseridos em uma rede e seus agentes, os atores humanos e não-humanos, a serem considerados a partir de sua historicidade (suas características eram relativas ao tempo e ao espaço em que se situavam). Os não-modernos precisavam, então, se deslocar pelas duas dimensões para alcançarem a totalidade daqueles híbridos.

Ao atribuir historicidade a todos os atores, “a fim de acolher a proliferação dos quase-objetos” (LATOUR, 1994, p.84), os polos natureza e sociedade deixam de existir, tornam-se referências que os modernos usavam para distinguir os intermediários. Latour (1994) indicou que aqueles que iriam em direção à esquerda eram os chamados realistas (criam na realidade da natureza), os que se dirigiam para outra direção, os construtivistas (defendiam que a sociedade construía os fatos).

O embate sobre a bomba de ar foi explorado ampliando o conceito da Figura 2.4 e projetado na Figura 2.5. Se concentrássemos somente na linha horizontal (longitude) discutiríamos os pontos de vista dos realistas e construtivistas, mas não conseguiríamos englobar todos os mediadores. A latitude indicar-nos-ia o gradiente de estabilidade da entidade, do acontecimento à essência. A Figura 2.5 contempla, também, as diversas abordagem sobre o vácuo: a bomba de ar no século XVII (acontecimento); a bomba de ar no século XVIII (estabilizada); ou no século XX.

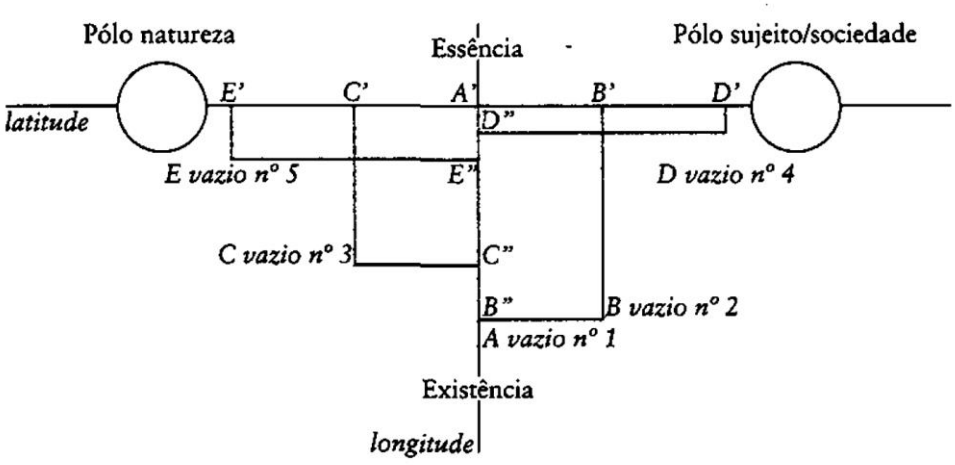


Figura 2.5 – Abordagens sobre o vácuo na nova Constituição (LATOUR, 1994, p.85)

> A ontologia dos mediadores, portanto, possui uma geometria variável. O que Sartre dizia dos humanos, que sua existência precede sua essência, é valido para todos os actantes, a elasticidade do ar, a sociedade, a matéria e a consciência. Não temos que escolher entre o

> vácuo n° 5, realidade da natureza exterior cuja essência não depende de nenhum humano, e o vácuo n° 4, representação que os pensadores ocidentais levaram séculos para definir. Ou antes, só poderemos escolher entre os dois quando houverem (sic) ambos sido estabilizados. Não podemos afirmar se o vácuo n° 1, muito instável no laboratório de Boyle, é natural ou social, mas apenas que ocorre artificialmente no laboratório. O vácuo nº 2 pode ser um artefato fabricado pela mão do homem, a menos que se transmute em vácuo n° 3, que começa a tornar-se uma reação que escapa aos homens. O que é o vácuo, então? Nenhuma destas posições. A essência do vácuo é a trajetória que liga todas elas. Em outras palavras, a elasticidade do ar possui uma história. Cada um dos actantes possui uma assinatura única no espaço desdobrado por esta trajetória. Para traçá-los não precisamos construir nenhuma hipótese sobre a essência da natureza ou a da sociedade. Basta superpor todas estas assinaturas para obter a forma que os modernos chamam erroneamente, para resumir e purificar, de "natureza" e "sociedade". (LATOUR, 1994, p.85 – 86)

Quando projetamos todas as trajetórias sobre a linha horizontal (A', B', C', D', E') os pontos centrais perdem o significado, visto que o trabalho de mediação, que acompanha a linha vertical, foi ignorado. A Constituição da modernidade opera sobre essa linha, separando humanos e não-humanos. As tentativas e erros (mediações) são descartados, resta-lhe o resultado da purificação, no qual predomina a verdade, garantindo poder e dominação.

Em *Jamais fomos modernos* Latour (1994) propôs uma superação da distinção ontológica entre humanos e não-humanos. Ele ampliou o debate em torno de sua antropologia simétrica, destacando a relação entre os *híbridos*, entre natureza e sociedade. De acordo com o autor, os antropólogos seriam aqueles capazes de unir em seus trabalhos elementos diversos, compondo uma malha inteiriça, a partir de um olhar simétrico, que abarcaria sociedade, cultura, natureza e objetos.

A antropologia simétrica apresentada na obra foi além de apresentar o diálogo entre distintas áreas do conhecimento. Latour (1994) mostrou como sua teoria permite encontrar os diálogos entre diversos mundos (ameríndios, chineses, zandés, os ocidentais detentores da ciência moderna, etc.). A repartição característica do modernismo (a Grande Divisão interna entre natureza e sociedade) explicaria a relação dos ocidentais com os demais povos (a Grande Divisão externa). Quando separaram a natureza e a sociedade, os ocidentais viram-se livres do social e da linguagem, garantindo o acesso ao conhecimento científico, acreditaram serem os detentores da verdade. A divisão interior dos não-humanos definiu uma segunda divisão, externa, através da qual os modernos se separaram dos pré-modernos. Essa separação entre 'nós', ocidentais modernos, detentores do instrumental para apreender a realidade e manipulá-la por meio da técnica, e 'eles', todas as demais culturas, que "não podem separar de fato aquilo que é conhecimento do que é sociedade, o que e signo do que é

coisa, o que vem da natureza como ela realmente é daquilo que suas culturas requerem" (LATOUR, 1994, p.99), era tomado como justificativa para as ações criminosas e imperialistas.

Neste sentido, Latour (IDEM) afirmou não haver um conhecimento que se tornaria hegemônico *a priori*, ou seja, que a produção dos fatos em determinada cultura prevaleceria sobre outra em virtude de uma filosofia da ciência, ou um conjunto de práticas científicas, que sobreponha as demais. Não há cultura que possua acesso privilegiado à natureza, separando-a das outras. Por outro lado, Latour (1994) também argumentou a incoerência em se considerar diversas culturas isoladas, incomensuráveis, produzindo os próprios conhecimentos, isolando a natureza. Desconsiderou, ainda, a possibilidade de aquelas culturas, as que permanecem isoladas, observarem a natureza (entidade real) de forma ímpar, produzindo conhecimentos díspares e igualmente válidos. Existem redes, de tal forma que todos os coletivos constituem naturezas e culturas. A soberania dar-se-ia pela mobilização dos actantes, dos híbridos, constituindo as redes que podem vir a estabilizar o conhecimento.

O próprio conceito de cultura foi revisto quando se considerou os diálogos entre diferentes mundos. O autor defendeu que a noção de cultura é um artefato criado pela modernidade ao impor o afastamento da natureza. Os "outros" (em especial, os não europeus) constituíam outras culturas pois fundamentavam o conhecimento de forma diferente, considerando sujeitos e coisas associados. Porém, quando consideramos natureza e sociedade em conjunto, também no mundo moderno, eliminamos a concepção de culturas diferentes e universais, nem a natureza é universal. A partir do momento em que os processos de mediação e purificação são ponderados, observamos que os modernos, de fato, não separaram os humanos dos não-humanos e os "outros" não sobrepuseram totalmente os signos e as coisas. A conclusão de Latour (1994) é de que culturas são, na verdade, naturezas-culturas. Todas as naturezas-culturas constroem, ao mesmo tempo, os seres-humanos, a divindades e os não-humanos. Nenhuma delas vive em um mundo de coisas ou em um mundo de signos impostos a uma natureza exterior, alcançada por somente uma cultura.

Dessa forma, concluímos que o conhecimento não é validado pelo enunciado mais ou mesmo assertivo, tampouco pelo julgamento da própria natureza. A validação se faz a favor daquele que conseguiu mobilizar mais e melhores híbridos. Este ponto de vista permite-nos compreender a importância dos financiamentos, das publicações e do deslocamento dos cientistas.

2.4 A Esperança de Pandora

Nesta obra de 1999, impressa em 2001 no Brasil em português, Bruno Latour abordou de maneira mais efetiva o papel dos não-humanos nas atividades científicas. Em comparação com os demais trabalhos do autor discutidos nesta Tese, este é aquele em que ele apresentou o maior número de exemplos e metáforas. Dentre os vários casos abordados, destacamos duas pesquisas realizadas pelo próprio autor, uma em campo, acompanhando o trabalho de pesquisadores na Amazônia; outra histórica, na qual ele revisita os trabalhos de Pasteur.

A tese defendida em *A Esperança de Pandora* (LATOUR, 2001) assemelha-se àquela defendida em *Jamais Fomos Modernos* (LATOUR, 1994), a de que o acordo modernista falhou. Latour (2001) alegou que o projeto dos modernos visava observar o mundo de um ponto de vista exterior, "imaginaremos um cérebro extirpado totalmente desprendido do mundo e capaz de acessá-lo apenas mediante um conduto estreito e artificial" (LATOUR, 2001, p.26). Dessa forma, afirmou o autor, poderiam segregar natureza ("fora"), mente ("dentro"), sociedade ("abaixo") e Deus ("acima"). O acordo seria a resposta para os problemas que não poderiam ser resolvidos naqueles campos separados, ou seja, compreenderia a ontologia (relação sociedade e natureza), psicologia (relação sociedade e mente), a teologia (relação Deus e mente), a epistemologia, a moralidade e a política. A este acordo, a esta divisão, que se dirigiu a crítica do autor. Para ele, essas áreas não são isoladas, mas pertencem ao mesmo arranjo e, principalmente, podem ser substituídos por inúmeros outros esquemas.

A apresentação do acordo modernista deu-se em função da argumentação do autor sobre o realismo. Latour (2001) inicia o livro narrando um diálogo que teve com um participante de um seminário no Brasil, o qual lhe perguntou sobre sua crença na realidade. A pergunta formulada, "você acredita na realidade?" (LATOUR, 2001, p. 13), poderia significar "você aceitará essa instituição da epistemologia, moralidade, política e psicologia?" (IDEM, IBDEM, p.26), cuja resposta natural seria uma sucinta negação. Para o autor, "a realidade é um objeto de crença apenas para aqueles que iniciaram essa impossível cascata de arranjos, sempre deparando com uma solução pior e mais radical" (IDEM, IBDEM, p.27), referindo-se ao acordo modernista. Contudo, Latour respondeu que acredita sim na realidade.

> Quando dizemos que não existe um mundo exterior, não negamos sua existência; ao contrário, recusamo-nos a conceder-lhe a existência a-histórica, isolada, inumana, fria e objetiva que lhe foi atribuída apenas para combater a multidão (LATOUR, 2001, p.28).

Para defender seus argumentos sobre a realidade, Latour (2001) apresentou seu primeiro estudo de caso, uma pesquisa na área de pedologia na qual o próprio autor acompanhou um grupo de cientistas na Floresta Amazônica. Ele utilizou este exemplo para apresentar seu conceito de *referência circulante*. O livro nos permitiu acompanhar todo o processo de seleção e coleta de amostras de solo e de plantas, realização de medidas, utilização de aparelhos (e as particularidades na obtenção, produção e confiança destes equipamentos), transporte das informações e dos pesquisadores, obtenção de financiamentos, classificação das amostras no laboratório entre outros elementos que compuseram toda a pesquisa. Segundo Latour (IDEM), se tivesse passado do campo direto para a coleção de amostras organizada no laboratório, certamente perderia algum intermediário decisivo. “O conhecimento deriva desses *movimentos*, não da mera contemplação da floresta” (LATOUR, 2001, p.55), mesmo que ele entenda que, no laboratório, a floresta se faz presente pelas amostras.

Neste sentido, o autor reafirma que “não se trafega diretamente dos objetos para as palavras, do referente para o signo, mas sempre ao longo de um arriscado caminho intermediário” (LATOUR, 2001, p.56). O hiato entre o mundo (matéria) e a linguagem (forma) seria preenchido pelas *referências circulantes*, formando uma cadeia de elementos. Essa cadeia deve ser reversível, ou seja, podemos avançar frente a uma referência ou recuar e, para isso, todas as etapas devem ser rastreáveis garantindo a circulação nos dois sentidos.

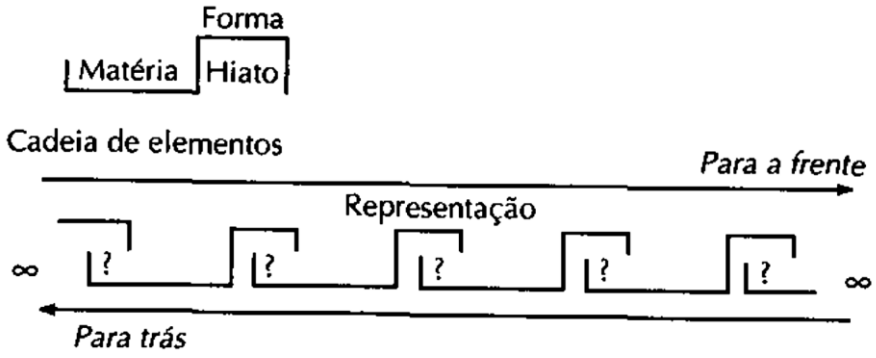


Figura 2.6 - A concepção de referencia prevê urna série de transformações com um pequeno hiato entre forma e matéria; a referência, segundo essa visão, qualifica o movimento para a frente e para trás, bem como a natureza da transformação; o ponto principal é que a referência, nesse modelo, vai do centro para as extremidades (LATOUR, 2001, p.87).

A cadeia ilustrada acima (Figura 2.6) não possui limites, podendo ser alongada em ambos os lados, embora, em determinado momento, pode-se encerrar a sequência configurando uma *caixa-preta*, ou várias. A premissa da *referência circulante* é de que

na transição entre a matéria e a forma somos capazes de localizar perdas e ganhos. Usando termos de outra obra do autor (LATOUR, 1998), a inserção e retirada de *modalidades* caracterizariam o processo cíclico das referências.

A obra também endossa os conceitos de ampliação e redução apresentados em outro texto do autor (LATOUR, 2000). Estes conceitos foram usados para entendermos a cadeia de transformações ocorridas nos movimentos de ir e vir entre a matéria e a forma. No caso estudado (fronteira floresta Amazônica/savana), após uma série de etapas, perdeu-se a localidade, a particularidade, a materialidade, a multiplicidade e a continuidade, restando, ao final, apenas algumas poucas folhas de papel. Este processo foi o que Latour chamou de *redução*. No mesmo caminho, pode-se "obter muito mais compatibilidade, padronização, texto, cálculo, circulação e universalidade relativa" (LATOUR, 2001, p.88). Em outros termos, toda a região da floresta estudada em loco pode ser vista no laboratório, acrescida da explicação das práticas exercidas e análise de dados. Processo, este, que Latour denominou de *ampliação*. Seguindo um comportamento comum do autor nesta obra, ele nos apresenta mais um esquema que ilustra ambos os processos.

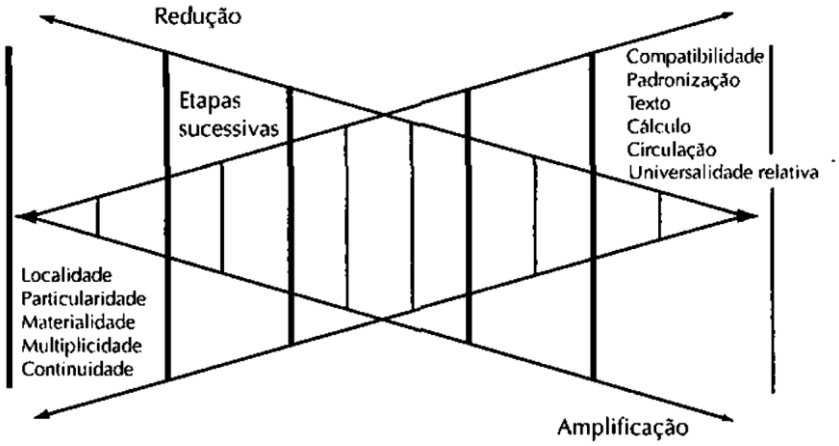


Figura 2.7 - A transformação, a cada passo da referência, é descrita como uma permuta entre o que é ganho (amplificação) e o que é perdido (redução) a cada passo de produção de informação (LATOUR, 2001, p.88)

Latour (2001) insiste em sua crítica ao modelo tradicional de se observar a produção científica. O modelo canônico de palavras e mundo separados pode ser obtido retirando todas as mediações entre eles. Por essa razão que o autor defendeu que para o processo que escolheu tenha sucesso, é preciso identificar as mediações, localizar todas as práticas aplicadas, ordená-las e, se necessário, substituí-las. A consequência dessas ações é a de que a realidade do objeto estudado sempre será condicionada pelos caminhos adotados na atividade científica, ou seja, a realidade terá historicidade.

As mediações foram analisadas comparando-as com um sistema circulatório, um fluxo sanguíneo das ciências. Neste escopo, Latour (2001) definiu cinco circuitos que deveremos acompanhar a fim de compreendermos as mediações, os quais seriam mobilização do mundo; autonomização, alianças; representação pública; e vínculos ou nós.

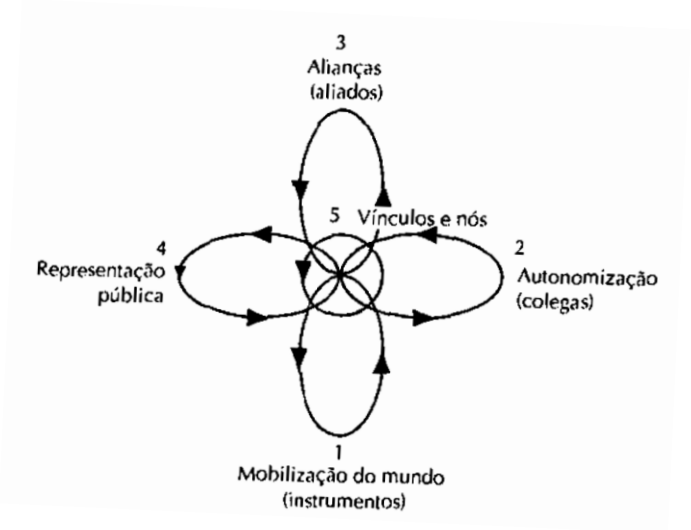


Figura 2.8 – Sistema circulatório das ciências (LATOUR, 2001, p.118).

O primeiro circuito refere-se a inclusão dos não-humanos. A mobilização do mundo implica em transportar objetos para o local das *controvérsias* e torná-los suscetíveis de argumentação (*móveis-imutáveis*). A aquisição de equipamentos de laboratório ou as expedições científicas, quando se observa o deslocamento do próprio sítio estudado para os centros de pesquisa, são exemplos deste circuito. “Por meio dessa mobilização, o mundo se converte em argumentos.” (LATOUR, 2001, p. 120).

Enquanto o primeiro circuito garante a aquisição de dados, o segundo diz respeito à conquista de colegas capazes de criticar e utilizar aqueles dados. A autonomização sugere independência de grupos com interesses em comum, compondo uma disciplina, uma área ou um grupo de cientistas. Este processo foi responsável pela fundação de instituições como as Academias científicas ou mesmo a institucionalização de disciplinas (como a Física) e suas subáreas (LATOUR, 2001).

As alianças permitem a aquisição e o aperfeiçoamento de instrumentos, tornam possíveis as expedições científicas, garantem a autonomia de disciplinas. Este circuito envolve convencer financiadores, despertar interesses do setor industrial ou comercial, conquistar licenças ou qualquer outro envolvimento do pesquisador com campos diversos, que possibilitarão a execução da atividade científica. A análise destes movimentos explicita todos os elementos sociais presentes na produção de determinado

conceito, não como coadjuvantes, mas como actantes do processo. “[..] não se trata de historiadores procurando uma explicação contextual para uma disciplina científica, mas de cientistas inserindo a disciplina num contexto suficientemente amplo e seguro para garantir-lhe a existência e a continuidade” (LATOUR, 2001, p.123).

O quarto circuito analisa a repercussão pública dos produtos científicos. Além de tornar os objetos móveis, convencer colegas e assediar ministros ou conselhos diretores, os cientistas precisam “cuidar de suas relações com outro ‘mundo exterior’ formado por civis: repórteres, pânditas e pessoas comuns” (LATOUR, 2001, p.124). Não basta conseguir os fundos necessários à pesquisa e ter apoio da comunidade científica se a opinião pública rejeitar o trabalho do cientista. Financiamentos podem ser cortados, licenças revogadas, o setor industrial pode não produzir o produto científico, todos os circuitos iniciais podem se perder caso “o mundo exterior” se manifeste contrário. Dessa forma, Latour (2001) afirmou que este circuito pode vir a ser mais importante que os anteriores.

O último circuito, vínculos e nós, não se refere à conclusão do trabalho científico. Também não está, necessariamente, representando a última etapa a ser cumprida, os circuitos não estabelecem uma sequência, podendo ocorrer concomitantemente. Porém, neste circuito que notamos a amarra de todos os recursos do fazer científico. O quinto circuito seria o coração do sistema circulatório, no qual todas as veias e artérias do processo se conectam. Se nos mantivermos na metáfora anterior, assim como o sistema circulatório não isola o coração de um lado e os vasos sanguíneos de outro, não devemos separar nos estudos científicos o conteúdo do chamado contexto social. “O conteúdo de urna ciência não é algo que esteja contido: é, ele próprio, o continente” (LATOUR, 2001, p.127). Nessa etapa que localizamos os nós da extensa rede que configura o conceito científico, é quando conseguimos enxergar como cada circuito anterior se conecta com o todo.

A análise dos circuitos anteriores serviu a Latour (2001) para argumentar a favor da composição coletiva da prática científica. Quando consideramos todas as mediações torna-se inconsistente segregar a atividade científica de qualquer elemento dito social. Além do mais, os diversos actantes, humanos e não-humanos, se fazem presente, tornando inconsistente a segregação da atividade científica de qualquer elemento dito social.

Em seguida, Latour (IDEM) nos apresentou um extenso estudo sobre os trabalhos de Pasteur para destacar os papéis dos não-humanos no sistema circulatório das ciências. O autor revistou as práticas de Pasteur (LATOUR, 1988) executando uma

pesquisa etnográfica sobre um episódio histórico. Em 1858, Pasteur relatou na Academia de Ciências francesa a conceituação de um fermento próprio do ácido láctico. A fermentação do ácido láctico é uma *caixa-preta* atualmente, diversas variantes e quantidades de fermentos estão à disposição em catálogos de fornecedores para a indústria de laticínios. O que Latour (2001) propôs foi um retorno à época em que este objeto ainda se situava em meio a uma controvérsia, inflamada por Pasteur. No século XIX, quando imperava a química de Justus von Liebig (1803 – 1873), considerar microrganismos específicos nos processos de fermentação seria retroceder ao período "de obscuras explicações vitalistas" (LATOUR, 2001, p. 136). A fermentação era compreendida como um fenômeno puramente químico, qualquer traço de seres organizados no processo era tratado como acidentes que poderiam perturbar o fenômeno.

O artigo de Pasteur, analisado por Latour (2001), inicia apresenteando a fermentação do ácido láctico como um fenômeno químico sem qualquer causa isolável. Contudo, no decorrer do artigo, o fermento se tornava uma entidade autossuficiente, o único responsável pela fermentação. Latour (IDEM) examinou algumas passagens do texto original de Pasteur, destacando que a relação entre o objeto e o cientista provocou mudanças tanto no fermento (passou de subproduto para o principal agente da fermentação) como no próprio autor do artigo (Pasteur o inicia como um defensor das teorias de Liebig e Jöns Jacob Barzelius (1779 – 1848)[67], tornou-se um crítico e, ao final, figurou como vencedor da controvérsia).

A principal personagem não-humana deste episódio foi examinada por Latour (IDEM), objetivando descobrir as etapas ontológicas que a entidade passou até tornar-se uma *caixa-preta*. Novas exposições de fragmentos da obra original de Pasteur, sobre o fermento do ácido láctico, estão presentes no livro de Latour, para relatar como os experimentos foram realizados e como o organismo foi localizado. Merece destaque a leitura que Latour (IDEM) fez sobre a postura de Pasteur frente à sua pesquisa:

> Na filosofia da ciência de Pasteur, os fenômenos precedem aquilo de que são fenômenos. Algo mais é necessário para garantir a x uma essência, para fazer dele um ator: a série de testes de laboratório graças aos quais x provará sua têmpera. No parágrafo seguinte, Pasteur transforma-o naquilo que em outro lugar chamei de "um nome de ação", ignoramos o que ele seja, mas sabemos o que ele faz durante os testes de laboratório. Uma série de desempenhos precede a definição de competência que, mais tarde, constituirá a única causa desses mesmos desempenhos. (LATOUR, 2001, p.139)[68].

[67] Para Barzelius, o ato químico da fermentação ocorre nas ações de contato.
[68] A expressão "nome de ação" é usada para descrever a situação - como os experimentos - em que um ator "surge de seus testes". O ator ainda não tem uma essência. É definido apenas como urna lista de efeitos - ou desempenhos - num laboratório.

Pasteur, assim, não levantou o véu que encobria o fermento da fermentação láctea, ele agiu. O episódio marcou a elaboração de um ator previamente inexistente, cuja construção se deu através de testes para que este ator mostrasse sua atuação. A circulação de referências não nos transferiu de um sítio a outro, de um indício a outro, mas sim de um status ontológico a outro. O actante não-humano foi o responsável pelo transporte da informação, transitando de discretas características dubiamente existentes para um ser organizado, com lugar próprio na taxionomia. Ademais, Latour (2001) pretendia demostrar que a construção de algum conceito não é a recombinação de elementos preexistentes. O fermento de Pasteur, assim como qualquer outro objeto, atuou em conjunto com os demais agentes na sua construção.

O episódio narrado destaca a historicidade das coisas e fornece elementos para a discussão sobre a noção de realidade. Para Latour (2001), a existência do fermento se deu a partir das ações de Pasteur. De fato, assim como o cientista francês considerou, não faz sentido ponderar sobre o fermento antes de 1858. A questão, então, não é a se o fermento existia antes de sua atuação no laboratório de Pasteur em Lille, mas como ele passa a ser considerado um actante a partir de então.

Latour (IDEM) prosseguiu com sua narrativa sobre a construção dos conhecimentos enaltecendo a ação coletiva dos humanos e não-humanos. Explorou como os processos de mediação técnica podem gerar relações híbridas entre humanos e não-humanos. A fim de melhor discutir este entrelaçamento, o autor se apropriou de uma série de exemplos.

Um destes exemplos dizia a respeito do embate sobre o porte de armas. De um lado, posicionou os que defendem a livre comercialização de armas de fogo e que alegam “armas não matam pessoas, pessoas matam pessoas” (LATOUR, 2001, p. 203). Na outra extremidade, alocou aqueles que são a favor do desarmamento dos civis, que afirmam que “armas matam pessoas” (LATOUR, 2001, p. 203). A questão que Latour nos apresentou foi a de sobre quem recai a responsabilidade de matar, da arma ou de quem a porta? A mediação entre os atores, arma e atirador, a qual Latour chamou de *interferência*, permite-nos responder à pergunta. Não são pessoas nem armas que matam. O novo objetivo (matar) é resultado do encontro dos interesses de dois actantes (a pessoa que deseja possuir uma arma e a própria arma que objetiva disparar um projétil).

Um segundo caso que demonstra como as mediações geram relações híbridas foi discutido a partir da criação do quebra-molas (LATOUR, 2001). Um engenheiro que o projeta tem por objetivo reduzir a velocidade dos automóveis na via em que foi

construído. O objetivo é transladado ao motorista que também deseja diminuir a velocidade do automóvel. Mas as razões do condutor podem ser divergentes das do engenheiro. O último almejava aumentar a segurança dos pedestres naquela via, o condutor, por sua vez, pode compartilhar da preocupação do engenheiro ou, então, espera não danificar seu veículo. Um terceiro ator humano poderia apresentar motivação diferente, mas ainda assim compartilharia do objetivo do engenheiro. Um policial poderia interpretar o quebra-molas como um elemento que auxilia no cumprimento de uma lei de trânsito, o limite de velocidade na via. De qualquer forma, o agente não-humano (quebra-molas) incorporou o humano (engenheiro), provocando inclusive seu apagamento. O concreto, na forma de um quebra-molas, tornou-se um objeto com significado após se associar ao engenheiro. Mas os signos a ele designados variam de acordo com os demais atores (ele reduz a velocidade dos veículos, ele quebra amortecedores ou ele garante o cumprimento da lei).

Latour (2001) não designou nenhum nome à articulação entre o engenheiro e o concreto. Indicou que poderia ter dito "objetificada", "reificada", "realizada", "materializada" ou "gravada" (LATOUR, 2001, p. 214), mas estes termos implicariam um agente humano impondo suas vontades sobre a matéria, ao passo que os não-humanos também agem, deslocam objetivos e contribuem para sua definição. Neste sentido ele sugeriu utilizar o neologismo *fatiche* (LATOUR, 2001; 2002).

O termo *fatiche* surgiu da junção de dois conceitos, os fatos e os fetiches. Na divisão canônica, os fatos remetem às entidades reais, ao conhecimento, enquanto os fetiches referem-se às crenças. Ambos serão entidades ilusórias quando o considerarmos fabricados. Neste panorama, quando os fatos são construídos experimentalmente, eles jamais escapam de seus cenários artificiais, a primazia, porém, é que sejam dados como não construídos, sugerindo alguma entidade não artificial. O fetichismo, por sua vez, configura uma acusação, implicando que os crentes impuseram um significado a um objeto, projetando suas próprias crenças e desejos. O fato, não fabricado, seria a “certeza absoluta que pode ser usada como um martelo para despedaçar todas as ilusões da crença.” (LATOUR, 2001, p. 312)

Latour (2001) argumentou que o problema da perspectiva modernista estava em considerar o experimento como “um jogo zerado”, no qual nada surge de novo no laboratório que já não tinha sido colocado nele anteriormente. Os mesmos elementos que constituem o cenário do experimento estarão lá antes e depois, o que impediria qualquer acepção de construção ou fabricação de fatos. O conhecimento estava lá, bastava ser desvelado. Mas um experimento não é um “jogo zerado”. Ele é um evento, e como tal, não há garantias que os elementos que lá estavam antes serão os mesmo

que sairão. Pelo contrário, garantiu Latour retomando a ideia de que nem Pasteur, nem o fermento, tampouco a Academia na qual o trabalho foi apresentado, são os mesmos após evento.

> E por isso também que a lista elaborada depois do experimento não precisa de nenhum acréscimo por mão da Natureza, sociedade ou seja lá o que for, já que todos os elementos foram parcialmente transformados: um Pasteur (parcialmente) novo, um fermento (parcialmente) novo e uma Academia (parcialmente) nova congratulam-se no fim. Os ingredientes da primeira lista não bastam - não porque um fator tenha sido esquecido ou porque a lista não foi feita com cuidado, mas porque os atores ganham em suas definições graças a esse evento, graças aos próprios testes do experimento. (LATOUR, 2001, p. 148).

Ao abandonar o modelo canônico e coadunar com a concepção de construção do conhecimento, Latour alterou a pergunta que motivara a acepção de fato ou de fetiche. No lugar de se perguntar: "É fabricado ou é real?" (LATOUR, 2001, p. 312) A pergunta seria: "O que é fabricar bem para tornar possível a autonomia?" (LATOUR, 2001, p. 313). A primeira tornava contraditório a fabricação e autonomia. A segunda, que claramente relaciona a fabricação como causa de autonomia e realidade, impõe a ideia de fatiche. Os *fatiches* consideram as ações e exclui a dicotomia entre fatos e fetiches. Ambos são fabricados e, quando bem fabricados, levando em conta o papel de todos os atores envolvidos no processo, permitem à realidade ser autônoma. O *fatiche*, então, seria o agrupamento dos fatos e fetiches que foram produzidos, ele elimina a noção de crença, restando-nos apenas os processos de fabricação.

> O factiche sugere um movimento inteiramente diverso: é por ser construído que ele é tão real, tão autônomo, tão independente de nossas próprias mãos. [...] Enquanto não entendermos que os termos "construção" e "realidade autónoma" são sinônimos, iremos considerar erroneamente o factiche como mais outra forma de construtivismo social em vez de vê-lo como a modificação de toda a teoria daquilo que ele pretende construir. (LATOUR, 2001, p. 315)[69].

Assim, o programa defendido por Latour (2001) em *A Esperança de Pandora* não é o de revelar a verdade oculta da vida social ou desvelar a natureza, distinguindo fatos de fetiches, mas sim seguir o *fatiche*, atentando para como as coisas são transformadas em entidades autônomas, com agência própria. Consiste em considerar o papel dos agentes não-humanos e a formação dos híbridos. Não cabe mais, a partir

[69] Na edição traduzida para o português o termo fatiche e factiche são usados para designar o mesmo conceito. Verificamos na primeira edição em inglês da obra (LATOUR, 2000) se havia variações na grafia, talvez subentendendo uma mudança da definição daquele termo, não esclarecida pelo autor. O termo em inglês é *factishes*, somente ele, de tal forma que concluímos que houve uma indecisão da tradução para o português, ocasionando o equívoco de se manter nas duas formas. Alguns autores ainda traduzem o termo para faitiche, como no caso de Alesandra Estevam ao traduzir um texto no qual Roger Sansi avalia alguns trabalhos de Latour (SANSI, 2018). Encontramos ainda a forma fe(i)tiche, como na tradução de Sandra Moreira de um livro de Latour (2002), no qual ele usa o termo em francês *faitiches.*

de então, conceber a segregação natureza e sociedade; ponderar a respeito da essência das coisas; ou desqualificar as crenças com fatos. Latour (2001) nos mostrou como estudos científicos e os cientistas não atendem mais as normativas do acordo modernista.

2.5 Reagregando o social. Uma introdução à Teoria do Ator-rede.

A última obra que analisamos de Latour foi publicada no Brasil em 2012. Originalmente este livro foi publicado em inglês no ano de 2005 e em francês no ano de 2006. A escrita deste trabalho difere um pouco das obras anteriores, pois Latour não se apropriou de exemplos da prática científica para defender seus argumentos. De fato, o que encontramos em *Reagregando o social*[70] é um compilado de algumas das teorias de Latour, apresentadas na forma da Teoria Ator-Rede. O livro é uma síntese do material produzido durante a trajetória do autor, organizado para ser utilizado em curso de teoria social em Gotemburgo, Suécia. O material não foi aplicado totalmente naquela ocasião, mas foi testado na London School of Economics (Department of Information Systems), nos anos de 1999, 2000 e 2001, em um conjunto de palestras ministradas por Latour, solicitadas por Steeve Woolgar.

Além de ser um “manual” da Teoria Ator-rede, o livro também é um campo de discussões em torno das teorias sociais. Encontramos na obra as críticas do autor em relação à sociologia das ciências que vigorou em grande parte do último século. Latour expõe sua crítica já nas primeiras palavras do livro:

> O argumento deste livro pode ser definido de maneira simples: quando os cientistas sociais acrescentam a adjetivo "social" a um fenômeno qualquer, aludem a um estado de coisas estável, a um conjunto de associações que, mais tarde, podem ser mobilizadas para explicar outro fenômeno (LATOUR, 2012, p. 17).

O autor ainda completa:

> O que tenciono fazer no presente livro é mostrar por que o social não pode ser construído como uma espécie de material ou domínio e assumir a tarefa de fornecer uma "explicação social" de algum outro estado de coisas. Embora semelhante projeto tenha sido produtivo e talvez necessário no passado, deixou inteiramente de sê-lo graças, em parte, ao êxito das ciências sociais. (LATOUR, 2012, p. 17-18)

Latour (2012) dividiu a sociologia em duas grandes abordagens. Uma que leva em conta a existência de um “contexto” social, no qual ocorrem as atividades não

[70] Cabe a ressalva que a palavra “reagregar” não consta nos principais dicionários da língua portuguesa, configurando um neologismo adotado na tradução da obra de Latour. No original, em inglês, a palavra reassembling teria tradução direta de reagrupar ou remontar. Usaremos nessa tese o termo utilizado pela tradução da obra de Latour e suas flexões.

sociais. Este palco, ou “esfera específica da realidade” (LATOUR, 2012, p. 20), define as causas de alguns aspectos de outros domínios, como os da economia, do direito ou da própria ciência. Geralmente, as especialidades que estudam aqueles domínios dentro da esfera social conseguem ter sucesso em suas atividades, quando se mostram objetivas, muito em virtude do uso de ferramentas quantitativas. Quando não obtêm êxito, recorrem à aspectos humanos, intencionais ou hermenêuticos. Nestes estudos, as questões políticas estão presentes, mas só ao final do processo, quando o volume de informações coletadas já é considerado grande o suficiente. A política figura como consequência, raramente como agente dos processos sociais (LATOUR, 2012).

A segunda abordagem afirma que não existe nenhuma dimensão social, nenhum “contexto”, nenhum agente ou força social para interpretar o que os outros domínios não conseguem. A sociedade não é um palco, no qual as outras áreas do conhecimento ocorrem, cuja influência é notada em determinados atos através de algumas “peças do cenário”. A sociedade é mais um dos muitos elementos que compõem uma extensa rede, é mais um “ator” em uma peça sem protagonistas.

As diferenças entre as duas abordagens foram debatidas a partir do significado do termo “social”. Na primeira visão, o social é uma “coisa entre outras” (LATOUR, 2012, p.23), capaz de explicar os aspectos residuais de outras áreas. O que não é autoexplicável dentro de um campo de estudos, a sociologia, como uma entidade externa, pode fornecer explicações que irão preencher os vazios daquela área. Na perspectiva alternativa que Latour (2012) nos apresentou, o social é um “*tipo de conexão* entre coisas que não são, em si mesmas, sociais” (LATOUR, 2012, p.23). Social tornou-se um movimento, capaz de reunir elementos heterogêneos em dada circunstância, deixando de representar um utensílio fixo que nos fornecia explicações pontuais.

Se seguirmos os preâmbulos dessa nova abordagem, não nos caberá explicar as ciências e suas práticas por uma “estrutura social” subjacente. A lógica interna das ciências é que poderia nos explicar alguns traços das razões de porque algumas associações perdurarem e se estenderem.

Para distinguir as duas abordagens, Latour (2012) designou o nome de “sociologia do social” para a primeira forma de se entender a sociologia e, para a visão alternativa, o nome de “sociologia das associações”. Contudo, Latour esclareceu que já se havia definido uma nomenclatura para esta nova teoria social, a “teoria do ator-rede”. Apesar de desaprovar o nome “teoria do ator-rede”, Latour usou o acrônico ANT (do inglês Actor-Network Theory), pois a comparação de um estudioso da sociologia das associações com uma formiga (*ant*, também do inglês) pareceu-lhe apropriada: “[...] um

viajante cego, míope, viciado em trabalho, farejador e gregário. Uma formiga (ant) escrevendo para outras formigas [...]" (LATOUR, 2012, p.28).

A ANT surgiu da necessidade de uma nova teoria ajustada aos estudos das ciências e tecnologia, cujos primeiros trabalhos são de Callon (1986)[71], Law (1986)[72] e do próprio Latour (1988)[73]. Contudo, antes dos três artigos seminais da ANT, alguns autores já pregavam uma visão distinta daquela relatada da sociologia do social. Latour citou os trabalhos de Gabriel Tarde (1843 – 1904), que criticavam Émile Durkheim (1858 – 1917) pela sua concepção de social. Durkheim sustentava que o social era um domínio especial da realidade, separado de qualquer outra entidade não-humana. Tarde, por sua vez, defendia que a ciência social não precisava romper com a filosofia, e com a metafísica, via o social como um princípio de conexões (entre áreas de estudo, objetos e pessoas). Assim, os elementos que Tarde concentrava sua atenção não eram pessoas, mas sim inovações:

> Por isso, toda produção social com certas características marcantes – produto industrial, verso, fórmula, doutrina política surgida em algum canto de um cérebro, sonhos como o de conquista do mundo de Alexandre - procura se multiplicar em milhares e milhões de cópias onde quer que existam seres humanos e só parará quando detida par uma produção rival tão ambiciosa quanto ela. (LATOUR, 2012, p. 36).

A premissa da ANT é "seguir os próprios atores" (LATOUR, 2012, p.30) e, para tal, Latour nos sugeriu três caminhos que devemos seguir quando pretendemos a utilizar a ANT: garantir que não-humanos serão atores e não representações; que o social não se mantenha estável, que não se ordene uma esfera social antes do trabalho de análise; e descobrir se o estudo irá reagregar o social, localizando instituições, procedimentos e conceitos capazes de reagrupar os elementos humanos. Na ANT, só observamos alguma ordenação depois de deixar os atores agirem nas controvérsias em que estão

[71] Callon (1986) descreve uma controvérsia científica e econômica a respeito das causas do declínio da população de vieiras (molusco marinho da família *Pectinidae*, abundante nos mares do hemisfério norte, consideradas uma iguaria culinária). A partir dos três princípios da sociologia da tradução (agnosticismo - imparcialidade entre atores envolvidos; simetria generalizada - explicar visões conflitantes nos mesmos termos; e livre associação - abandono de todas as distinções a priori entre o natural e o social), Callon promove uma descrição simétrica de um processo cujos atores (vieiras, pescadores e comunidade científica) possuem interesses conflitantes. A sociologia apresentada por Callon se aproxima da sociologia de Latour a partir dos três princípio e da metodologia de pesquisa, o olhar etnográfico.

[72] Este estudo histórico analisou a criação de uma rede de agentes (humanos e não-humanos) responsáveis pelo controle a longa distância de Portugal sobre as terras conquistadas e as embarcações distribuídas pelo globo terrestre, no período das grandes navegações. Law (1986) argumenta que não é possível compreender a expansão portuguesa sem que o tecnológico, o econômico, o político, o social e o natural estejam inter-relacionados. Com o mesmo grau de importância, o autor avaliou a participação de reis, comerciantes, também marinheiros, astrônomos, navegadores, soldados, astrolábios, tabelas astronômicas, embarcações, portos de escala, ventos e correntes que se situam entre Lisboa e Calicut. A defesa do artigo era a de que os portugueses deveriam gerenciar três classes de emissários (documentos, dispositivos e pessoas treinadas) para o sucesso da empreitada (LAW, 1986).

[73] Neste livro de 1988, Latour analisa a participação de Pasteur, da Academia de Ciências e da bactéria no experimento de culmina na "descoberta" dessas bactérias. O episódio já foi discutido nessa tese quando analisamos o livro *A esperança de Pandora* (LATOUR, 2001).

envolvidos. “A tarefa de definir e ordenar o social deve ser deixada aos próprios atores, não ao analista” (LATOUR, 2012, p.44).

Com o propósito de melhor definir quais os parâmetros a se seguir para realizarmos uma pesquisa sobre a perspectiva da ANT, Latour (2012) organizou o livro em duas partes, discutindo três pontos relevantes. A primeira parte, “como desdobrar controvérsias sobre o mundo social” (LATOUR, 2012, p. 39), ele discutiu como dispor muitas controvérsias sobre associações sem limitarmos um domínio social específico. A segunda parte, “como tornar as associações novamente rastreáveis” (LATOUR, 2012, p. 227), orientou-nos a tornar rastreáveis os instrumentos que permitiram os atores estabilizar as controvérsias e a localizar os procedimentos que nos permitem reagregar o social em um coletivo, não em uma sociedade.

Procuraremos discutir de forma sucinta cada uma das extensas partes da obra. A primeira procurou mostrar que não devemos limitar os tipos de seres existentes no mundo social. Com o propósito de localizar os não-humanos que atuaram nas controvérsias, e para desdobrá-las, Latour estende seus argumentos sobre cinco incertezas, que são consideradas as principais instituições da sociologia do social.

Primeira fonte de incerteza: sobre a natureza dos grupos e sobre as diversas formas de se atribuir identidade aos atores (LATOUR, 2012). Segundo a ANT, não podemos determinar previamente o grupo sobre o qual debruçaremos nossa análise. Devemos seguir os rastros deixados pelas atividades dos atores, alternando sempre os diversos pontos de vista, os quadros de referências, de tal forma que todas as vozes possam ser ouvidas. Os agregados sociais seriam, então, estabelecidos após as interações entre aqueles diversos atores. Essas interações dar-se-iam de duas formas, por intermediários ou mediadores. Os primeiros transportam significados sem alterá-los, podendo ser uma caixa-preta proveniente de outra controvérsia. Já os mediadores transformam os significados ou os elementos que supostamente veiculam.

Segunda fonte de incerteza: sobre a natureza das ações. Os agregados sociais não devem ser, necessariamente, feitos de laços humanos, toda uma variedade de ingredientes pode compô-los. “[...] o ator não é a fonte de um ato e sim um alvo móvel de um amplo conjunto de entidades que enxameiam em sua direção” (LATOUR, 2012, p.75). A palavra ator deve ser interpretada como algo coletivo, o ator nunca está atuando sozinho em um palco. Não devemos iniciar nossas análises pelo ator, mas sim pelas controvérsias e incertezas de quem ou o que está agindo. E isto só é possível pois a ação na rede nunca é invisível, por mais difícil que se ofereça, o analista da ANT deve sempre localizar as controvérsias. “Na ANT, não se pode dizer: ‘Ninguém mencionou tal

fato. Não tenho provas, mas sei que há um ator invisível trabalhando nos bastidores" (LATOUR, 2012, p.85). Ao apontar uma ação, devemos apresentar um relato sobre ela, precisaremos explicitar quais provas deixaram os traços observáveis.

Ainda neste tópico, o autor afirmou que se a ação é alguma coisa, mas sua figuração é outra (LATOUR, 2012), uma ação anônima pode ter tanto “figura” quanto uma dotada de nome. Dizer que ‘a educação pretende-se ser livre de ideologias’, ou que o ‘presidente deseja reconfigurar a educação de seu país por considerá-la demasiadamente ideológica’, ou que ‘o ministério da educação pretende retirar o viés ideológico do ensino em todo o país’, ou ainda, alegar que ‘os militares acreditam que a educação deve ser reestruturada, pois está carregada de visões ideológicas distorcidas’, refere-se à mesma ação, à mesma intenção equivocada, mas com figurações diferentes (um “traço estrutural”, uma pessoa, uma corporação ou uma organização). Neste sentido, para não se submeter às críticas sobre a “hipostatização”, a ANT usa o termo actantes ao referir-se aos diversos agentes, humanos ou não-humanos, que executam a ação. Nas citações anteriores temos, então, quatro maneiras de figurar o mesmo actante. Quando o actante é dotado de figuração podemos chamá-lo de ator.

Não nos cabe, então, escolher uma figura, pois isso não nos indicaria qual ação será invocada. Não é o tipo de figura que deve ser considerado, mas sim o leque de mediadores que se abre. Também não nos cabe questionar qual ação será escolhida, mas sim como cada ação se desenvolveu. Ao analisarmos as ações, encontraremos os diversos actantes e compreenderemos como cada um dos atores foram levados a agir. “Se decidirmos aceitar essa segunda fonte de incerteza, a sociologia se tornará a disciplina que acata o deslocamento inerente a induzir alguém a fazer alguma coisa” (LATOUR, 2012, p.92).

Terceira fonte de incerteza: sobre a natureza dos objetos, das entidades heterogêneas conectadas, no que era costumeiramente chamado de vínculo social. Neste ponto Latour apresentou sua defesa de que os objetos também agem. O autor ainda destacou a importância de se lembrar que a ANT não sustenta que os objetos realizam ações no lugar dos atores humanos, diz apenas que nenhuma ciência do social pode existir se a questão de quem ou o quê participa da ação não for logo de início totalmente levantada. Ele ainda critica aqueles que alegam que os objetos não compõem o “tecido formado pelos outros laços sociais” (LATOUR, 2012, p.111). A questão que se impõe é se os objetos fazem diferença no curso da ação de outros agentes. Não seríamos capazes de ferver um volume de água sem uma panela, ou de

pregar um prego sem um martelo. Mas a panela não ferve a água nem o martelo prega o prego, estes objetos são partícipes no curso da ação que se estabelece.

Para angariar mais elementos à discussão, Latour retomou sua crítica ao “social” da sociologia do social. Para ele, é nessa fonte de incerteza que a diferença entre as duas sociologias (do social e das associações) se alarga. Na concepção tradicional, “social” designa um domínio específico, diríamos que algo possui um “vínculo social”. Na ANT, “‘social” é um movimento, uma associação momentânea caracterizada pelo modo como se aglutina, assumindo novas configurações. Para ilustrar a diferença, Latour recorreu a uma metáfora na qual sugeriu imaginarmos uma gôndola de um supermercado:

> Em princípio, você poderia percorrer um supermercado imaginário e estacar diante de uma gondola cheia de ‘vínculos sociais’, com outras alas exibindo conexões ‘materiais’, ‘biológicas’, ‘psicológicas’ e ‘econômicas’. Para a ANT, como agora já sabemos, a definição do termo é outra: não designa um domínio da realidade ou um item especial; é antes o nome de um movimento, um deslocamento, uma transformação, uma translação, um registro. É uma associação entre entidades de modo algum reconhecíveis como sociais no sentido corriqueiro, exceto durante o curto instante em que se confundem. Retomando a metáfora do supermercado, chamaremos de ‘social’ não uma gôndola ou ala específica, mas as várias modificações feitas no lugar para exibir os produtos - embalá-los, etiquetá-los, colocar-lhes preço - porque essas pequenas alterações revelam ao observador quais combinações novas foram exploradas e que caminhos serão seguidos (aquilo que, mais tarde, definiremos como ‘rede’').' (LATOUR, 2012, p.99)

Mas para os objetos serem levados em conta, precisam ingressar nos relatos. Se os objetos não deixam rastros, não fornecem informações alguma ao observador e não produzem efeitos sobre outros agentes, deixam de ser atores. E, mesmo que não desapareça, há uma tendência de os objetos deixarem de ser mediadores para se tornarem intermediários. Latour nos indicou, entretanto, algumas situações que fariam os objetos voltarem a se pronunciar. A primeira solução é estudar inovações, pois nessas situações os objetos são mantidos por mais tempo como mediadores visíveis antes de se tornarem intermediários invisíveis. A segunda, quando objetos que em alguma situação foram rotineiros, tornam-se elementos estranhos, exóticos ou arcaicos, no curso normal da ação. Uma *caixa-preta* trivial em um contexto, pode ser um objeto de comportamento estranho em outro, provocando, mesmo que brevemente, uma discussão em torno dele antes de ser aceito. A terceira situação em que objetos voltam a ser atores ocorre em acidentes, rupturas e golpes, intermediários completamente silenciosos podem se tornar mediadores. A quarta situação mencionada pelo autor é utilizando arquivos, documentos, lembranças, coleções de museus, etc. “Até as mais humildes e antigas ferramentas de pedra da Garganta Olduvai, na Tanzânia,

transformaram-se, por obra dos paleontólogos, nos verdadeiros mediadores que provocaram a evolução do "homem moderno" (LATOUR, 2012, p.122).

Foi nessa terceira incerteza que Latour (2012) também pontuou a diferença de sociedade e coletivo. Declarou que sociedade será entendida como o conjunto de entidades já reunidas que, segundo os sociólogos do social, foram feitas de material social. Por sua vez, coletivo foi definido como o projeto de juntar novas entidades ainda não reunidas e que, por esse motivo, obviamente não são feitas de material social.

Quarta fonte de incerteza: sobre a natureza dos fatos (os embates entre as questões de fato e as questões de interesse). Neste tópico, Latour (2012) discutiu as controvérsias sobre os vínculos das ciências naturais e o restante da sociedade. O autor voltou ao defender que fatos são socialmente construídos, tal qual o fez em outras obras. Para ele, dizer que algo era construído significaria afirmar que sua origem não é desconhecida, ao contrário, implicaria em considerar “uma origem mais humilde, mas também mais visível e mais interessante” (LATOUR, 2012, p.131) dos fatos e dos objetos. Usar o termo construção remeteria à robustez dos argumentos, à qualidade e durabilidade dos produtos científicos. A discordância que a ANT enfrentou em virtude da concepção de construção de fatos deveu-se, sobretudo, ao entendimento pelos sociólogos do social de que construção remetia à ideia de que alguma coisa era artificial, falsa. Para a ANT, ser inventado e objetivo eram equivalentes.

A asserção da ANT de que os fatos são constructos sociais não pode ser confundida com aquilo que assegura o construtivismo social. A ANT entende que esta acepção confere uma explicação sobre a sólida realidade objetiva, mobilizando entidades cuja reunião poderia falhar. Nela, sociedade e natureza não são entidades distintas que se auto influenciam. No construtivismo social, por sua vez, o ‘social’ substituía aquilo de que a realidade era feita. As causas eram estritamente sociais, a natureza se mantinha separada e, por isso, tinha sua importância reduzida. Assim, quando a ANT optou por manter o termo ‘construção’, seus teóricos sabiam que teriam de lutar em duas frentes: contra os epistemologistas, que insistiam que fatos eram evidentemente construídos; contra os demais sociólogos, que sugeriam que se os fatos fossem construções, eles não se diferenciariam dos fetiches (crenças). O caminho a ser tomado, então, era o de levantar o maior número de entidades heterogêneas que entram na fabricação de estado de coisas, aumentando não somente o número de elementos não-humanos, mas também o papel desempenhado por eles.

A dicotomia natureza-sociedade, insistentemente contestada por Latour nas demais obras do autor (LATOUR, 2012), apontando que essa visão gerava conclusões

equivocadas como a de se afirmar que “nenhuma explicação social da ciência objetiva pode ser oferecida” (LATOUR, 2012, p.140), pois os fatos e teorias deveriam ser demasiadamente duros, reais, técnicos e distantes do interesse humano e social. Além disso, outras vertentes das teorias sociológicas anteriores a ANT pregavam que a sociologia devia ater-se a pontos superficiais, limitando-se aos estudos das carreiras, instituições, sistemas de recompensas, etc.

Para ANT, é possível uma sociologia para toda a ciência, que não se limitaria ao contexto superficial e social. Essa vertente veio suprir a necessidade de uma nova teoria social, alegando que aquela vigente não era capaz de decifrar a demasiadamente dura prática científica. Neste contexto, compreende-se que o social nunca explicou nada, mas ao contrário, ele é quem precisa ser explicado. Ao definir ‘social’ como associações, como uma entidade móvel, este movimento que deve ser objeto de estudo da sociologia. Se mantivermos as definições segregadoras de objetos e esferas sociais, por mais conexões novas que possamos elencar, algumas agências ainda receberão os rótulos de sociais ou naturais.

A definição de ‘social’ que encontraremos na ANT pode ser legitimada pela etimologia do termo *socius* – alguém que segue alguém. O social não é um ator, nem uma coisa ‘por trás’ dos atores, transportada por alguns deles, ele é conexão, algo que transporta aquilo que foi transformado, o que Latour classificou como *tradução*. *Tradução* é uma “relação que não transporta causalidade, mas induz dois mediadores à coexistência” (LATOUR, 2012, p.160). Assim, não existe social, sociedade, domínio social ou vínculos sociais, mas sim “traduções entre mediadores que podem gerar associações rastreáveis” (LATOUR, 2012, p.160).

O argumento central da quarta fonte de incerteza é que, além de redefinirmos o social como associações, temos que emancipar as questões de fato da sua redução à ‘natureza’. O interesse da ANT não está em apenas “libertar os atores humanos da prisão do social” (LATOUR, 2012, p.167), está também em oferecer aos objetos naturais uma oportunidade de se libertarem da “cela estreita dada as questões de fato pelo primeiro empirismo” (LATOUR, 2012, p.167-168). O empirismo deixa de ser o sólido alicerce sobre o qual tudo se edificava para se tornar uma mera interpretação.

Neste novo cenário, as questões de fato dão lugar às questões de interesse, “agências reais, objetivas, atípicas e, sobretudo, interessantes são tomadas não exatamente como objetos, mas antes como assembleia” (LATOUR, 2012, p.168). O mapeamento das controvérsias científicas sobre questões de interesse permite-nos rever a questão do empirismo e, consequentemente, a divisão entre natural e social. As

questões de interesse permeiam as atividades científicas, cotidianamente os cientistas estão tornando seus produtos mais atrativos, mais visíveis, mais dispendiosos, mais relevantes publicamente. Segui-las, portanto, não é uma tarefa que requeira grande engenho ou originalidade. “As questões de fato podem permanecer em silêncio, mas não nos faltam dados sobre as questões de interesse porque hoje os seus traços são encontrados em toda parte” (LATOUR, 2012, p.169).

Quinta fonte de incerteza: sobre escrever relatos de risco. A quinta fonte de incerteza debateu sobre o tipo de estudo rotulado de ciência social e sobre a dificuldade em classificá-lo como estudo empírico. Latour (2012) definiu relato tipicamente como um texto, um conjunto de papéis ou arquivo em um computador. Na ANT, o próprio texto se torna um mediador, ele busca objetividade[74], relevância em algum assunto de interesse. Contudo, alertou Latour, os textos correm o risco de tornarem-se somente artificiais, contaminados de artefatos. Um texto científico deve ser artificial (pois fabricado) e acurado. O relato textual é o laboratório do cientista social, exige perícia e habilidade na escrita para descrever com objetividade as conexões em seus experimentos (estudos).

Entretanto, o que definirá a repercussão de um texto será, sobretudo, se ele foi bem ou mal redigido. “Uma boa sociologia tem de ser bem escrita: senão o social não aparece em nada” (LATOUR, 2012, p.184). Um relato de ANT é uma narrativa, uma descrição ou uma proposição e, para ser considerado um bom relato, todos os atores devem ser tratados como mediadores, todos tem alguma função, não são meros espectadores. Somente assim é possível mostrar aos leitores daquele texto o movimento social.

Nesta última incerteza, Latour (2012) alerta que *rede* é um conceito, não uma coisa, é uma expressão usada para avaliar o quanto de energia e movimento um relato consegue incluir. É uma ferramenta que nos auxilia a descrever algo, não um objeto a ser estudado. *Rede* é aquilo que é traçado pelas traduções nas explicações dos pesquisadores.

Novamente recorrendo a metáforas, Latour (2012) comparou as *redes* às linhas traçadas por um pintor sobre uma tela em branco, que servirão de guia para uma representação de perspectiva na tela bidimensional. As linhas não estarão na pintura final, assim como a *rede* também não é aquilo que está representado nos relatos da ANT, mas é o que prepara o texto para ser substituída pelos atores como mediadores.

[74] A essa altura, acredita Latour, já compreendemos que fabricação e artificialidade não são opostas de verdade e objetividade.

Concebida a definição de *rede*, o autor (LATOUR, 2012) voltou a abordar a quinta incerteza e a produção de bons textos de ANT. Antes da produção do texto em si há, contudo, a organização dos dados de pesquisa. Em uma pesquisa sociológica, em que o objetivo inicial é esboçar uma rede que contemplará elementos humanos e não-humanos, a principal dificuldade em relação aos dados será definir quais deles devem ser registrados e quais serão descartados. Sobre essa questão, Latour ressaltou que, em um primeiro momento, essa distinção é infundada, portanto, "tudo são dados: do primeiro telefonema à possível entrevista, ao primeiro encontro com o consultor, às primeiras correções feitas pelo cliente numa proposta de concessão [...]" (LATOUR, 2012, p. 195). Não é possível prever, de antemão, quais actantes serão responsáveis pelos *movimentos* daquela rede.

Um bom relato, então, é aquele que apresenta elementos e desdobramentos suficientes para que seja possível eliminar as explicações. "Caso a descrição precise de explicação, então ela é ruim" (LATOUR, 2012, p.200). Para o autor, quando uma estrutura é invocada para se explicar alguma descrição, corre-se o risco de se recair na sociologia do social. Enquadrar uma descrição em uma estrutura pode vir a tornar tudo demasiadamente racional. Além disso, acrescentou Latour (2012), sempre que se explica em demasia haverá o risco de relegar essas explicações "aos bastidores" (LATOUR, 2012, p.200), substituindo os objetos a serem explicados por fatores sociais "irrelevantes, versáteis ruins demais para se ver ou que não suportam ser mostrados" (LATOUR, 2012, p.200). A conclusão de Latour é a de que um relato será importante se apresentar um considerável número de atores e uma elevada quantidade de trabalho executado para que desperte interesse, que seja destaque entre outros *relatos.*

A segunda parte da obra destinou-se a mostrar como rastrear as conexões sociais acompanhando os trabalhos realizados para estabilizar controvérsias suscitadas nas etapas anteriormente narradas. O caminho apontado pelo autor para tornar o social plenamente rastreável segue a estratégia utilizada na primeira parte da obra, ou seja, deve-se desdobrar o âmbito total das controvérsias, no lugar de procurar decidir anteriormente qual o melhor ponto de partida para segui-las. Em outros termos, a segunda parte sugeriu os caminhos que devemos tomar para acompanhar os atores, observar todas as possíveis controvérsias e compreender como aqueles estabilizam essas incertezas.

A formiga (*ant*) apresentada no início do livro é novamente requisitada por Latour (2012) para melhor elucidar seus apontamentos. Para entendermos como as controvérsias se estabilizam a formiga precisa enxergar todos os vínculos e movimentos da rede que sustenta aqueles debates. Ela deve, então, caminhar pelo terreno plano da

ANT. Na topografia anterior as irregularidades do terreno não permitiam uma visão holística do processo, muito porque o caminho a ser percorrido já era planejado antes mesmo do percurso se iniciar. O relevo acidentado era composto por áreas distintas do "contexto social" e da "natureza" e o sociólogo deveria ir de uma região a outra, ora ele possuía a visão macro do contexto, do alto de uma elevação, ora ele vislumbrava o micro, a natureza despida das interações sociais (estas, por sua vez, localizavam-se entre as regiões). "Essa alternância abrupta foi denominada dilema ator/sistema ou debate micro/macro. A questão é decidir se o ator está 'num' sistema ou se o sistema é composto 'de' atores interagentes" (LATOUR, 2012, p.244).

A solução do dilema ator/sistema foi dada por Latour a partir da ideia de ator-rede, a entidade que considera ao mesmo tempo o ator e a rede em que está incrustado. Os atores são retidos pelo contexto e o compõem, o contexto é o que direciona as ações dos atores e é aquilo que é modificado pelas suas respostas.

Nessa segunda etapa, encontramos três movimento que nos auxiliarão a planificar o terreno composto pelo social e pela natureza. No primeiro movimento iremos localizar o global, no segundo redistribuir o local e, no terceiro movimento, ligaremos os locais revelados pelos dois movimentos iniciais, destacando os veículos que definem o social, cuja acepção, agora, é a de associações.

Localizar o global implica em colocar no mesmo plano o social e a natureza. Na concepção anterior havia um abismo entre atores e contextos, de tal forma que o veículo para ir de um a outro era indetectável, de fato, não havia contato entre as duas regiões. Na nova topologia, encontramos caminhos que tornam as duas áreas entrelaçadas, não ligadas uma a outra, mas se confundindo. Se algum ator for justificado por elementos externos, no qual ele estaria inserido, retornamos ao relevo acidentado que procuramos planificar. Para evitarmos o acréscimo dessa nova dimensão, valemo-nos de grampos, instrumentos que irão conectar novos atores e suas controvérsias à superfície plana. Um exemplo destes grampos surge da pergunta "Onde estão sendo realmente produzidos os efeitos estruturais?" (LATOUR, 2012, p.253). Estes locais de produção que a questão sugere são os laboratórios, os museus, os consultórios médicos, as escrivaninhas ou qualquer outro lugar no qual o conhecimento é produzido ou modificado. Antes considerados intermediários transparentes, agora estes locais devem ser conectados ao terreno que estamos analisando[75].

[75] Latour, neste ponto, faz referência ao conceito de *centro (ou centrais) de cálculo* como local no qual *modalidades* são indexadas ou retiradas, este conceito foi debatido em um ensaio do autor (LATOUR, 2000) já citado neste capítulo.

Quando substituímos atores por sítios ou locais conectados, um Ator-Rede é rastreado. Neste termo, ‘ator’ é o que revela o espaço em que “os grandiosos ingredientes do mundo começam a ser incubados” (LATOUR, 2012, p.260); ‘rede’ é o que explica como os diversos elementos são inseridos nestes locais e, depois de modificados, devolvidos ao mundo.

O segundo movimento relatado por Latour, a redistribuição do local, transforma cada lugar num sítio provisório, no qual os demais locais, distribuídos pelo tempo e pelo espaço, chegarão. A questão posta agora é “de que modo o próprio local é gerado?” (LATOUR, 2012, p.279). Dessa vez não será o global a ser localizado, mas o local que deverá ser redistribuído e reconduzido. A premissa deste movimento é a de que nenhum lugar é suficientemente autônomo para ser local, nem preponderante o suficiente para ser global. Como não há lugar isolado nem hegemônico, compreendemos que as formações destes lugares são coletivas. Neste movimento, o papel dos grampos nos evitará recorrer às classificações locais e globais, além disso, eles nos permitirão localizar e interpretar as conexões existentes entre os diversos lugares.

Localizadas as conexões, inicia-se o terceiro movimento, analisá-las, mas agora já considerando os locais transformados em atores-redes. Neste movimento, a tarefa do sociólogo da ANT é a de estudar os mediadores. Depois de localizar o global, depositando no mesmo plano a natureza e a sociedade, e de compreender que os locais nos quais as construções científicas ocorrem não estão isolados, cabe ao analista identificar as conexões do local, e do objeto de análise, com os demais elementos da natureza/sociedade, identificando quais são essas conexões e que tipo de informação elas circulam. Diferentemente do que a sociologia do social, que ignorou os objetos, olhando somente para o social, devemos agora atentar primeiro para as associações de que ele é feito e depois examiná-lo, analisando como ele renovou o repertório de relações sociais.

> Na definição pré-relativista do social, aparecia em primeiro plano o participante humano, e depois, graças a uma súbita descontinuidade, o mundo social mais além. Nada que não fosse constituído de laços sociais podia fazer contato com os humanos. Tal a etiqueta dessa estranha diplomacia. Na nova definição, ocorre justamente o contrário: os membros humanos e o contexto social foram relegados aos bastidores; a luz incide agora sobre os mediadores cuja proliferação engendra, entre muitas outras entidades, aquilo que chamaríamos de quase objetos e quase sujeitos. (LATOUR, 2012, p.339)

Latour prosseguiu debatendo a respeito dos mediadores, reforçando a ideia de que a ciência não é explicada pelo contexto social, mas sim que o conteúdo científico explica a forma de seu “contexto”, em outros termos, o social dever ser explicado e não explicar nada. O autor retomou Tarde para defender a estrutura do social. O macro

(Estado, organizações, mercado) é uma amplificação e, ao mesmo tempo, uma simplificação do pequeno. O macro não sustenta o micro. O micro, que é formado por uma gama de entidades incomensuráveis, sustenta o macro. Por essa razão, não há entendimento do social se não atentarmos para uma série de fenômenos não formatados[76].

Antes de ingressar na etapa final da obra, Latour dedicou-se a debater sobre aquilo que nos escapa ao analisar o social (associações). Na vasta rede que traçou sobre o terreno plano composto por natureza e sociedade, os mediadores, as controvérsias, os grampos, os centros de cálculos e as diversas associações estão nas linhas e nós daquela rede, mas permitindo espaço entre as linhas. Assim, aquilo que a ANT formata também preenche uma parcela muito pequena do todo. Este material não formatado, medido, socializado, inserido em cadeias metrológicas, mobilizado, foi denominado por Latour como plasma.

> Por que impérios formidáveis como o soviético desabam em poucos meses? Por que empresas multinacionais vão à falência depois do quarto balancete? Por que essas mesmas empresas, em menos de dois semestres, saem do vermelho com um lucro espetacular? Por que cidadãos pacatos se transformam em massas revolucionárias, ou multidões agressivas de repente começam a festejar como cidadãos livres? Por que um indivíduo preguiçoso parte de súbito para a ação, ao receber uma notícia qualquer? Por que um musico acadêmico cede inesperadamente a tentação dos ritmos agitados? Generais, editores, administradores, observadores e moralistas costumam dizer que essas mudanças repentinas apresentam uma espécie de qualidade líquida impalpável. Pois essa e justamente a etimologia de 'plasma'" (LATOUR, 2012, p. 349).

Para interpretamos determinado comportamento, devemos acrescentar alguma coisa, mas sem recorrer ao quadro de referência social. Aqui o autor concorda com os sociólogos do social, há um "lá fora" que deve ser buscado, mas essas *massas perdidas* não são feitas de material social, tampouco estão escondidas, são apenas desconhecidas (LATOUR, 2012). Ao sociólogo da ANT, então, cabem três tarefas: desdobrar as controvérsias; estabilizá-las; e buscar nas massas perdidas aqueles elementos que irão compor o arranjo (entre estes elementos encontramos a influência política), para com isso descobrir como os grupos reunidos podem renovar nosso senso de existência em um mesmo coletivo.

O final da obra foi reservado para discutir a respeito do caráter político da sociologia das associações. Ora criticado por não abordar questões dessa natureza (WINNER, 1993 apud LATOUR, 2012), ora acusado de ser demasiadamente político (SOKAL, BRICAMONT, 1999 apud LATOUR, 2012), Latour concorda que é difícil

[76] Estes fenômenos incomensuráveis foi o que Tarde (2000) definiu como mômadas.

determinar o projeto político da ANT. O autor, contudo, afirmou que o entendimento de qualquer ação só é possível agregando às entidades circulantes, presentes nos condutos da rede, “combinações novas e táticas surpreendentes” (LATOUR, 2012, p. 359). Nessa discussão, dois procedimentos da ANT foram resgatados para enfatizar a postura política da sociologia das associações. Ao tornar visível a arregimentação de atores, a ANT mostrou-se imparcial pois, ao contrário da sociologia do social, não impôs leis, mas delegou aos atores as escolhas de caminhos a se seguir. E, ao procurar unificar o coletivo em um mundo comum (no último processo de reagregar o social), mostrou seu compromisso político, criticando a produção de uma ciência da sociedade supostamente invisível.

A questão que se coloca, então, é: que tipo de reunião e que tipo de composição teremos ao reagregar o social, ao reunir e compor aquilo de que é feito o mundo comum? Segundo o autor (LATOUR, 2012), o erro político do positivismo foi reduzir questões de interesse em questões de fato muito rapidamente, confundindo as tarefas de multiplicidade (desdobrando as controvérsias) e unidade (reunindo o coletivo). A ANT, por sua vez, procurou realizar essa tarefa de forma mais cautelosa, sendo sensível à dificuldade de agregar coletivos formados por tantos membros novos que a concepção natureza e sociedade como entidades separadas deixou de lado. Quando se ampliou o rol de entidades, as novas associações não formaram um conjunto viável quando consideradas isoladas. A composição reagrupada é formada por aquelas entidades e por algo mais. “E aqui a política entra novamente em cena, caso a definamos como a intuição de que associações não bastam, de que elas precisam também ser compostas para delinear um mundo comum” (LATOUR, 2012, p. 367). Assim, levantar questões políticas significa revelar a presença de forças até então ocultas.

Por fim, Latour retomou seu argumento de que a definição da ANT e o fim da modernidade estão vinculadas:

> Se ainda fossemos modernos, poderíamos simplesmente ignorar essa busca da alma e essa distinção sutil. Poderíamos persistir no antigo empenho em modernizar, promovendo uma ciência desinteressada e/ou uma política com base científica. A razão é que a sociologia do social sempre esteve fortemente ligada à superioridade do Ocidente - inclusive, é claro, sua vergonha por ser tão poderoso e tão hegemônico. Assim, se você realmente pensa que o futuro mundo comum possa ser melhor composto usando natureza e sociedade como metalinguagem definitiva, então a ANT não serve para nada. Ela só adquirirá interesse se o que era chamado, no passado recente, de "o Ocidente", decidir como se apresentar ao resto do mundo, que está se tornando rapidamente mais poderoso. Depois de consignar a repentina e inusitada fraqueza do antigo Ocidente, e tentar imaginar como ele conseguirá sobreviver um pouco mais no futuro para manter seu lugar ao sol, temos de estabelecer conexões com os outros, que possivelmente não podem ser mantidos indefinidamente na esfera de

> natureza/sociedade. Ou então, para empregar outro termo ambíguo deveríamos apenas nos engajar na cosmopolítica (LATOUR, 2012, p. 371)

2.6 Considerações sobre a sociologia de Bruno Latour

Exploramos neste capítulo as principais ideias e conceitos de cinco obras de Bruno Latour, analisamos os diálogos do autor com outros sociólogos e com textos de sua própria autoria. Os livros escolhidos abrangem um largo período de produção do sociólogo (primeiras edições publicadas em 1979, 1987, 1991, 1999 e 2005), o que nos possibilitou observar a construção da ANT ou sociologia das associações. Neste intervalo, observamos como o autor respondeu as críticas de outros sociólogos, acrescentando modalidades em sua própria teoria. Podemos afirmar que observamos a constituição parcial da ANT tal qual Latour defende a construção do conhecimento em suas obras. Do primeiro enunciado, em 1979, ao último analisado, muitas novas controvérsias se iniciaram, a rede na qual a teoria se encontra se expandiu e a ANT tomou forma, apesar de ainda não ter sido apresentada como acabada (LATOUR, 2012).

No decorrer deste capítulo observamos como o entendimento sobre natureza e sociedade de Latour são balizadores de sua teoria. Compartilhamos com o autor a compreensão de que não é possível determinar fronteiras entre essas duas áreas, além de coadunarmos com as consequências deste ponto de vista. Isto implica que todos os conceitos que iremos destacar neste trabalho serão entendidos como construções sociais, como entidades que possuem historicidade. Além disso, os atores humanos e não-humanos que participaram dos processos que analisaremos serão tratados com igual importância. Os artigos avaliados, as academias científicas, os experimentos e qualquer outro actante que se faça presente em nossos estudos serão tão relevantes quanto os cientistas que citaremos.

Ainda no primeiro livro de Latour (LATOUR, WOOLGAR, 1997) encontramos a defesa de que as produções escritas dos cientistas figuram como importantes agentes da produção científica. As *inscrições literárias* são responsáveis pela expansão das *redes,* acréscimo de *modalidades* e estabelecimento de *controvérsias*. Latour analisou alguns episódios históricos a partir da leitura de artigos científicos (LATOUR, WOOLGAR, 1997; LATOUR, 2000), corroborando com nossa proposta de pesquisa, isto é, de avaliar a produção dos conceitos de corrente elétrica e dualidade onda-partícula a partir dos textos originais e de suas citações. Acreditamos que, dessa forma, conseguiremos localizar as alianças, as agonísticas, as referências circulantes, as

credibilidades dos autores e observar como aquelas grandezas tornaram-se entidades autônomas.

Dentre os diálogos que Latour traçou com demais sociólogos, com historiadores das ciências e cientistas, apresentamos aqueles que entendíamos ser de maior relevância, aqueles que se deram com autores que ele concordava ou criticava, e ainda com aqueles que se opunham às suas ideias. Contudo, analisando as referências e citações do autor, mesmo as que não expusemos neste capítulo, observamos que Latour não dialogou com muitos historiadores defensores da chamada Nova História Cultural (BURKE, 2008)[77] e da HCC. Por outro lado, o autor analisou obras de autores que realizaram pesquisa historiográficas que se enquadram nas premissas da HCC, cujas prioridades eram avaliar as práticas científicas sem limitá-las a uma única área[78]. Este contato reforça nossa percepção de que a sociologia das associações se aproxima da HCC, ao vislumbrar todos os agentes envolvidos nas práticas científicas.

Assim como a HCC defendeu a historicidade das práticas e dos próprios conceitos científicos, Latour também o fez, sobretudo em sua concepção de *fatiche* (LATOUR, 2001; 2002). A junção dos termos fatos e fetiches teve como um dos propósitos reivindicar o caráter local e temporal dos produtos das ciências e de realidade. O fatiche elimina a dicotomia fabricado/real assim como suprime a noção de crença, restando apenas o processo de fabricação que, quando bem realizado, torna possível a realidade e a autonomia do fabrico científico (LATOUR, 2002). Este ritual de passagem da fabricação à realidade, o qual define o fatiche, permite que aquilo que se produz em laboratórios seja tão real quanto, por exemplo, um totem tribal de pedra ou madeira. Tanto o cientista em um laboratório quanto um indígena que adora aquele símbolo utilizaram o conhecimento que dispunham para conceberem seus objetos, conheciam os processos de produção e saberiam descrevê-los. O que difere um do outro é que o primeiro classifica seus produtos como fatos e o segundo não se importa se chamarem seus produtos de fetiches.

---

[77] Referimo-nos àqueles autores citados em seções anteriores dessa tese, tais como Juan Pimentel, Peter Burke ou Dominique Pestre, para citar alguns, cujas obras debatem sobre as correntes da Nova História Cultural ou História Cultural das Ciências. Destes, Latour (2001) referenciou somente Pestre, uma única vez, ao discutir a respeito dos preâmbulos da nova física, analisando o exemplo de Frédéric Joliot-Curie (1900 – 1958) que teve de atuar em distintas frentes (política, militar, industrial, opinião pública e científica) durante a construção da pilha atômica (LATOUR, 2001).

[78] Latour (2012) citou os trabalhos de Peter Galison, Lorraine Daston, Andrew Pickering (1995), Steve Woolgar (1978), Schaffer Lloyd A. Brown (1980) e outros autores que estudaram as práticas científicas considerando as ciências como mais um elemento cultural. Podemos citar também o trabalho do próprio autor (LATOUR, 1988) sobre a trajetória de Pasteur na construção do fermento próprio do ácido láctico. Porém, em nenhum destes trabalhos os autores se declaram adeptos à História Cultural ou fazem referências à historiadores dessa corrente teórica.

Essa separação entre crença e realidade, característica do modernismo e das filosofias positivistas, respaldou, e ainda respalda o racionalismo, o antropocentrismo e a hegemonia do conhecimento eurocêntrico sobre as demais culturas (LATOUR, 1994). A visão da ciência moderna, tomada como verdadeira pois afirma que desvela e domina a realidade da natureza, sobrepõe aos saberes localizados e determina a soberania de uma sociedade sobre outras. O eurocentrismo, que apresenta como padrão de referência universal e superior suas próprias especificidades, planeja e organiza as demais culturas a partir de sua concepção de ciência universal (LANDER, 2005), na qual distingue fatos de fetiches. Assim, as demais formas de conhecimento, as distintas organizações culturais e sociais, são tomadas como arcaicas ou primitivas, são as chamadas culturas tradicionais ou pré-modernas. Essa suposta superioridade epistêmica não só justificou a relação violenta entre impérios e colônias (gerando apagamentos de culturas e saberes) no período colonial, como ocorre atualmente (SOUZA, NASCIMENTO, 2018).

Neste sentido, o conceito de *fatiche* fornece-nos argumentos para discutir a respeito da soberania do eurocentrismo. Latour (2002) defendeu que *fatiche* também contamina as relações políticas. De fato, ele afirma que o debate entre real e construído não é meramente epistemológico, mas sim político. O próprio sistema de representação seria um *fatiche*. Tal qual os cientistas designam seus conceitos e os indígenas seus totens, os políticos, através de manipulações e propagandas, criam os discursos de seus representantes. Os políticos são fiéis aos seus mandatos, às vozes artificiais das representações nacionais, das constituições que eles mesmos constroem. Portanto, “[...] a violência simbólica do ministro só pode ser exercida com essa espécie de cumplicidade que lhe concedem, pelo efeito de desconhecimento que a denegação estimula, aqueles sobre os quais se exerce essa violência” (BOURDIEU, 1987 apud LATOUR, 2002, p. 48). A construção das representações politicas justificaria a ação arbitrária sobre a vida das pessoas. Se expandirmos essa definição política para um cenário mais amplo, encontraremos a justificativa de dominação de determinadas culturas, detentoras do conhecimento verdadeiro sobre a natureza, sobre outras sociedades, que confundem fatos e fetiches.

Apesar das críticas sobre a ausência de um discurso político na ANT, reportadas pelo próprio Latour (2012), ele se faz presente. Nas obras analisadas encontramos a crítica sobre o posicionamento dos europeus frente às demais culturas (LATOUR, 1994); o exemplo de Joliot (LATOUR, 2001) destacou que o cientista precisou convencer não só outros cientistas, militares e financiadores, mas também políticos para garantir a manutenção de sua empresa; em Ciência em ação, Latour

(1998) notou que o saber construído depende de vários atores, entre eles da esfera política; e, na última obra que avaliamos, Latour (2012) defendeu que a ANT aborda a construção do conhecimento como um problema simultaneamente científico e político, localizando ambos na rede que descreveu.

Latour (2003) concorda com o pressuposto de se vincular epistemologia e política, preferindo a expressão epistemologia política, pois entende que não se possa separar as distintas áreas. A perspectiva epistemológica política não se origina dos trabalhos de Latour, teorias sociológicas anteriores já haviam conectado a produção dos fatos científicos em arcabouços políticos (CARDOSO, 2015). Entretanto, a ANT vai além de posicionar a política como um cenário externo às ciências, ela entende que os componentes políticos integram o fazer científico. Para Latour, ciência é sempre política disfarçada de ciência pura, é política executada por outros meios. Diferente da ciência moderna que acreditava poder separar os meios científicos e políticos.

Ao propormos discutir as construções dos conceitos científicos na educação básica à luz da sociologia das associações, esperamos ser capazes de oferecer aos estudantes argumentos para que eles possam compreender e discutir as práticas científicas considerando os diversos elementos que compõe aquela construção. A perspectiva de uma ciência que não seja neutra possibilitaria o entendimento mais amplo de como as práticas científicas, atualmente, respondem às questões de sua geografia e de seu tempo histórico.Entendendo que a ciência é composta por *fatiches* que se situam em um ambiente com características datadas e localizadas e, por isso, podem sempre ser submetidos a novas controvérsias, a educação em ciências pode, também, abarcar debates sobre as relações de dominação entre culturas díspares.

Entendemos que a concepção de fatos como detentores da verdade, como entidade que revela a natureza, justifica a dominação daqueles que possuem o saber sobre as demais culturas. Se, contudo, adotarmos na educação em ciências um discurso que contemple a ideia de construção dos fatos, de *fatiches*, poderemos discutir como o apagamento dos saberes das sociedades subjugadas se deu, e ainda ocorre, através de ações coercitivas. A Constituição Moderna garante que o conhecimento verdadeiro da natureza, livre de crenças, sobreponha aos saberes localizados e, assim, venha a provocar o enfraquecimento daquela cultura. Essa estrutura silencia grupos sociais, ou até mesmo culturas inteiras, além de justificar as hierarquias, tomadas de decisões e atos de violência contra grupos específicos.

Retomando nosso conceito de validação cultural, a partir das obras de Latour, concluímos que aquilo que torna um conhecimento validado, aceito pela comunidade

científica ou pela opinião pública, só pode ser compreendido se vislumbramos a ciência como uma ação social. Não existe um método científico universal que respalde a consolidação dos fatos, como também não será a natureza que irá validar o conhecimento produzido nos laboratórios. A extensa rede que sustenta cada constructo científico é que nos permitirá a validação daquele produto ou explicar seu apagamento. No capítulo anterior, defendemos que a validação do conhecimento científico possui historicidade, ou seja, não corresponde a uma ação normativa. Neste sentido, encontramos em Latour uma teoria que nos respalda e que nos auxilia a encontrar os elementos que validaram os conceitos de dualidade de de Broglie e a natureza da corrente elétrica. Ao compactuarmos com a concepção de realidade construída e com o fim da dicotomia natureza e sociedade, tomaremos também a validação como um processo localizado. Se aceitamos que os produtos das ciências são resultados das ações de diversos actantes e que estes respondem às características de seu tempo e espaço, os fatores de validação também o farão.

Observamos neste capítulo como os cientistas convertem os inscritores obtidos em seus laboratórios em artigos e, em seguida, como estas inscrições literárias são compartilhadas com demais pesquisadores. A publicação de um artigo científico, por si só, é um processo que demanda a participação de diversos atores (constituindo alianças, obtendo financiamentos, considerando a *credibilidade* dos autores, estabelecendo bons *porta-vozes*, etc.). Como já compreendemos que aquilo que consta nestes artigos não descreve uma parcela da natureza, mas sim de uma etapa da construção de um possível fato, podemos afirmar que a leitura daquele texto, as anuências ou os desacordos irão concluir aquela constituição. A validação do conhecimento científico dá-se, então, após a divulgação (geralmente escrita) daquilo que se produziu a partir dos inscritores. Se o texto não for lido, se os leitores não concordarem com parte dos pressupostos do trabalho, se a indústria ou opinião pública não reconhecerem a aplicabilidade do produto, se o financiamento se esgota e novas etapas da pesquisa não se concretizam, enfim, se uma das inúmeras consequências possíveis desacreditar, inviabilizar ou tornar vão o conhecimento produzido, a validação daquele conhecimento não ocorre. Por essa razão que podemos reafirmar que a validação é cultural, pois não se dá pela confirmação da natureza ou revisão de inscritores. O conhecimento é validado por uma série de fatores (científicos e sociais se quisermos dialogar com a Constituição Moderna) que são únicos em cada caso. A única forma de listarmos estes fatores é reabrindo a *caixa-preta* e apontando os *actantes* da *rede* que a sustenta.

Entedemos que, em aulas de ciências, o debate que apresentamos possibilitaria oferecer aos estudantes um olhar crítico em relação às ciências. Não que defendamos a descrença em relação à ciência, mas que possamos discutir toda sorte de interesses que as envolvem. Defendemos que se discutirmos como as ciências se constituem como produtos sociais, os estudantes poderão construir argumentos para compreender como as relações de poder, as questões políticas e econômicas, as lutas de classe, os apagamentos de grupos étnicos, as questões de gênero, os interesses religiosos, ou seja, apagamentos e interesses incorporam o fazer científico. Por outro lado, se acompanharmos somente o percurso dos vencedores, se analisarmos somente os fatos (tomados como reais e não construídos), todas aquelas questões desaparecem. A imagem que passaremos é que, de fato, o conhecimento eurocêntrico prevalece, pois ele descreve com perfeição a natureza, distante de qualquer fator externo que possa poluir a sua interpretação.

No próximo capítulo, descreveremos a pesquisa documental sobre os trabalhos de Ampère e de Broglie e, a partir destes, localizamos aqueles que os citaram. Optamos este caminho como meio de abrir as respectivas *caixas-pretas*, uma vez que concordamos com Latour e Woolgar (1997) sobre o papel dos artigos em permitir que alianças sejam conquistadas e que a rede se expanda. Procuramos, então, listar os diversos atores envolvidos na produção de cada um daqueles trabalhos, tendo em mente que um estudo mais profundo de cada episódio poderia dar-nos mais elementos. Apoiados em resultados de pesquisas que apontam a importância de considerarmos o tempo didático e os objetivos pedagógicos no trabalho com a abordagem histórico-filosófica, sociológica da ciência (FORATO, et al., 2011), defendemos que o estudo da validação cultural do conhecimento científico em aulas de ciências será frutífero se o organizarmos em torno das publicações científicas. Por isso dizemos que não realizamos um estudo de ANT, não desdobramos os episódios históricos aqui tratados em sua completude. Porém realizamos uma pesquisa com elementos da Sociologia das Associações, de tal forma que conseguimos situar aqueles conceitos como um produto social e cultural. Com estes argumentos, esperávamos ser capazes de debater em sala de aula como o fazer científico se coloca como uma ação humana e, dessa forma, oferecer aos estudantes possibilidades de exercer um olhar crítico em relação às ciências.

3. Abrindo as caixas-pretas

Neste capítulo iremos descrever a pesquisa documental cujo objetivo era o de observar como se deram as citações das publicações originais que apresentavam os conceitos de corrente elétrica proposto por Ampère e a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie. Procuramos, assim, constatar como aqueles conceitos foram validados pela comunidade científica.

Como os resultados da pesquisa documental fundamentaram a pesquisa desenvolvida na educação básica, iniciaremos esse capítulo retomando o debate sobre o uso de argumentos históricos no Ensino de Ciências e as possíveis relações da História das Ciências com a Sociologia e Filosofia de Latour, em conjunto à nossa concepção de validação cultural. Abarcaremos, ainda, um diálogo entre a História das Ciências e a chamada Natureza da Ciência (NdC)[79]. A defesa dessa aproximação tem surgido constantemente na literatura especializada, de tal forma que alguns aspectos de nosso trabalho se confundem com os de NdC. Entendemos, pois, que devemos nos posicionar frente àquele diálogo, identificar como nos aproximamos das diferentes concepções de NdC e o porquê de não nos apoiarmos em referenciais de nenhuma dessas concepções.

3.1 Por (mais) uma defesa da História das Ciências e ensino e sua relação com a Natureza da Ciência

A História das Ciências (HC) no ensino pode ser considerada como uma área de pesquisa estabelecida. Moura (2019) deduz que a maturidade da área pode ser notada pela institucionalização de uma comunidade disciplinar, materializada em forma de congressos, seminários e periódicos próprios, além da imersão de trabalhos em encontros e revistas de outras áreas, anteriormente estabelecidas. Se nos atermos a essa premissa, podemos indicar a criação do *International History, Philosophy, and Science Teaching Group (IHPST)*[80], em 1987, e da revista *Science & Education*, cuja primeira publicação deu-se em 1992, como ações que confirmam aquela consolidação.

As justificativas para, e como, se trabalhar o Ensino de Ciências a partir de um

[79] Quando usamos o termo História das Ciências, com “ciências” no plural, estamos nos posicionando em relação à compreensão de que não existe uma única ciência, ou uma única metodologia científica. Ao defendermos uma visão que entende as ciências como manifestação cultural, devemos, pois, considerar uma ciência plural. Em relação à expressão “Natureza da Ciência”, optamos em usar a forma como normalmente se encontra na literatura especializada, ou seja, com “ciência” no singular. Como não utilizamos a expressão em toda extensão dessa tese, somente pretendemos dialogar com autores que a utilizam, entendemos que seria mais adequado manter a grafia que comumente se utiliza.

[80] O IHPST organiza conferências bianuais promovendo o encontro e a colaboração entre pesquisadores das áreas científicas, de ensino, história, sociologia, filosofia, psicologia e pedagogia.

olhar historiográfico são diversas. Matthews (1995a; 1995b) se posiciona a favor de um ensino de ciências a partir de uma abordagem historiográfica alegando, entre entras coisas, que este caminho poderia contribuir para despertar o interesse dos alunos; promover uma melhor compreensão dos conceitos científicos e humanizar as ciências. Bastos (1998), por sua vez, argumenta que a HC pode vir a se situar como fonte de inspiração para a definição de estratégias de ensino ou de conteúdos.

Monk e Osborne (1997) afirmam que os relatos históricos no ensino de ciências proporcionariam uma concepção de ciências em constante desenvolvimento, sem verdades universais e definitivas, mas sim com fatos que se adequam a sua época e sua cultura. Entretanto, os autores alertam para o cuidado que se deve tomar em não transmitir uma ideia de visão linear e cumulativa do desenvolvimento científico (MONK, OSBORNE, 1997). Na mesma linha, Guerra et al. (1998) defendem que situar o conhecimento como uma construção de homens inseridos na história poderia propiciar aos estudantes uma maior compreensão da realidade e dos caminhos percorridos pelas ciências.

Em trabalho recente, Scheid (2018) advoga a favor do ensino de ciências e tecnologias afirmando que “o conhecimento é, cada vez mais, a maior valia social para a vivência cidadã” (SCHEID, 2018, p. 444). Todavia, prossegue a autora, o conhecimento ao qual se refere é aquele capaz de se transformar em sabedoria, isto é, o conhecimento de como usar as ciências na busca de melhores condições humanas. O caminho defendido por Scheid (2018) para se obter essa educação científica cidadã defendida, necessariamente, perpassa por uma abordagem que contemple o “contexto sócio-histórico-cultural no qual o conhecimento é gerado” (SCHEID, 2018, p. 445). Sob este aspecto, a abordagem histórica das ciências utilizada deve contrapor à visão positivista lógica do fazer científico. Uma visão de ciência que considera o conhecimento científico fruto da objetividade e da racionalidade, obtida exclusivamente de fatos empíricos, tornaria impraticável uma educação para a cidadania. Neste sentido, o estudo da construção histórica, social e cultural dos fatos científicos possibilitaria ao estudante situar-se frente à produção científica de seu tempo. A autora ainda argumenta:

> O ensino faz sentido quando propõe a formação cidadã, priorizando o ensino científico problematizador, voltado à criticidade e à reflexão, fornecendo subsídios para que o aluno tome consciência do seu papel no mundo e compreenda o modo de produzir ciência na modernidade (SCHEID, 2018, p. 451).

Uma defesa recorrente ao uso da HC no ensino é a de promover debates sobre a natureza do fazer científico. Assim, mais do que apresentar conceitos e lidar com algoritmos a eles associados, o ensino de ciências deve focar, também, nas discussões sobre os processos de construção do saber científico. Consoante ao que defendemos, Osborne et al. (2003) afirma que o ensino de ciências deva abarcar tanto aquilo "o que sabemos" quanto o "como sabemos" sobre ciências. Reduzindo, dessa forma, a ênfase que ainda prevalece no "o que" em detrimento do "como" (OSBORNE et al., 2003).

O ensino multifacetado das ciências, priorizando o viés histórico, mas sem reduzir o sentido epistemológico, tornou-se pauta nos debates acerca do que passou a ser reconhecido como NdC. Frequentemente, o termo é usado para referir às fundamentações epistemológicas e ontológicas das ciências e às questões relacionadas aos trabalhos dos cientistas, como eles se comportam enquanto grupo social[81] e como a sociedade se relaciona com os produtos científicos (MCDONALD, ABD-EL-KHALICK, 2017). Essa definição assemelha-se com a de Clough (2007), cuja perspectiva sobre NdC é a de um ensino preocupado em abordar questões que debatam sobre o que é ciência e como se dá o trabalho dos cientistas.

Forato et al. (2011) apresentam concepções semelhantes às de Osborne et al. (2003) quando afirmam que abordar a NdC não subentende abandonar a educação científica. Seus argumentos são em favor de se acrescentar aos conteúdos específicos das disciplinas científicas aspectos metacientíficos, formativos e culturais. Os autores ainda defendem, a exemplo do que Scheid (2018) viria a fazer, a HC como recurso produtivo, almejando o "ensino/aprendizagem de aspectos epistemológicos da construção da ciência" (FORATO, et al., 2011, p.29).

A HC como recurso para se discutir a NdC em sala de aula também foi defendido por Moura (2014). Neste artigo, em que o autor traça uma revisão bibliográfica sobre o tema nas últimas três décadas, a NdC é definida como "um conjunto de elementos que tratam da construção, estabelecimento e organização do conhecimento científico" (MOURA, 2014, p.32). O autor abrange questões como o método científico, relação entre experimento e teoria, o papel dos elementos ditos sociais, culturais, religiosos e políticos na aceitação ou rejeição das ideias científicas. Neste prisma, a NdC é um campo no qual o conceito de validação do conhecimento está imerso. Moura (2014) afirma que o olhar historiográfico das ciências promoveria uma melhor compreensão da NdC, à medida em que se apoiam em elementos que subsidiam compreensões sobre a

[81] É importante destacar nossa ressalva em relação à acepção de cientistas como integrantes de um grupo social. Compactuamos com Latour acerca da ideia de uma ciência que integra a sociedade como um todo. Dessa forma, não há sentido em delimitar fronteiras entre grupos sociais distintos.

gênese do conhecimento, considerando os fatores costumeiramente tidos como internos ou externos.

Enquanto conhecimento específico da área de ensino de ciências, a NdC é pauta de debates há algumas décadas. Em âmbito nacional, a NdC torna-se mais frequente nas publicações a partir da década de 1990 (BAGDONAS, et al., 2014). A criação de programas de Pós-Graduação em Ensino de Ciências colaborou para o aumento de produção da área. Muitos doutores da área de Ensino de Ciências, que realizaram seus trabalhos sob um viés historiográfico e fortaleceram o diálogo com a literatura especializada estrangeira, receberam sua titulação naquele período (IDEM, IBDEM). Na década seguinte, em virtude das políticas públicas educacionais associadas à demanda de doutores, observou-se um aumento significativo de mestrados e doutorados na área, o que veio a intensificar de sobremaneira a produção de trabalhos nesta linha de pesquisa.

Em cenário global, o ensino de ciências vinculado aos aspectos de NdC surge em trabalhos acadêmicos por volta da década de 1950. Nos primeiros quarenta anos de debates, a NdC como conhecimento era, por vezes, confundida com habilidades ou atitudes. Lederman (2007) entende que a principal razão para isso foi a alternância da nomenclatura na literatura, de "natureza do conhecimento científico" para "natureza da ciência". Em um trabalho que discute a implementação de NdC no currículo de ciências, Hodson (2014) nos apresenta suas origens, seu desenvolvimento e suas implicações. O artigo é um estudo das publicações sobre o tema, constatando que o período compreendido entre 1977 e 1992 foi o de maior embate acerca do assunto (HODSON, 2014).

Entretanto, as controvérsias envolvendo NdC, seus significados e aplicações no ensino, voltaram a se intensificaram a partir dos últimos anos da década de 1990, repercutindo, ainda, em trabalhos mais recentes (MOURA, 2014). Uma obra muito citada nos últimos anos, o artigo de Allchin de 2011, não necessariamente com alusões que lhes são favoráveis, remonta à acepção de NdC como habilidade analítica, algo que os estudantes fazem na prática, não como conhecimento. Allchin (2011; 2013) afirma que estudantes demonstraram maior capacidade de analisar a credibilidade de afirmações científicas, quando inteirados acerca das competências de NdC. Essa proposição é questionada, por exemplo, por Schwartz et al. (2012) que se posiciona junto àqueles que entendem a NdC como conhecimento a ser implementado no currículo das disciplinas científicas. Os autores se respaldam em pesquisas (AIKENDEHIN, 1988 apud SCHWARTZ et al., 2012) que demonstram que realizar atividades não equivale a apreender, nem implica em desenvolver, o conhecimento das

bases epistemológicas subjacentes.

Além da proposta de Allchin (2013), balizada na utilização de estudo de casos das ciências como meio de promover nos estudantes as habilidades de NdC, duas outras concepções distintas se destacam na literatura especializada. Uma estabelece um conjunto de aspectos sobre os quais deveria existir um consenso e que por isso devem compor uma lista de tópicos de NdC a integrar o currículo escolar. Essa vertente, reconhecida como “visão consensual”, vem sendo articulada por pesquisadores como Lederman (1992), McComas, et al., (1998a; 1998b) e Abd-El-Khalick (2012). Os referidos autores, juntamente com diversos colaboradores, estabeleceram uma lista de conhecimentos da NdC (tais como “não existe um método científico universal” (MCCOMAS, et al., 1998a)) além de instrumentos para avaliar a aprendizagem destes conceitos (LEDERMAN, et al. 2002).

A visão consensual da NdC vem recebendo críticas de diversas naturezas de pesquisadores como Clough (2007), Allchin (2011), Irzik e Nola (2011), Van Dijk (2011), Dushl e Grandy (2013) e Martins (2015). Destacamos as divergências referentes à normatização e simplificação do que se pretende ser NdC e à pretensão de um caráter consensual. Para Martins (2015), um consenso em nível filosófico é inatingível. “A ciência é um empreendimento social complexo demais para que dela se possa ter uma caracterização única” (MARTINS, 2015, p.706). O autor se ampara em filósofos da ciência modernos, como Thomas Kuhn, Stephen Toulmin, Imre Lakatos, Karl Popper, Paul Feyerabend, entre outros para realçar que a diversidade de aspectos sobre as práticas científica impossibilitaria o encontro de qualquer consenso.

Outra vertente que merece ser evidenciada é a chamada “semelhança de família” (IRZIK, NOLA, 2011; DAGHER, ERDURAN, 2016). Tomando a crítica à visão consensual, Irzik e Nola (2011) afirmam que o dinamismo das ciências é tão grande que dificilmente um conjunto de regras e normas poderia descrevê-las. Moura (2014) descreve o conceito de “semelhança familiar” evidenciando as quatro categorias previstas por essa vertente: atividades; objetivos e valores; metodologias e regras metodológicas; e produtos. Essas categorias reuniriam as características semelhantes de diversas áreas das ciências e, então localizadas, permitiria às alunas e aos alunos reconhecer diversos processos da investigação científica, tais como observação, coleta e classificação de dados e projeto experimental.

Apesar de as correntes discordarem a respeito de como se conduzir o ensino sobre a NdC, há um consenso em não se restringir as práticas pedagógicas à mera transmissão de um saber científico pronto, destituído de sua história, desvinculado da

sociedade e da cultura das quais fazem parte. Concordamos com este pressuposto, todavia, compactuamos com algumas das críticas direcionadas aos três modelos que descrevemos.

A perspectiva que adotamos em nosso trabalho é a de observar cada episódio de construção de fatos científicos considerando as práticas científicas relacionadas aos processos de construção e validação desses fatos. Este ponto de vista coaduna com o dinamismo e com a pluralidade das práticas científicas apontadas por Irzik e Nola (2011), inviabilizando a estrutura proposta pela visão consensual. Dessa forma, como não podemos listar características comuns a todas as práticas científicas, também, não poderíamos estruturar uma lista de conhecimentos acerca NdC que deveríamos incrementar ao currículo das disciplinas científicas. Concordamos com a impressão de Moura (2019) de que, assim, o aumento da quantidade de conteúdo a ser cumprido na educação básica impossibilitaria, ainda mais, um ensino que estimule o pensamento crítico dos estudantes.

Recai sobre a vertente semelhança de família a mesma crítica que direcionamos à visão consensual. A tentativa de normatização do que se entende como NdC. As categorias propostas sugerem um modelo mais abrangente do que o anterior, mas ainda procura agrupar similaridades de contextos muito distintos. Como os atores sociais envolvidos em cada processo do fazer científico são únicos, e como cada ator possui a mesma relevância no processo, localizar elementos semelhantes em episódios distintos poderia acarretar o pagamento da agentes sociais muito característicos do tempo ou espaço de determinado episódio.

No sentido em que também defendemos uma educação científica voltada para a formação cidadã, a proposta de Allchin (2011), tal qual as demais, nos figura como insuficiente. Destacamos na introdução dessa tese que uma educação cidadã deve procurar dar visibilidade aos fatores que promovem a desigualdade social, desmistificando o sucesso do empreendimento capitalista e a ideia de meritocracia neoliberal (PINHÃO, MARTINS, 2016). Rudolph e Horibe (2016) entendem que a educação científica deve abranger a formação de cidadãos aptos a lidarem com questões relativas às ciências. O ensino de ciências deve fornecer subsídios para formar indivíduos capazes de tomarem decisões sobre temas de interesse públicos, em contraste com ideia de uma preparação para a tomada de decisões estritamente pessoais e não direcionadas ao bem comum (RUDOLPH, HORIBE, 2016).

Apesar de Allchin propor a contextualização dos episódios selecionados para o trabalho no âmbito do ensino, além de oferecer uma variedade de casos, dos quais

alguns podem ser adequados à critério de quem os aplica, nota-se a ausência de uma contextualização mais ampla (MOURA, 2019). A crítica, neste caso, destina-se à contextualização prévia proposta por Allchin, presente nos temas definidos pelo autor. “Quando a contextualização se aproxima da normatividade absoluta, podemos dizer que ela assume um papel de fixar o conhecimento como um objeto, uma coisa que deve ser transmitida / apreendida” (MOURA, 2019, p.95). A depender do perfil dos estudantes aos quais aplicamos os temas previamente construídos, o distanciamento relativo entre discentes e ciências pode não ser superado. A apreciação de temas deslocados das realidades e do contexto educacional poderá promover a impressão de que as tomadas de decisão, frente aos caminhos percorridos pelas ciências, estão fora do alcance dos estudantes.

Neste sentido Moura (2019) ainda completa:

> [...] é possível afirmar que mesmo se o estudante souber avaliar um caso profundamente como Allchin propõe, isso de pouco valerá se houver ainda um fosso entre a população e os espaços de decisão sobre políticas públicas envolvendo temas científicos. Por isso, é fundamental explorar com os estudantes as contingências estruturais da sociedade que estão envolvidas e de que forma o discurso científico (ou discursos que se pretendem científicos) se envolve na construção desse déficit democrático (MOURA, 2019, p.94).

A visão consensual e a vertente defendida por Allchin ainda são passíveis de análises devido à ênfase que dão às avaliações sobre as percepções de NdC. Neste aspecto, o próprio Allchin (2011) apresenta suas ressalvas em relação à visão consensual ao alegar o caráter declarativo dos instrumentos avaliativos propostos por Lederman et al. (2002). Tomar uma lista de características do fazer científico como conteúdo curricular sugere um acréscimo de informações a serem memorizadas para posterior averiguação, contudo, sem que essas questões venham a ser, necessariamente, problematizadas.

Entretanto, Allchin (2011; 2013), também, prioriza demasiadamente a avaliação. Mesmo que divergente daquilo que propõe a visão consensual, pois não se baseia em um sistema de comparação com um conhecimento declarativo sobre o fazer científico, o autor confirma sua primazia pela avaliação em detrimento de discussões que destaquem o papel social das ciências.

As três linhas de investigação sobre NdC que discutimos confluem para um ensino de ciências que abarca questões que ultrapassem a mera exposição dos conceitos, além de encontrarem no aporte historiográfico um caminho frutífero para a implementação de suas propostas. Ademais, destinam-se a abordarem aspectos relativos ao fazer científico. Estes apontamentos aproximam de nossa premissa de

dedicar-se a um ensino que contemple a construção dos fatos científicos a partir de análises de episódios históricos. Por outro lado, constatamos a ausência de uma discussão objetiva sobre o que se pretende o ensino de ciências, ao menos uma que tangencie a que propormos.

Em nenhuma das três correntes encontramos a perspectiva de tornar as aulas de ciências um cenário propício para uma formação cidadã, que forneça subsídios para os estudantes se localizarem como agentes sociais das práticas científicas. Tampouco debatem, ou ao menos oferecem uma interface que permita uma discussão acerca dos apagamentos proporcionados pela concepção científica vigente. Em outros termos, não problematizam as relações de poder e dominação respaldados pela acepção científica eurocêntrica, creditada como detentora de um saber verdadeiro da natureza, consolidados a partir de metodologias rigorosamente estruturadas (LATOUR, 1994).

Reconhecemos que as três correntes apresentam virtudes à medida em que propõem um ensino de ciências que transponha o modelo bancário, ou seja, pretendem agregar à educação científica algo além da imposição de conceitos estabelecidos. Mesmo que ao menos uma das vertentes apresentadas flerte como este modelo. Entendemos, ainda, que são propostas há muito divulgadas e testadas, sofrendo nos últimos anos acréscimos e retiradas de *modalidades*, transformando os enunciados originais. Em outros termos, apesar de as propostas de NdC e ensino poderem contemplar os processos de construção do conhecimento científico tal qual defendemos, as carências que destacamos, a falta de uma proposta de educação social e local somados ao caráter normativo de algumas das correntes, nos levam a não compactuar com aqueles autores.

Nessa perspectiva, os debates em torno daquelas propostas, nas últimas décadas, originaram estudos que ampliaram aquelas concepções. Clough (2007), por exemplo reivindica um ensino pautado em NdC através de contribuições de outras disciplinas, como História, Filosofia e Sociologia da ciência. No mesmo caminho, Adúriz-Bravo (2020) vislumbra a NdC como um conjunto de conteúdos metacientíficos com valores para a educação científica, melhores compreendidos a partir de análise que perpassam, também, pela Filosofia da Ciência.

Os argumentos de Clough (2007) e Adúriz-Bravo (2020) reafirmam a necessidade de se trabalhar os aspectos relativos ao fazer científico a partir de uma perspectiva interdisciplinar. Deve-se atentar, todavia, ao risco de se adotar uma abordagem multidisciplinar ao invés de se trabalhar as disciplinas interconectadas. Não se trata de trabalhar os aspectos históricos, filosóficos, sociológicos e científicos em

momentos distintos, mas sim contemplá-los em conjunto. Tratá-los em separado não nos permitiria alcançar o objetivo de vislumbrar as ciências como manifestações culturais e sociais. De qualquer forma, ficaria inviável inserir conteúdo em um currículo já extenso sem comprometer o tempo didático.

Forato et al. (2011) entendem que viabilizar o conteúdo histórico selecionado no tempo didático disponível mostra-se como um obstáculo específico, tanto do ponto de vista historiográfico quanto pedagógico. Os autores definem tempo didático como uma associação do tempo destinado às aulas propriamente ditas e à compreensão do conteúdo epistemológico. Dessa forma, a escolha de um episódio da História das Ciências deve ser realizada considerando a extensão das informações necessárias para sua melhor exposição e o tempo adequado ao debate e à apreensão dos aspectos metacientíficos almejados. Conquanto, alertam Forato et al. (2011), não se deve reduzir em demasia os conteúdos filosóficos, históricos e sociológicos relativos ao tema selecionado, sob o risco de transmitir uma impressão equivocada acerca daqueles aspectos.

Os cuidados apontados por Forato e colaboradores (2011) podem ser analisados em paralelo à advertência de Rosales et al. (2017). Estes autores afirmam que, devido à complexidade do uso da História das Ciências no ensino, essa abordagem deve ser combinada com recursos metodológicos adicionais. Devemos procurar estratégias que vinculem os conceitos científicos aos demais elementos metacientíficos de tal forma que sua exposição não demande um tempo didático muito extenso. Ademais, valendo-nos de resultados de uma pesquisa realizada por Martins (2007), a mera exposição dos fatos históricos não garante que os elementos relativos ao fazer científico e suas implicações sejam apreendidos pelos estudantes. De tal forma que precisamos de organizar estratégias que contemplem os conceitos científicos, os aspectos históricos, os elementos de NdC, as ponderações filosóficas e sociológicas, todos imbricados e sem comprometer o tempo didático.

Diante do exposto, desenvolvemos uma pesquisa empírica a partir da estruturação de um curso de Física, voltado para educação básica, que partiu de um viés historiográfico, contemplando os conceitos científicos e permitindo que discussões sobre elementos metacientíficos pudessem ser travadas. A opção de não nos apoiarmos em nenhuma das vertentes de NdC citadas deve-se, sobretudo, pela carência de uma perspectiva sociológica das ciências nessas vertentes. Não afirmamos que uma aproximação destes aspectos fosse impossível. Entretanto, a apropriação do referencial de Bruno Latour, devido aos motivos apontados no capítulo 1, permitiu-nos abarcar o caráter sociológico do fazer científico e, ainda assim, renunciar as correntes de NdC

mais citadas.

Nas ponderações anteriores, criticamos o caráter normativo que alguns autores impõem às análises das práticas científicas e da primazia frente às avaliações. Compreendemos a Sociologia das Associações de Latour como um caminho promissor para contemplarmos as atividades inerentes das ciências, abrangendo diversos elementos metacientíficos, sem, contudo, estruturarmos aquelas práticas. Ademais, não propomos uma pesquisa empírica cujo intuito seria o de verificar a apreensão de um conhecimento sobre ciências. Dedicamo-nos a verificar se os caminhos escolhidos criariam um espaço para reflexões acerca do caráter cultural e social das ciências, observando se, e quais, elementos metacientíficos emergem nessas discussões.

Cabe-nos recordar que, além da Sociologia das Associações, todo nosso trabalho pautou-se sobre uma vertente historiográfica que prioriza o estudo das práticas científicas. Referimo-nos à História Cultural das Ciências (HCC) (BURKE, 2008; PIMENTEL, 2010), cuja premissa permite que encontremos apagamentos que, normalmente, não são contemplados quando adotamos uma perspectiva evolutiva e linear das ciências (KRAGH, 2001). Moura e Guerra (2016) ressaltam que o objetivo de trabalharmos com a abordagem da HCC no Ensino de Ciências é o de promover discussões sobre a produção do conhecimento científico. Dessa forma “torna-se mais importante construir discussões do que asserções sobre a ciência em sala de aula” (MOURA, GUERRA, 2016, p. 740).

Ainda concordamos com Moura e Guerra (2016) na defesa de que abordagens voltadas à HCC no ensino de ciências têm o potencial de destacar a função social e política desse ensino. Ao concentrarmos nas práticas coletivas da produção de conhecimento, destacamos atores que representam aqueles deslocados nas relações de poder e dominação.

No cenário que descrevemos, o conceito de validação cultural pode ser entendido como um dos elementos de NdC. Todavia, não encontramos nas teorias vigentes sobre NdC e ensino um escopo favorável para nossa definição. Isso porque conceituamos a validação cultural como processo dinâmico, em que cada episódio histórico avaliado apresentaria características próprias. Por outro lado, a HCC associada à teoria de Latour nos auxilia a observar as práticas científicas, seus diversos atores e como eles, práticas e atores, compões a sociedade.

3.2 Latour e o Ensino de Ciências

A apropriação do referencial teórico da Sociologia das Associações levou-nos a indagar sobre sua adequação ao âmbito do Ensino de Ciências. Normalmente

relacionada ao enfoque Ciência Tecnologia e Sociedade (CTS), a Sociologia e a Filosofia de Bruno Latour figura em trabalhos que procuram discutir os avanços da ciência e da tecnologia e suas implicações na sociedade, analisar as atividades de cientistas em laboratórios ou enfatizar as formas nas quais as linguagens se manifestam no fazer científico (MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018).

No Ensino de Ciências, a utilização da teoria de Latour pode ser considerado um fenômeno recente. Em 2005, Carvalho et al. afirmavam que a proposta de Latour ainda não tinha ganhado espaço significativo nas práticas educacionais relacionadas ao Ensino de Ciências. Porém, este referencial era observado em muitos trabalhos nacionais das áreas de Antropologia, Ciências Sociais, História, Filosofia ou Jornalismo (CARVALHO, et al., 2005).

Em cenário mais recente, percebe-se um aumento de trabalhos que fazem uso da teoria de Latour ou somente o referenciam (por vezes para destacar uma concepção contrária). Meglhioratti e Batista (2018) realizaram um levantamento sobre estudos CTS em revistas que possuíam Qualis A1 e A2 na área de Ensino da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). No triênio 2010-2012 foram localizados treze periódicos. Nessa pesquisa, sem explicitar se os artigos apoiavam ou não os autores que citavam, as autoras encontraram 24 textos que citam Latour, nove Merton, oito Bourdieu e quatro Bloor. Porém, alertam as autoras, nem todos os textos faziam referências diretas a esses autores (MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018).

Sobre seus resultados, as autoras constataram:

> Os artigos que buscavam mostrar as múltiplas interações entre elementos humanos e não humanos (instrumentos, objetos), descrever a microestrutura de um determinado processo científico e a função da argumentação nos discursos científicos, mas que não ressaltavam aspectos da estruturação de um campo científico (com separação de aspectos internos e externos da Ciência), foram aproximados aos elementos e autores descritos na perspectiva sociológica classificada como antidiferenciacionista. Em geral, estes trabalhos estiveram apoiados nas obras de Bruno Latour e seus colaboradores. Os trabalhos que identificaram a Ciência como um campo científico estruturado, com certa autonomia, modos de pensar e regras próprios, porém, com fluxos de interações com outros campos sociais (políticos, econômicos, entre outros) foram aproximados à perspectiva transversalista, entre esses trabalhos estão aqueles fundamentados em Pierre Bourdieu. (MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018, p.23).

As autoras informaram que a obra mais citada de Latour é aquela cuja autoria é compartilhada com Woolgar, *A Vida de Laboratório* (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Muitos trabalhos fazem menção às obras de Latour como componente teórico, justificando a relação ciência e sociedade. Outros utilizam alguns conceitos daquela sociologia para pontuar alguns procedimentos.

Dos trabalhos que as autoras analisaram, podemos destacar Almeida e Queiroz (2007 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018), que abordam como a leitura do livro de autoria de Bruno Latour e Steve Woolgar, auxiliou na formação de estudantes de um curso de Química. Ou ainda Massi, Abreu e Queiroz (2008 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018), que analisam um texto científico, escrito por um aluno de iniciação científica em Química, utilizando uma classificação de tipos de enunciados científicos proposta por Latour e Woolgar (1997). Oliveira e Queiroz (2015 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018) preocuparam com a produção escrita científica e propuseram a construção de um mapa de caracterização para um texto científico, entre os referenciais para a análise retórica dos textos científicos, está o livro de Latour e Woolgar (1997). Em Sasseron (2015 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018) as autoras encontraram uma referência ao Livro *Vida de Laboratório* (LATOUR, WOOLGAR, 1997), para sustentar a forma que a cultura científica é construída.

Outros trabalhos utilizam outras obras de Latour. Silva et al. (2015 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018) referenciaram *Ciência em Ação*, de Bruno Latour (1998), a fim de julgar a transformação dos processos científicos em fatos. Os artigos de Melo (2010 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018), Mueller (2015 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018), Nielsen (2013 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018) e Pierce (2015 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018) partiram da Teoria Ator-Rede (LATOUR, 2012) para a elaboração de ensaios teóricos. Coutinho e Silva (2014 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018) e Silva et al. (2016 apud MEGLHIORATTI, BATISTA, 2018), também utilizaram a Teoria Ator-Rede (LATOUR, 2012) para fazerem análises de textos.

O que podemos concluir da pesquisa de Meglhioratti e Batista (2018), que já havíamos ponderado nessa tese, é que a proposta de Latour, de fato, atende às expectativas que traçamos sobre o fazer científico, a saber, uma atividade social que contempla inúmeros atores. Contudo, excluídas algumas exceções, os trabalhos não se fundamentam sobre a sociologia das associações. Por vezes, utilizam algumas facetas dessa teoria ou somente a referenciam na composição de algum debate.

Afora a pesquisa daquelas autoras, encontramos outros trabalhos que também discutem abordagens em Ensino de Ciências pautadas nas obras de Latour. Em trabalho que discute a ciência reguladora e precaucionaria à luz dos riscos do desenvolvimento tecnocientífico na sociedade, por exemplo, Jesus et al. (2014) referenciam a obra de Latour para elucidar um estudo que envolve ciência e sociedade e suas implicações.

Oliveira (2006), por sua vez, usou os *tipos de enunciados* de Latour para analisar e classificar os enunciados que surgem quando de uma experiência em laboratório, mas não os articulou com nenhum elemento metacientífico. Gama (2011) defendeu a problematização da autoridade da ciência na educação básica a partir do conceito de caixa-preta de Latour. No trabalho de Silva et al. (2016) encontramos uma uma consistente aplicação da Teoria Ator-Rede. Os autores analisaram a obras de Machado de Assis (1939 - 1908), *O Alienista*, para discutir o fluxo sanguíneo da ciência e, assim, localizar os diversos actantes envolvidos nas ações da personagem Simão Bacamarte, que nutria expectativas sobre as contribuições de seu trabalho para a ciência.

A proposta de Richard e Barder (2009) baseia-se no olhar etnográfico de Latour objetivando refletir sobre as formas de renovação da concepção dos estudantes sobre ciências, considerada ingênua pelos autores. Eles partem da definição operacional da construção social da ciência baseada em atores e na Teoria Ator-Rede como uma tentativa de produzir uma conceituação mais focada da ciência como uma empresa social (RICHARD, BARDER, 2009). Richard e Barder (2009) criaram um diálogo de pessoas de diferentes áreas, debatendo sobre questões ambientais. Ao acompanhar esse diálogo, os autores se valeram dos conceitos de Latour para apontar os diversos atores envolvidos no embate científico. Contudo, como não aplicaram seu trabalho em sala de aula, não nos oferecem contribuições concretas de suas propostas.

Em trabalho que explora os desenvolvimentos recentes no campo da ciência e tecnologia, Gleason (2017) utiliza o trabalho de Bruno Latour, para problematizar o conceito de natureza na educação científica. Para o autor, há pouca atenção dirigida aos compromissos ontológicos da ciência e às políticas que decorrem de uma teoria da natureza que é uniforme, homogêneo e imutável. Ele recorre a Latour ao sugerir que a natureza para a qual o conhecimento é dirigido serve como uma autoridade transcendente com o potencial de contornar as deliberações democráticas de um mundo social supostamente subjetivo (GLEASON, 2017). O autor entende que a perspectiva de mundos plurais de Latour, em ambiente educacional, poderia amparar um debate sobre o que o autor denominou de hábitos antidemocráticos da ciência (IDEM, IBDEM).

Lima et al. (2018) propuseram a visão não moderna de Latour como referencial teórico para fundamentar a educação científica. O artigo sugere uma aproximação teórica entre Vygotski e Latour, a partir da superação da epistemologia moderna do primeiro e o rompimento com a ontologia moderna do segundo. Os autores apresentaram alguns conceitos basilares da teoria de Latour e as críticas por ele traçadas sobre a modernidade e a dicotomia natureza-sociedade. A partir deste viés, que nega a modernidade, os autores defendem um Ensino de Ciências que contemple

os híbridos que participam das construções das *caixas-pretas*. Para tal, propõem um caminho que procura "[...] traçar as redes, observando processos, evitando contextualizações sociais rasas e inúteis, não reificando o contexto social, mas assumindo todo contexto como um contexto" (LIMA, et al., 2018).

O conceito de *híbridos* foi citado, também, por Coutinho et al. (2014). O artigo teórico fundamenta-se na Teoria Ator-Rede na argumentação de que os temas estudados nas ciências são, de fato, resultados dos entrelaçamentos de atores diversos. Defendem, ainda, que os *híbridos* possibilitam evidenciar as múltiplas associações entre os elementos sociais, econômicos, científicos e tecnológicos (COUTINHO, et al., 2014).

O paralelo entre Paulo Freire (1921 – 1997) e Bruno Latour foi proposto por Carvalho e Mion (2005 apud BARCELLOS, 2008). Usando o conceito de rede sócio técnica, os autores propõem a formação de um professor crítico reflexivo (CARVALHO, MION, 2005 apud BARCELLOS, 2008). Nos termos de Barcellos (2008), que avaliou o trabalho de Carvalho e Mion, "isso seria a base para a libertação dos oprimidos de seu estado de sujeição científica e tecnológica, uma vez que a base para a produção do conhecimento em rede é a cultura" (BARCELLOS, 2008, p. 38).

Alguns dos trabalhos que listamos ponderaram sobre o caráter político de Ensino de Ciências, indicando caminhos fundamentados nas teorias de Bruno Latour. Essa preocupação, de um ensino que abarque o caráter político das ciências, é pouco comum nos artigos publicados no Brasil. Entre os textos que citamos nessa seção, somente dois discutem um ensino político e ambos foram publicados em periódicos internacionais. Na recente pesquisa de Meglhioratti e Batista (2018) não foi relatado a predominância deste escopo nos artigos avaliados. Em publicações mais recentes, entretanto, observamos que a defesa de uma educação crítica, denotando ao Ensino de Ciências uma característica política, sob a perspectiva da sociologia de Latour, tem-se mostrado um pouco mais frequente[82].

Neste contexto, Nascimento et al. (2019) apresenta-nos uma defesa de formação cidadã a partir um ensino que se proponha a analisar problemas sociais e técnicos e a se posicionar sobre eles. Estes autores relatam uma pesquisa que aponta o desinteresse político de estudantes associados ao desempenho escolar. A análise teórica presente no artigo pauta-se, principalmente, nas concepções de Pierre Bourdieu.

[82] Não podemos deixar de destacar que estes trabalhos, em geral, intersectam alguns de seus autores. Isso indica que, na verdade, o viés que procuramos (publicações que debatem a educação política considerando as contribuições de Bruno Latour) ainda está restrito a poucos pesquisadores da área de Ensino de Ciências no Brasil. Compreendemos que a defesa de um ensino que proporcione uma visão crítica não é inédita, tampouco escassa, mas nos restringimos a procurar trabalhos que dialoguem com nossa perspectiva e nossos referenciais teóricos.

Mas os autores indicam que existem muitos caminhos possíveis para o Ensino de Ciências com enfoque CTS, passíveis de viabilizar e motivar a atuação política dos estudantes (NASCIMENTO, et al., 2019). Dentre estes possíveis caminhos, apontam a filosofia de Bruno Latour, contudo sem problematiza-la.

Ainda relacionando os aportes teóricos de Latour e o Ensino de Ciências, Bagdonas et al. (2014), em artigo que analisa as controvérsias sobre Natureza da Ciência, situam o sociólogo neste debate. Encontramos neste trabalho a crítica de alguns adeptos da NdC em relação ao Programa Forte da Sociologia e aos sociólogos construtivistas. Fundamentalmente, afirmam os autores, as discordâncias com a proposta de Latour voltam-se sobre sua definição de realidade construída. Citando Slezak (1994 apud BAGDONAS et al., 2014), afirmam que este autor "contestou os construtivistas sociais por repudiarem a noção de 'mérito' e a descrição da ciência como ceticismo organizado no 'Ethos Mertoniano', segundo o qual os cientistas valorizam virtudes como a verdade, honestidade e integridade" (IDEM, IBDEM, p. 249). Os críticos alegam que critérios meramente sociais para a aceitação de uma teoria científica poderiam resultar na estabilização de teorias infundadas ou ética e moralmente deturpadas (citaram o criacionismo e as teorias raciais em *Mein Kampf*) (IDEM, IBDEM).

Podemos concluir que a adoção do referencial teórico da Sociologia das Associações para estudos sobre o Ensino de Ciências não é inédita, mesmo que não seja recorrente, no sentido de se defender uma educação que abarque aspectos políticos. Conquanto, como referencial que dê suporte para a defesa de um ensino de ciências e tecnologias vinculados aos aspectos sociais, a teoria de Bruno Latour mostrou-se um pouco mais frequente. Ainda é escasso na literatura especializada trabalhos desenvolvidos em aulas de ciências que discutam alternativas concretas para o uso deste referencial no ensino.

Nas próximas seções iremos descrever as pesquisas documentais sobre as publicações originais de dois conceitos da Física. Neste estudo, o olhar historiográfico da HCC orientou-nos na decisão de vislumbrarmos as práticas científicas de publicação. A Sociologia das Associações forneceu-nos subsídios para localizarmos os diversos atores presentes naqueles episódios.

3.3 A escolha do conteúdo documental sobre as obras de Ampère e de Broglie

Narraremos, nesta seção, como realizamos os levantamentos sobre as citações das publicações originais que abordavam a natureza da corrente elétrica e o conceito dualidade onda-partícula de de Broglie. Para justificarmos a escolha dos dois temas precisamos, a princípio, esclarecermos em que cenário seus resultados seriam usados.

Planejamos analisar dois episódios com algumas características semelhantes, mas que ocorressem em períodos históricos diferentes.

O estudo nos forneceria dados para serem utilizados em aulas de Física (disciplina Física Geral III) de uma turma do terceiro ano do Ensino Médio (EM), cujo currículo mandatório da instituição de ensino, para aquele ano escolar, previa os estudos dos seguintes conteúdos: Eletricidade, Eletromagnetismo, Física Moderna (FM) e Ondulatória. A ementa da disciplina está apresentada na Tabela 3.1[83].

Tabela 3.1 – Organização do conteúdo programático de Física Geral III

Unidade	*Conteúdo*
Eletrostática	Cargas elétricas
	Condutores e isolantes elétricos
	Processos de eletrização
	Lei de Coulomb
	Campo elétrico
	Potencial elétrico
Eletrodinâmica	Corrente elétrica
	Resistores elétricos
	Geradores elétricos
	Circuito elétrico
	Potência elétrica
	Medidores
	Receptores elétricos
	Capacitores
Eletromagnetismo	Ímãs e campo magnético
	Campo magnético gerado por correntes elétricas
	Força magnética
	Indução eletromagnética
	Corrente alternada
	Transformadores
Física Moderna	Teoria da relatividade restrita
	Radiação de corpo negro
	Equação de Planck
	Efeito fotoelétrico
	Dualidade onda-partícula
	Átomo de Bohr
	Princípio da incerteza de Heisenberg
	Noções de Física Nuclear

Fonte: Elaboração Própria

[83] A ordem apresentada na Tabela 3.1 foi a seguida ao longo do ano letivo. A Unidade Ondulatória também é prevista para aquele ano escolar, para atender uma demanda do concurso seriado de ingresso à universidade pública da cidade da instituição. Esta unidade foi trabalhada em aulas extras durante os segundos e terceiros bimestres, paralelamente ao curso de Física Geral III, devido à extensão da matéria a ser ofertada, razão esta por não constar seu conteúdo na Tabela 3.1.

A escolha dos temas se deu, em um primeiro momento, pelo fato de o professor que desenvolveria o curso e a pesquisa lecionar somente para turmas do terceiro ano do EM e em disciplinas de graduação. Como almejávamos investigar os efeitos de nossa proposta na educação, naturalmente decidimos por temas que compunham o currículo do terceiro ano do EM.

Em seguida, de posse das informações contidas na Tabela 3.1, procuramos dois temas que poderiam ser comparados no que concerne ao fazer científico, apontando semelhanças e diferenças relevantes no processo de validação cultural. Limitamos nossas possibilidades em conteúdos do segundo semestre. Como planejávamos executar uma pesquisa etnográfica, planejamos aplicar nosso estudo documental após alguns meses de contato entre o pesquisador e os estudantes, para que as características da turma fossem consideradas na pesquisa. Restando-nos as unidades de Eletromagnetismo e Física Moderna, procuramos conteúdos que pudessem ser trabalhados com o maior intervalo de tempo possível entre eles e que atendesse nossos primeiros parâmetros. Além disso, entendíamos que seria mais frutífero trabalhar com temas já bem explorados por historiadores da ciência, evitando que a pesquisa se estendesse muito além das publicações, e que fosse pouco explorada em âmbito educacional.

Certamente não conseguimos encontrar dois temas que se enquadrassem em todos estes parâmetros. Decidimos, então, por abordar os trabalhos de de Broglie tendo em vista que ele é estudado ao final do ano. Por ser um assunto bastante explorado na História das Ciências, inclusive por pesquisadores brasileiros (BROWN, MARTINS, 1984; ROSA, 2004; MARTINS, ROSA, 2014). Outra razão para escolha da temática refere-se ao fato de o tópico não figurar entre os mais explorados nos estudos da área de Ensino de Ciências. Conteúdos da Física Moderna (FM) como os da Teoria da Relatividade Restrita, por exemplo, foram bastante explorados em pesquisas anteriores (OSTERMANN, MOREIRA, 2000). Almejávamos, portanto, trabalhar em torno de algum conceito não tão estudado pela área de ensino e, dessa forma, apresentar contribuições que pudessem agregar novas discussões. O quarto pretexto foi por ser um conceito que tangencia trabalhos de outros autores do século XX, como os trabalhos de Albert Einstein (1879 – 1955), Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858 – 1947) ou Erwin Rudolf Josef Alexander Schrödinger (1887 – 1961) (MARTINS, ROSA, 2014), e alguns desses autores serem citados em outras temáticas de FM e, assim, imaginávamos que algumas citações que encontraríamos poderia ser destes cientistas. O quinto motivo diz respeito à nacionalidade de de Broglie. Ele era um cientista francês trabalhando em um período em que a efervescência das produções em FM ocorria, sobretudo, em território

germânico. Procuramos, então, trabalhar com um cientista cujos trabalhos se deram em um país que não era protagonista na área de FM à época.

O último tópico apontado nos levou à escolha da segunda temática. Procuramos na unidade de Eletromagnetismo por trabalhos realizados na França, em um período distinto ao de de Broglie. Dessa forma, as semelhanças que buscávamos seria a nacionalidade dos cientistas e, possivelmente, os veículos de divulgação de seus produtos científicos. Deveria ser, também, um tema ou um cientista largamente estudado pela História das Ciências. Das possíveis opções, decidimo-nos pelos trabalhos de Ampère. Apesar de ser um tema bastante explorado por historiadores da ciência e em trabalhos sobre Ensino de ciências e História das Ciências (CANEVA, 1980; WILLIAMS, 1985; MARTINS, 1986; HOFMANN, 1995; GUERRA, 2002; GUERRA, et al., 2004; ASSIS, CHAIB, 2006; 2011; SIDAWI, 2009; CHAIB, ASSIS, 2007; BRAGA, et al. 2010; SANTOS, FUSINATO, 2017), não encontramos nenhum trabalho que traçasse o paralelo que sugerimos ou a abordagem que pretendíamos executar. Nossa pretensão era a de que, ao analisar as publicações de dois cientistas franceses e suas referentes citações, temporalmente afastados em cerca de um século, observaríamos processos de validação cultural com atores ora distintos, ora iguais. Assim, ofereceríamos aos estudantes argumentos para compararem ambos os processos.

De fato, o que narramos até este momento foi a escolha de dois cientistas para, a partir deles, estabelecermos quais *caixas-pretas* iríamos abrir quando investigássemos suas publicações. Neste sentido, a determinação do conceito que iríamos abordar foi simplificada pelo fato de estarmos direcionados às aulas para o Ensino Médio (EM). Neste nível, o único conceito de de Broglie que é contemplado pelos currículos mandatórios e pelos livros didáticos é o de dualidade onda-partícula de entidades materiais (CUSHING, 1994; PESSOA JR, 2003), mas não ao comportamento dual de uma radiação luminosa, ou seja, o comportamento ondulatório de partículas, previsto pelo cientista, ao traçar uma analogia com a natureza da luz[84].

Entendemos, contudo, que a conceituação de Louis de Broglie sobre a dualidade onda-partícula diferencia da proposta estabelecida a partir da interpretação de Copenhague. Para o francês uma partícula seria ao mesmo tempo onda e matéria, “a

[84] Outra possibilidade seria discutir a interpretação de de Broglie sobre a natureza dos fótons. Mesmo não figurando nos livros didáticos de Física do Ensino Médio, é uma temática possível de se trabalhar neste nível escolar. Contudo, a proposição da existência das partículas que compõem a radiação luminosa não é original de de Broglie (ROSA, 2004; MARTINS, ROSA, 2014; LIMA, et al., 2020) e, assim, desvia da nossa proposta de partir de publicações que apresentam um determinado conceito pela primeira vez.

"partícula" como uma singularidade (matemática) no centro de uma onda estendida"[85] (CUSHING, 1994, p. 126), ao contrário da proposta estabelecida pela interpretação de Copenhague que reconhece que uma partícula ora se comporta como onda ora como matéria (CUSHING, 1994). Isto não desqualifica a proposta de de Broglie ou a consolidação do conceito por ele proposto como sendo uma *caixa-preta*.

De acordo com o que foi exposto no capítulo 2, o estabelecimento de uma *caixa-preta* dá-se após uma série de *controvérsias* em torno do conceito originalmente apresentado (LATOUR, 2000), de tal forma que o episódio estudado ilustra e acorda com o aporte teórico que adotamos nessa pesquisa. O processo de citações apresenta duas consequências: a estabilização do fato, não como foi originalmente formulado; e o apagamento do processo de construção e de seu autor. Quando isso ocorre, o conhecimento é apresentado com total nulidade de *modalidades* (IDEM, IBDEM). Neste sentido, a *caixa-preta* que se inicia a partir dos trabalhos de de Broglie, que consta nos livros textos escolares ou figura em trabalhos atuais, é a compreensão de que uma partícula material apresenta comportamentos de onda e matéria, ignorando todas as alterações que sofrera anteriormente. São enunciados do tipo 4, livres de quaisquer *ruídos* ou resgates às obras originais (LATOUR, WOOLGAR, 1997).

A característica ondulatória de uma partícula pode ser discutida a partira da relação $\lambda=h/p=h/mv$ (na qual λ é o comprimento de onda associado à partícula, h a constante de Planck, p o momento linear da partícula, m sua massa e v sua velocidade). Essa relação pode ser obtida a partir da discussão apresentada por de Broglie em sua tese de doutorado (DE BROGLIE, 1925), contudo, não a encontraremos dessa forma em sua tese. Sobre o exposto, Brown e Martins (1984) realizaram uma análise sobre como a equação anterior está implícita na tese de de Broglie[86].

O segundo conceito escolhido, mas que seria o primeiro a ser apresentado aos estudantes, em virtude da disposição deste conteúdo no currículo vigente, como mencionado, derivava dos trabalhos de Ampère. A *caixa-preta*, neste caso, é a conceituação da corrente elétrica como um fluxo ordenado de cargas elétricas e a sua implicação em corpos magnetizados. A primeira definição é aquela que normalmente encontramos nos manuais didáticos de Física do EM, na forma de enunciados do tipo 4 (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Na obra *Os Fundamentos da Física*, volume 3, de Ramalho, Nicolau e Toledo (2009), encontramos a definição de corrente elétrica como

[85] Do original "the 'particle' as a (mathematical) singularity in the center of an extended wave".
[86] Não iremos transpor essa demonstração visto que conduzimos essa pesquisa tendo em mente que aquilo que desenvolveríamos seria aplicado no Ensino Médio. Portanto, devido a complexibilidade matemática da demonstração, seria inviável transpô-la para os estudantes, bem como nada acrescentaria em nossa avaliação.

sendo o “movimento ordenado de cargas elétricas” (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 2009, p. 112). No livro *Física Conceitual*, Hewitt (2002) afirma que “da mesma forma que uma corrente de água é um fluxo de moléculas de água, uma corrente elétrica nada mais é do que um fluxo de carga elétrica (HEWITT, 2002, p. 393)”.

Ampère não definiu a corrente elétrica conforme encontramos nos livros didáticos atuais. Para ele, a corrente elétrica apresentava um comportamento semelhante àquele proposto pelo dinamarquês Hans Christian Oersted (1777 – 1851), a saber, a presença de dois fluidos elétricos no interior do condutor (ASSIS, CHAIB, 2011). A comparação com a proposta de Oersted se dá pela origem dos trabalhos de Ampère. O francês apresentou uma nova interpretação de uma experiência realizada por Oersted, na qual a passagem dos fluidos elétricos[87] em um fio condutor provocaria uma deflexão em uma agulha imantada que estivesse próxima ao fio[88]. A interpretação do dinamarquês era a de que os dois fluidos elétricos, que percorriam o fio em sentidos opostos, provocariam o fenômeno denominado conflito elétrico (OERSTED, 1998), o qual seria perceptível no exterior do condutor. O que Ampère (1820; 1827) propôs de diferente é a limitação do chamado conflito elétrico no interior dos condutores e a nomenclatura atual, que substituiu a expressão fluido elétrico para corrente elétrica.

A segunda componente da *caixa-preta* de Ampère, a interpretação dos efeitos da corrente elétrica em corpos magnetizados, é explicada nos manuais didáticos pela presença de campos magnéticos no entorno de condutores percorridos por uma corrente elétrica. As duas definições a seguir foram retiradas de livros de Física para o EM: “da mesma forma que uma carga elétrica é rodeada por um campo elétrico, a mesma carga estará rodeada por um campo magnético se estiver em movimento” (HEWITT, 2002, p. 410); “um ímã ou condutor percorrido por corrente originam na região do espaço que os envolve um campo magnético” (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 2009, p. 305). Em ambos os casos, as definições são acompanhadas de uma figura contendo um fio retilíneo, no qual se identifica a passagem de uma corrente elétrica e, em torno do fio, o desenho de uma circunferência representando o campo magnético.

Essas definições coincidem com a de Ampère na medida em que preveem a existência de fenômenos magnéticos originados de cargas elétricas em movimento (fluidos elétricos ou correntes elétricas). Oersted justificou a deflexão da agulha pela ação do conflito elétrico que transcendia o fio e influenciava as chamadas partículas

[87] Usamos a nomenclatura *fluido elétrico* acordando com o termo utilizado por Oersted e demais pesquisadores da época (AMPÈRE, 1820a; 1820b; OERSTED, 1820; GUERRA, 2002; ASSIS, CHAIB, 2011). Ampère, por sua vez, passou a usar a expressão corrente elétrica em suas publicações, apesar de o próprio autor reconhecer que não era uma expressão inédita (ASSIS, CHAIB, 2011). Porém, ele não referencia a origem daquela nomenclatura (IDEM, IBDEM).

[88] Ainda nessa seção, em momento oportuno, detalharemos este episódio.

magnéticas do ímã (agulha de uma bússola) (MARTINS, 1986). Ampére, por sua vez, descartava a presença de partícula magnéticas afirmando que aqueles fenômenos, de fato, eram fenômenos elétricos[89] (ASSIS, CHAIB, 2011). A sua interpretação de que os efeitos magnéticos eram, na verdade, originários de correntes elétricas prevalece ainda hoje.

Deve-se salientar que as conceituações atuais diferem das propostas por Ampère. Mas a definição de *caixa-preta* (LATOUR, 2000) não diz respeito a um conceito validado da maneira que foi originalmente apresentado. Até ser definido como um fluxo ordenado de cargas elétricas (negativas), a corrente elétrica de Ampère teve *modalidades* adicionadas e retiradas até transformar-se em um enunciado independente, podendo ser citado livre de qualquer referência. O mesmo podemos dizer em relação ao que hoje entendemos como origem de campos magnéticos. O enunciado atual difere do original em virtude de várias contribuições que sofrera.

Ambos os conceitos, de Ampère e de de Broglie, após muitas apreciações e modificações, de agentes variados, tornaram-se fatos estabelecidos, ou *fatiches* (LATOUR, 2001) aceitos pela comunidade científica.

Devido às diferenças de estruturas nos sítios eletrônicos nos quais estão disponíveis os artigos (os textos mais recentes possuem melhores informações sobre citações, por exemplo), os dados apresentados estarão em configurações diferentes. Além disso, os artigos Louis de de Broglie serão apresentados com mais detalhes, isso em razão de seu conceito de dualidade onda-partícula não constar em um único trabalho. E, ainda, pelo motivo de os primeiros artigos de de Broglie não terem repercutido como os demais, mesmo que seus conteúdos sejam semelhantes. Por outro lado, as ponderações de Ampère foram apresentadas em seus primeiros artigos, publicados em períodos muito próximos. Ademais, os conceitos de Ampère que iremos explorar já estão presentes nestes trabalhos iniciais. Apesar de apresentarmos de forma diferente ambos os episódios, as pesquisas foram realizadas sob as perspectivas dos mesmos referenciais teóricos e os procedimentos de coleta de informações foram os mesmos.

3.4 Primeiro estudo documental: as publicações de André-Marie Ampère e suas repercussões

Afim de localizarmos temporalmente e espacialmente as publicações sobre corrente elétrica de Ampère, iremos situar o autor historicamente.

Enfatizamos em passagens anteriores que procuramos analisar os episódios

[89] Conforme nota anterior, também detalharemos este episódio.

históricos sem considerá-los como algo inserido em um contexto, dando a entender que estes eventos são objetos que interagem com um ou outro elemento daquele cenário. Nosso ponto de vista pressupõe que os episódios compõem o contexto, não nos sendo possível delimitar fronteiras entre o fazer científico e as demais manifestações. Conquanto devemos destacar alguns atores que constituirão a rede que sustenta a definição de corrente elétrica.

3.4.1 Correntes filosóficas

Nascido em Lyon, Ampère só se estabeleceu em Paris aos 28 anos, quando foi indicado para um cargo de tutor na École Polytechnique, no ano de 1804. Nos anos anteriores, foi professor nas cidades de Ain e Lyon, período no qual publicou alguns artigos voltados para a resolução de problemas puramente matemáticos (ASSIS, CHAIB, 2011). É importante destacar que, devido ao fato de seu amadurecimento intelectual ter ocorrido fora da capital francesa, Ampère teve contato com correntes filosóficas distintas àquelas que prevaleciam no meio acadêmico parisiense (HOFMANN, 1995).

A capital francesa, durante o Iluminismo, foi cenário de uma efervescência científica pautada, sobretudo, em um viés mecanicista. Característica esta que não era exclusiva dos filósofos naturais[90] residentes em Paris. Via-se em toda a Europa, nas primeiras décadas do século XVIII, o desenvolvimento das ciências a partir de modelos exportados da mecânica (GUERRA, 2002). A concepção mecanicista baseava-se na ciência newtoniana, entendendo a natureza como um conjunto de corpúsculos e de fluidos em movimento. As configurações e os movimentos desses elementos seriam os responsáveis pelos diferentes fenômenos naturais. Assim, o conhecimento do comportamento dos corpúsculos e fluidos, que se dava em termos de relações geométricas e de ação de forças que atuavam mutuamente entre aquelas entidades (forças passivas de ação e reação), levaria ao pleno entendimento da natureza[91] (HENDRY, 1986).

O pensamento filosófico iluminista era fundamentado por distintas correntes, por vezes divergentes. Dentre elas, destacaremos aquelas que, direta ou indiretamente, estruturam as redes dos conceitos que debateremos. O mecanicismo foi conduzido por

[90] Aqueles que se dedicavam aos estudos das ciências eram chamados de *homens das ciências* ou *filósofos naturais*, o termo *cientista* passa a ser usado para representá-los em meados do século XIX, após publicação de uma obra de William Whewell (1794 – 1866) por volta de 1840 (SCHULTZ, 2013).

[91] Guerra (2002) oferece-nos exemplos de como o modelo explicativo da natureza, pautado na visão mecanicista, estava presente em estudos diversos, como os da botânica. A autora cita os trabalhos de Albrecht von Haller (1708-1777), Joseph Priestley (1733-1804) e Antoine-Laurent Lavoisier (1743- 1794), que procuravam explicar a digestão, a circulação sanguínea e a respiração dos animais a partir de conceitos mecânicos de pressão e força de tensão.

pelo menos três correntes filosóficas: o racionalismo de René Descartes (1596 – 1650); o empirismo de John Locke (1632 – 1704); e a filosofia conciliadora entre empirismo e racionalismo de Immanuel Kant (1724 – 1804) (LOSONSKY, 2001). Uma quarta vertente também será discutida, a Naturphilosophie, marcando oposição à visão mecanicista (CLARK, et al., 1999; GUERRA, 2002; SILVA, SILVA, 2017).

Descartes formulou uma analogia entre a natureza e as máquinas, em especial comparando o funcionamento dos relógios com organismos vivos (PIMENTEL, 2007). Para Descartes, então, compreender o funcionamento de aparatos mecânicos significava entender a natureza. Segundo Pimentel (2007), na perspectiva cartesiana, as máquinas cumpriam a função de mostrar a realidade muito melhor que os organismos vivos, já que conseguiam simplificar, abstrair e fazer inteligível o que antes era visto como inacessível, invisível ou misterioso.

Locke, por sua vez, defendia o caráter experimental do fazer científico (HANKINS, 2002). Assim como Bacon ou Newton, o filósofo havia "demonstrado de forma convincente que o conhecimento do mundo físico não podia ser obtido a partir de princípios primordiais sem recorre à experimentação" (HANKINS, 2002, p. 48). A argumentação de que o conhecimento seria conquistado pelos sentidos coloca a filosofia de Locke em uma posição divergente a de Descartes, que recorria à razão como caminho para se explicar a natureza. Contudo, apesar de rivalizarem, tanto o empirismo de Locke, quanto o racionalismo de Descartes fundamentaram o pensamento moderno (CHALMERS, 2010).

A terceira corrente filosófica que destacamos, dentre aquelas que caracterizaram o pensamento iluminista, remete aos argumentos de Immanuel Kant (1724-1804). Sua proposta de um Idealismo Transcendental consistia na superação tanto do racionalismo quanto do empirismo (RUSSELL, 2015). Kant acreditava que a mecânica de Newton era um sistema abrangente, claro e definitivo para a Física, de tal sorte que pretendia realizar o mesmo para a Filosofia (GUERRA, 2002). Apesar disso, o filósofo criticou algumas bases da filosofia newtoniana, como as noções de tempo e espeço absolutos. Para Kant, o mundo seria composto por um plano fenomênico, cognoscível e, por vezes, tangível, além de uma face contrária, incognoscível e suprassensível, que consistiria na coisa-em-si (RUSSELL, 2015). Objetos ordinários que aparecem à consciência são somente aparências, são inteiramente fenomênicas e não a coisa-em-si.

No contexto proposto por Kant, espaço e tempo seriam definições previamente concebidas, independentes da experiência, subjetivas, que permitiriam ao homem formular conhecimentos acerca do mundo sensível (RUSSELL, 2015). Ou seja, Kant defendia que tempo e espaço seriam modos pelos quais a mente apreenderia a existência. Fora isso, tempo e espaço seriam universais, livres da experiência, isto

porque são justamente eles que permitem que tudo, inclusive a própria experiência, venha a acontecer (IDEM, IBDEM). No espaço se encontram presentes os objetos materiais que são externos ao sujeito. No tempo o homem fundamenta o mundo. Nesta linha filosófica, o tempo é uma experiência intuitiva, na qual percebemos as alterações da natureza, as mudanças dos estados dos objetos.

Kant ainda se afastava do sistema newtoniano em suas definições de causalidade e universalidades. A propósito da causalidade dos fenômenos naturais, Kant afirmava que não seria dada pela simples sucessão de eventos, mais importante do que a sequência dos acontecimentos, segundo o filósofo, seria a forma como eles se relacionavam (GUERRA, 2002). Sobre a universalidade das leis naturais, cuja premissa newtoniana era de que as propriedades das entidades observáveis poderiam ser assumidas como propriedades das partículas inerentes à matéria insensível, Kant assumia que se tratava de um conhecimento a priori, independente da experiência.

Schütz (2009) acrescenta que a questão que Kant se impunha era a de que como seria possível "a partir das sensações que nos chegam pelos sentidos, poder afirmar algo novo com pretensão de validade universal" (SCHÜTZ, 2009, p. 240). Ou ainda, como obter juízos que apresentam algo novo e, ao mesmo tempo, possam ser considerados necessários, verdadeiros e capazes de prever determinados fenômenos com exatidão? A resposta estava na distinção entre juízos *a priori* e *a posteriori*, apresentadas por Kant. Nem todos os juízos seriam consequências de experiências empíricas (*a posteriori*), existiriam aqueles que poderiam ser feitos a partir da racionalidade (*a priori*). A partir dessas definições, Kant acreditava que seria possível equacionar empirismo e racionalismo, novidade com verdade (IDEM, IBDEM).

No final do século XVII e início do século XIX observou-se o questionamento do mecanicismo com o movimento romântico, cujos "princípios apriorísticos de caráter metafísico pressupunham que na natureza deveria haver a conservação de 'algo'" (SILVA, SILVA, 2017, p. 688). Uma corrente filosófica associada àquele movimento, que respaldava seus princípios, era a Naturphilosophie. Essa filosofia vinculada ao romantismo alemão baseava-se, sobretudo, nas obras de Friedrich von Schelling (1775-1854) (SHANAHAN, 1989; SILVA, SILVA, 2017).

Schelling, em certa medida, se apropriou das obras de Kant, em especial no que se referia à redução da realidade a um sistema de forças de atração e repulsão (GUERRA, 2002). Porém, enquanto Kant definia as forças como tensão no espaço, Schelling via aquele sistema como algo vivo, entendendo a essência da natureza em uma permanente atividade de oposição de forças de atração e repulsão. Assim, o mundo estaria constantemente em conflito, onde uma das forças sempre seria superior a outra (IDEM, IBDEM).

Silva e Silva (2017), em estudo que discute a atuação da Naturphilosophie no desenvolvimento do eletromagnetismo, no início do século XIX, acrescentam:

> De maneira geral, os Naturphilosophen colocam o organismo como metáfora fundamental de sua ciência universal. Desse modo, buscavam um princípio unificador para todos os fenômenos naturais, por meio dos processos de transformação e conversão. Schelling, o filósofo de maior expressão da Naturphilosophie, sustentava que os fenômenos magnéticos, elétricos, químicos e até mesmo os orgânicos deveriam se entrelaçar, formando uma grande associação que se estenderia por toda a natureza, e, nessa tentativa, procurou nas ciências processos de conversão e transformação. A princípio, a química pareceu-lhe a ciência física básica; a partir de 1800, passou a considerar o galvanismo como tal, pois seria o verdadeiro fenômeno limítrofe entre ambas as naturezas (a orgânica e a inorgânica). (SILVA, SILVA, 2017, p. 688).

Para as autoras, a concepção dinâmica da natureza contradizia o paradigma mecânico vigente, que pressupunha a natureza como uma máquina que obedecia a certas regras. Segundo a Naturphilosophie a natureza seria um todo orgânico, onde todos os fenômenos se interconectam e na qual homens e naturezas se interagiam, modificando-se mutuamente. Neste prisma, a natureza seria regida por um princípio único, que regulava todos os fenômenos, destacando-se em algum momento de sua ocorrência (SILVA, SILVA, 2017).

A Naturphilosophie era apresentada como uma “física especulativa” e, neste aspecto, discordava da intangibilidade da natureza kantiana, apesar do entendimento da limitação em se aplicar a razão pura à natureza (SHANAHAN, 1989). A despeito das críticas ao mecanicismo, além de se declarar uma filosofia apriorística, tal metafísica não constituía um substituto do empirismo. A metafísica forneceria uma heurística que orientaria a formulação de perguntas sobre os fenômenos naturais ocasionando na execução de experimentos apropriados para obtenção das respostas àquelas questões (IDEM, IBDEM). Ademais, a Naturphilosophie precisava do empirismo “para poder atingir mais respeitabilidade entre os filósofos naturais” (SILVA, SILVA, 2017, p.696).

Daquilo que expusemos, podemos concluir que a Naturphilosophie, assim como as demais linhas teóricas, também pode ser compreendidas como uma construção social, tangenciando algumas características de outras correntes filosóficas e dialogando com as demais áreas do conhecimento de sua época. A presença de atores variados na construção daquela filosofia pode ser constatada, ainda, observando trabalhos que se aproximam de suas acepções ou daqueles que as criticam. Neste sentido, as autoras Silva e Silva (2017) relatam que nem todos os adeptos da teoria dinâmica seriam simpatizantes da Naturphilosophie. A teoria de Schelling era, por vezes, considerada fantasiosa e de difícil compreensão, de tal sorte que era possível encontrar aqueles que acreditavam nas polaridades das forças ou na alegoria de uma

natureza orgânica, mas que não se declaravam adeptos à Naturphilosophie (IDEM, IBDEM). Kleinert (2000 apud SILVA, SILVA, 2017) alega que, mesmo avaliando fontes primárias, não é trivial caracterizar aqueles trabalhos e/ou filósofos como partidários de Schelling.

3.4.2 Filosofia natural na França iluminista

Muitos trabalhos de filosofia natural pautavam-se, então, em concepções mecanicistas ou em vieses que se opunham à acepção newtoniana. Na eletricidade, por exemplo, o trabalho do francês Charles Augustin de Coulomb (1736 – 1806) fortaleceu a premissa mecanicista ao se apropriar do modelo gravitacional para estruturar as forças entre os distintos fluidos elétricos (GUERRA, 2002). Coulomb não somente encontrou uma relação matemática muito similar à Lei da Gravitação Universal de Newton, como também utilizou um aparato experimental que outrora fora utilizado no estudo de forças entre massas. Para isso, o francês utilizou uma balança de torção, semelhante à usada por Henry Cavendish (1731−1810), também ao final do século XVIII, em seus estudos sobre gravitação.

Conforme nos alertaram Silva e Sila (2017), caracterizar filósofos naturais dos séculos XVIII e XIX como partidários à Naturphilosophie é um exercício complexo, no sentido em que nem todos assim se declaravam ou seus trabalhos refletiam aspectos, também, das vertentes filosóficas mecanicistas. Contudo, encontramos autores (GOWER, 1973; CANEVA, 1980; MARTINS, 1986) que situam alguns filósofos como *Naturphilosophen*, dentre eles Hans Christian Oersted (1777-1851) e Johann Wilhelm Ritter (1776-1810), ambos com contribuições ao galvanismo, eletricidade e magnetismo. Ritter investigou relações entre efeitos fisiológicos e eletricidade, além das reações químicas derivadas dos efeitos da eletricidade. Oersted, por sua vez, realizou pesquisas sobre a relação da eletricidade e o magnetismo (SILVA, SILVA, 2017).

As críticas ao mecanicismo partiram também de matemáticos, como no caso de Leonhard Euler (1707 – 1783) quando, em 1760, publicou trabalhos sobre fenômenos elétricos e magnéticos, sendo contrário à ideia de ação à distância (GUERRA, 2002). Imaginava o espaço preenchido por um fluido etéreo. Os fenômenos por ele estudados dar-se-iam, então, neste fluido e para explicá-los, retomando a teoria ondulatória, formulou um tratamento matemático que se adequava à sua conceituação. Euler divergia daqueles que pregavam a existência de dois fluidos elétricos, de naturezas distintas, agindo à distância a partir de forças de atração e repulsão (IDEM, IBDEM).

Ainda nesta área, nas primeiras décadas do século XIX observava-se uma tensão na França em razão do chamado Programa de Pesquisa Laplaciano, isto é, “a tentativa de representar em linguagem matemática os fenômenos físicos e químicos

estudados pelos filósofos experimentais" (GARDELLI, 2018, p. 121).

O programa de Pierre Simon Laplace (1749 - 1827) origina-se da visão newtoniana de ação à distância entre partículas, contudo consistia em uma reformulação da filosofia de Newton (IDEM, IBDEM). O francês defendia a ideia de reduzir os fenômenos físicos a um sistema de partículas exercendo forças de atração e repulsão entre si, aplicando a teoria da gravitação universal no estudo das afinidades moleculares, ele visava matematizar o estudo daquelas forças a partir de uma "visão astronômica da natureza" (BRAGA, 2000, p.70). O Programa Laplaciano exerceu forte influência no estabelecimento de uma visão matemática da Física na França do século XVIII, sendo rivalizado no início do século seguinte, em especial por aqueles que eram adeptos à Naturphilosophie.

Em defesa do Programa Laplaciano, um grupo de filósofos naturais, incluindo nomes com Jean-Baptisme Biot (1774-1862) e do também francês Siméon Denis Poisson (1781 – 1840), confrontaram o grupo composto por François Arago (1786-1853), Augustin Jean Fresnel (1788 – 1827), Pierre Louis Dulong (1785 – 1838), Marc-Antoine Petit (1760-1840), Joseph Fourier (1768-1830) e Ampère (CANEVA, 1980). Este segundo grupo procurava compreender a natureza a partir de relações entre os diferentes fenômenos manifestos, as quais ocorreriam em função das diferentes vibrações e movimentos do éter, meio que permeava todo espaço e todos os corpos (GUERRA, 2002).

As divergências em torno do Programa Laplaciano podem ser notadas nas práticas científicas daquele período. Apesar de o grupo que se opunha àquele programa não ser tão coeso quanto o grupo de apoiadores, é notável que os trabalhos publicados ou apresentados por algum membro de um dos grupos eram defendidos por adeptos à mesma linha de pensamento e, por outro lado, criticados pelos filósofos que se posicionavam na corrente contrária. Fato este que nos impede de afirmar que a aceitação ou rejeição de novas teorias ou conceitos, pelos pares, eram provocadas apenas pela análise dos pressupostos puramente científicos ou eram, ainda, embasadas por afinidades filosóficas e interesses pessoais. Caneva (1980) destaca essa segregação narrando que em 1817, Ampère e Fresnel disputaram um prêmio oferecido pela Academia de Ciências de Paris para aqueles que resolvessem o problema do fenômeno de difração. Ocasião esta em que se intensificou a disputa de Biot e apoiadores da teoria de Laplace com Ampère, Fresnel e Arago, neste caso, sobre a natureza corpuscular da luz (GUERRA, 2002).

Ampère se encontrava, então, entre aqueles que apresentavam afinidades com a Naturphilosophie. Sobre essa aproximação, Caneva (1980) defende que o interesse que Ampère demonstrou em relação aos resultados de Oersted, deveu-se,

principalmente, ao apego a essa corrente filosófica. Segundo aquele autor, Ampère não se dedicava aos estudos dos fenômenos elétricos até o momento em que toma conhecimento do trabalho do filósofo dinamarquês. As propensões filosóficas de Ampère relacionam-se diretamente com sua trajetória profissional e acadêmica, de tal forma que se mostra relevante retomarmos sua biografia.

Hofmann (1995) destaca que Ampère não teve uma educação formal. A educação francesa ainda sofreria modificações após a revolução de 1789, contudo Ampère se alfabetiza e conclui grande parte de seus estudos antes daquela data. Seu pai o incentivou a estudar em casa, construindo-lhe uma imensa biblioteca (HOFMANN, 1995). Este fato, a princípio irrelevante, indica que Ampère não foi conduzido ao programa matemático de Laplace por nenhum professor, induzindo-nos, ainda, a afirmar que ele teve acesso a correntes filosóficas alternativas. Em etapas posteriores de sua trajetória, mostrou-se bastante familiarizado tanto com o mecanicismo newtoniano, quanto com correntes divergentes (CANEVA, 1980).

Na fase adulta, após um período lecionando de maneira informal em residências, Ampère iniciou sua carreira de professor de matemática na instituição de ensino Bourg École Centrale de l'Ain, em Lyon, no ano de 1802. Neste período ele publicou alguns estudos sobre matemática (HOFMANN, 1995). Em uma das apresentações destes estudos, o então membro associado da Academia de Ciências francesa, o francês Jean Baptiste Joseph Delambre (1749 – 1822), se interessou pelos trabalhos de Ampère e o indicou como tutor na École Polytechnique de Paris, em 1804, tornando-se professor dessa instituição em 1808 (IDEM, IBDEM). Além de Delambre, que contribui muito com sua carreira, Ampère conheceu outras personalidades neste período que viriam apoiá-lo futuramente, entre eles Arago. Ampère viria se tornar membro da Academia francesa em 1814, com indicação de Arago (IDEM, IBDEM).

Novamente em 1802, Ampère estabeleceu breve contato com outro filósofo natural, o francês Laplace. Ele recebeu uma carta de Laplace que criticava um de seus trabalhos sobre matemática, publicado naquele ano (HOFMANN, 1995). No tempo em que trabalhou em Lyon, Ampère se relacionou com professores que lecionavam as "tradições médicas e místicas"[92] (IDEM, IBDEM, p. 82) e que frequentavam sociedades esotéricas, muito comuns em Lyon naquele período, entre aquelas tradições estava, por exemplo, o mesmerismo. Isto significou contato com uma visão espiritual da natureza, muito díspar daquela predominante no maio acadêmico parisiense pós-revolução, o qual desvinculava-se de qualquer interpretação mística da natureza (IDEM, IBDEM). Apesar de Ampère não ter se declarado adepto a nenhuma daquelas tradições e,

[92] Do original: Mystical and Medical Traditions.

também, não ter frequentado nenhuma sociedade esotérica, a vivência em Lyon pode ter naturalizado o entendimento de uma natureza orgânica, pregado pela Naturphilosophie.

Outro contato relevante que Ampère tivera com obras de filósofos naturais do início do século XIX foi apontado por Caneva (1980). Trata-se de uma obra de Oersted, publicada antes de 1820, na qual o dinamarquês defendeu a unificação dos fenômenos químicos, calor, luz, eletricidade e magnetismo, relacionando-os com duas forças básicas estendidas no espaço (IDEM, IBDEM).

Em 1806, Oersted publicou no periódico alemão *Neues Allgemeines Journal der Chemie* um artigo onde apresentava sua suspeita de que havia uma conexão causal de todos os fenômenos descritos anteriormente, de forma que todos os fenômenos eram, pois, produtos de uma mesma entidade natural, submetida a situações diferentes. Este mesmo texto foi traduzido para o francês e publicado na França em 1813 (OERSTED, 1998). Ampère obteve uma cópia da tradução de Oersted de seu amigo francês em comum ao dinamarquês, Michel Eugène Chevreul (1754 – 1845), conforme consta na carta de outro francês, Henri Marie Ducrotay de Blainville (1777 – 1850), endereçada ao próprio Oersted (CANEVA, 1980; STEINLE, 2016). Assim, em 1820, antes da apresentação da experiência de Oersted, que será alvo de análise ainda neste capítulo, Ampère já sabia do interesse de Oersted em igualar fenômenos elétricos e magnéticos e, em contrapartida, Oersted sabia que Ampère conhecia seu trabalho e compartilhava daquele interesse.

3.4.3 França no período da revolução

Em momentos anteriores destacamos a Revolução Francesa como referência temporal, mas sua relevância e participação nos aspectos científicos vai além de situar episódios que lhe são póstumos ou precedentes. A participação de filósofos naturais nos eventos da Revolução Francesa conduz-nos a destacar as práticas científicas em torno às Academias Científicas no século XVIII.

Antes da revolução, muitos filósofos naturais, como o francês Nicolas Léonard Sadi Carnot (1796 – 1832), mostravam-se descontentes com a Academia Francesa de Ciências, pois não tinham seus trabalhos reconhecidos por ela (HOFMANN, 1995). O apoio destes estudiosos à Revolução resultou em uma mudança na relação estado e ciências (IDEM, IBDEM). Um importante marco foi o fechamento temporário da Academia de Ciências Francesa, quando da queda da Bastilha em 1789. Sua reabertura em 1795 foi acompanhada pela ascensão daqueles cientistas desgostosos com o cenário anterior (IDEM, IBDEM). A partir da Revolução, a ciência passou a ser percebida de forma mais clara como importante aliada do poder e da hegemonia nacional. Apesar

de a monarquia ter apoiado a Academia de Ciências de Paris, a aproximação política foi elevada no período após revolução, em especial pelo interesse do general francês Napoleão Bonaparte (1769 – 1821) com os produtos científicos (IDEM, IBDEM).

Enquanto primeiro Cônsul da França, Napoleão restituiu a Academia de Ciências de Paris e outras associações científicas encerradas no período revolucionário. Ele as denominou como “Classes” do Instituto Nacional de Ciências e Artes (HOFMANN, 1995, p. 99). A antiga Academia tornar-se-ia a Segunda Classe enquanto uma Primeira Classe foi formada com novos cientistas, prestigiados após este processo[93].

Uma definição sintética de Academia Científica indica que se trata de “uma organização voluntária que compreende os acadêmicos de elite de um país; os acadêmicos são eleitos por mérito por suas contribuições científicas” (HIN, SUBRAMANIAM, 2009, p. 134). A importância dessas sociedades eruditas foi apontada por Phillips (2016), definindo-as como organizações que formalizam alianças intelectuais e culturais, cujos membros tem o poder de direcionar os caminhos das ciências naquele tempo e espaço. Numa visão mais ampla, Hin e Subramaniam (2009) sugerem que as sociedades científicas têm o papel de capitalizar o potencial da ciência e tecnologia, revigorando o movimento da sociedade científica de um país e impulsionando uma melhoria socioeconômica.

Essas sociedades eruditas proporcionavam um local, no qual o conhecimento forjava uma aliança com os impulsos éticos e utilitários mais amplos de sua época, em especial, no período do Iluminismo. Ao lado das universidades, as Academias foram indiscutivelmente o local institucional mais importante da ciência moderna (PHILLIPS, 2016). Além de se configurarem como uma busca unitária e coerente do conhecimento científico, as Academias Científicas também compartilhavam os compromissos epistêmicos específicos incorporados nas práticas científicas.

A organização em torno de interesses comuns no âmbito científico intensificou-se durante o século XVIII (PHILLIPS, 2016). Havia apenas algumas dezenas de Academias na Europa no ano de 1700, enquanto no início do século XIX eram contabilizadas mais de 650 organizações científicas (IDEM, IBDEM). Durante o Iluminismo, duas Academias se destacaram tanto por seus membros quanto pelas obras publicadas, a Royal Society e a Academie Royale des Sciences (HOFMANN, 1995). A primeira estabeleceu-se na Inglaterra em 1660, a segunda, a Academia de Ciências francesa, se estabilizou no ano de 1666, mas sofreu mudanças após no período da Revolução Francesa. Ambas se notabilizaram por receber correspondências de filósofos (e cientistas) de vários países distintos, aquelas consideradas mais relevantes

[93] Em 1816, quando Luís XVIII reassume o trono da França, as classes voltam a ser chamadas de Academias, a Primeira Classe torna-se, assim, a atual Academia de Ciências Francesa (HOFMANN, 1995).

eram lidas em audiências das próprias Academias.

Três tensões apoiaram o crescimento daquelas instituições no século XVIII: melhoria econômica, engrandecimento cultural e comunicação. A importância de cada uma dessas razões variava de local em local, mas Phillips (2016) afirma que essas características se faziam presentes em todas elas. Em algumas associações o interesse pelo aperfeiçoamento econômico e prático se destacava. Nessas, o estudo da natureza era vinculado ao aprimoramento prático do artesanato, da manufatura e da agricultura. A atenção pública que tais grupos geraram também foi útil nos campos da política e da cultura. Na França, por exemplo, a Academia ampliou o poder simbólico da monarquia francesa. Na Alemanha, a reforma da Academia Real de Ciências de Berlim, no século XVII, se deu, em parte, para promover uma imagem cosmopolita, alinhada ao Iluminismo. E, como já mencionado, as sociedades e Academias eram órgãos importantes no recebimento, seleção e divulgação de correspondências científicas, consolidando a organização reconhecida como República das Letras (ou República das Cartas) (PHILLIPS, 2016).

A República das Cartas surgiu em virtude das trocas de informações entre filósofos nos séculos XVI, XVII e, sobretudo, no XVIII. Nestes períodos, a forma de correspondência e divulgação dos resultados científicos era através de cartas (JARDIM, GUERRA, 2017). Essas correspondências eram endereçadas a personalidades de renome na área científica ou às próprias Academias. Devido ao grande volume de material recebido, nem todas eram lidas e compartilhadas com os demais membros, de tal forma que os destinatários destes documentos exerciam uma função semelhante a dos avaliadores de artigos científicos ou editores de periódicos atuais, pois tinham o poder de decidir quais conhecimentos seriam divulgados e debatidos. Dessa forma, essa organização “possibilitou que a correspondência à distância se tornasse a chave para a subsistência no campo científico, processo intensificado consideravelmente pelos serviços postais estatais no final do século XVII” (IDEM, IBDEM, p.779).

As discussões acerca das correspondências que chegavam às instituições, além dos debates entre seus membros, geraram atas que futuramente foram reunidas e publicadas. Surgiram, dessa forma, os primeiros periódicos científicos (MEADOWS, 1999). Em 5 de janeiro de 1665 a *Academie Royale des Sciences de Paris*, deu início à primeira publicação do *Journal des Savants*, com resumos de livros, descrição de progressos científicos e técnicos, além de registros de decisões jurídica. O periódico francês foi lido na Royal Society seis dias depois de sua publicação. Em março de 1665, então, o conselho da Academia inglesa aprovou a publicação do *Philosophical Transactions: give some account of the Ingenious in many considerable parts of the World*. A revista francesa iniciou com edições semanais e, em seu princípio, só

publicava trabalhos de membros associados. A revista inglesa, por sua vez, publicava em uma média de cinco edições por ano e aceitava trabalhos externos, tornando-se modelo para as demais revistas europeias. A revisão por pares também foi uma prática que surgiu com estas revistas, servindo de exemplo para os periódicos futuros.

> Assim, com poucos meses de diferença no ano de 1665, a Académie des Sciences de Paris, primeiro, e a Royal Society de Londres, logo depois, instituíram um grupo de editores – cientistas reconhecidos como competentes pelos demais associados –, com a função de 'revisar' os manuscritos remetidos para publicação em suas respectivas revistas científicas, o Journal des Sçavans e o Philosophical Transactions. Dessa forma, estes grupos constituíram-se na "estrutura de autoridade que transforma a simples 'impressão' do trabalho científico em sua 'publicação'" (ZUCKERMAN, MERTON apud DAVY GARCIA, VELHO, 2017, p. 4).

A Academia de Ciência Francesa, em 1789, antes da queda da Bastilha, publicou a primeira impressão de uma nova revista, a *Annales de Chimie*, com edição de Antoine Lavoisier (1743 – 1794). Em 1816, o periódico tornou-se *Annales de Chimie et de Physique*, permanecendo assim até 1913. Tanto o periódico *Annales de Chimie*, quanto o *Journal des Savants* tiveram suas publicações irregulares, por vezes interrompida, nos anos imediatamente após a Revolução Francesa. Somente a partir da segunda década do século XIX é que suas publicações se tornaram periódicas (HOFMANN, 1995).

Além da troca de informações e dos conhecimentos científicos produzidos pelos filósofos naturais, através de cartas e periódicos, outro processo de divulgação também se popularizou durante o Iluminismo: as apresentações científicas. Estas apresentações (palestras ou demonstrações de experimentos) eram práticas que ocorriam entre membros da casta mais elevada da sociedade ou entre estudiosos da mesma área (PANCALDI, 2005), muitas vezes nas Academias Científicas. Contudo, no período histórico em que estamos discutindo, as apresentações dos experimentos científicos alcançaram o público menos especializado, de forma que muitas delas ocorreram em teatros ou em demais ambientes públicos. As apresentações a líderes políticos ou a membros das Academias e sociedades científicas, contudo, continuaram a ocorrer. Uma dessas apresentações é de grande relevância para os propósitos deste trabalho.

As publicações de Ampère que analisaremos ainda neste capítulo versam sobre as interpretações da experiência de Oersted, a qual foi realizada, primeiramente, para um grupo de cientistas, de diversas nacionalidades, que frequentaram um curso sobre eletricidade e magnetismo em Copenhagen, para outros filósofos naturais estudiosos dos fenômenos elétricos, no ano de 1820 (MARTINS, 1986).

É propício relembrarmos que Oersted era adepto à Naturphilosophie, o que implica em reconhecer que para ele os fenômenos elétricos e magnéticos eram consequências da mesma causa, e que haviam dois fluidos elétricos, os quais se

propagavam em sentidos opostos nos condutores, quando submetidos às condições ideais. O dinamarquês realizou um experimento com uma agulha imantada próxima a um fio condutor percorrido pelos fluidos elétricos. No instante em que se possibilitava a passagem dos fluidos no condutor, observou-se que a agulha sofria uma deflexão. Essa deflexão não era simétrica, ou seja, ao mudar a posição da agulha no entorno ao fio, o desvio também se alterava. A assimetria sugeria que o conflito elétrico no interior do fio ocorria em um movimento circular[94] e, de acordo com a intensidade dos fluidos, extrapolava os limites do condutor.

Entre os espectadores do curso, e da experiência, possivelmente, estava o então presidente francês da Academie Royale des Sciences (Academia de Ciências Francesa) Arago, que em setembro daquele ano reproduziu a experiência em Paris, na própria Academia, para os demais membros[95] (MARTINS, 1986; GUERRA, 2002; ASSIS, CHAIB, 2011). Na audiência da apresentação de Arago em Paris, quando reproduziu o experimento da agulha imantada, estavam membros não só daquela Academia, mas também filósofos de outras associações (GUERRA, 2002). Dentre aqueles, destacamos os nomes de Ampère e Biot, visto que ambos repercutiram o trabalho de Oersted e suas intepretações (CANEVA, 1980). Ampère dedicou-se, então, a realizar experimentos com fluidos elétricos percorrendo condutores.

Neste momento, cabe-nos destacar o crescimento de uma classe de trabalhadores na França iluminista, em especial após a mudança do status das ciências pós Revolução. A marcante presença de uma tradição empírica nas práticas científicas favoreceu o aumento de artesãos especializados na produção de experimentos científicos (HOFMANN, 1995). Apesar da relativa facilidade em se obter material para a produção dos equipamentos utilizados nos experimentos, muito em virtude da crescente demanda, e do significativo número de construtores, os custos para se contratar artesãos confiáveis eram altos, de tal maneira que a contribuição das sociedades científicas era providencial para alguns daqueles filósofos.

Em nosso estudo particular, os experimentos de Ampère foram confeccionados por Hippolyte Pixii (1808 - 1835), um construtor de experimentos francês (KING, 1962; MULTON, 1995). Pixxi trabalhava independentemente para alguns pesquisadores (Arago entre eles), mediante a pagamentos por seus trabalhos. Ampère, no período de

[94] Este resultado contrariava a expectativa de Oersted (GUERRA, 2002). Os adeptos da Naturphilosophie imaginavam que a ação magnética ocorreria como a radiação luminosa, irradiando a partir do fio, simetricamente em todas as direções (MARTINS, 1986; GUERRA, 2002).

[95] Há uma divergência nas versões de como Arago obteve conhecimento da experiência de Oersted. Para Martins (1996), o francês foi um dos participantes daquele curso, Assis e Chaib (2011), por outro lado, afirmam que um “folheto” foi enviado à Academia francesa descrevendo o experimento. Ambos concordam sobre a existência do curso em Copenhagen e a presença de Oersted como palestrante, além do fato de Arago reproduzir a experiência em Paris, em setembro de 1820.

maior produção científica, mesmo tendo remuneração fixa, não dispunha de uma condição financeira que lhe permitia gastos abusivos. Seus experimentos também não foram patrocinados por nenhuma instituição científica. Para pagar os serviços de Pixxi e o material utilizado na confecção dos experimentos, Ampère precisou acumular dívidas[96], já que teve de arcar com seus próprios gastos (HOFMANN, 1995). Essa peculiaridade no episódio de Ampère expõe-nos um elemento importante no fazer científico, pouco destacado em alguns estudos históricos levados ao ensino, a saber, a necessidade de arcar com os gastos do experimento e a busca por financiamentos.

É importante destacar que Ampère não menciona as contribuições de Pixxi em seus artigos (AMPÈRE, 1820a; 1820b; 1821; 1822; 1827), de tal forma que a análise dos documentos oficiais não nos levaria a relatar esse actante da produção do conceito de corrente elétrica. No estudo do eletromagnetismo, contudo, o construtor não foi totalmente excluído dos documentos históricos. Ele figura entre aqueles que contribuíram para a construção de conceitos da eletricidade, mas não por sua atuação junto à Ampère. Pixxi foi responsável pela fabricação de um gerador de corrente alternada, em 1832, fabricado a partir dos conceitos de Faraday, colaborando com as formulações do cientista inglês (MULTON, 1995). Este aparelho lhe rendeu reconhecimento no meio acadêmico, de tal sorte que Ampère publicou um artigo em 1833, na revista alemã Annalen der Physik, descrevendo o aparelho de Pixxi (AMPÈRE, 1833).

3.4.4 Trabalhos de Ampère

Ao apresentar a experiência da agulha imantada em Paris, Arago também expôs as interpretações de Oersted acerca do fenômeno observado. Ampère e Biot não concordavam com as explicações do filósofo dinamarquês, as quais defendiam que os dois fluidos elétricos, percorrendo o condutor em sentidos opostos, provocariam o conflito elétrico que transpassaria os limites do fio e, assim, provocariam a deflexão na agulha imantada (CANEVA, 1980). Tampouco, ambos ofereceram explicações semelhantes para o efeito magnético, circular e assimétrico, em torno do fio condutor (IDEM, IBDEM).

A demonstração de Oersted nos ilustra o processo de *tradução* apontado por Latour (1994), ou seja, a criação do *híbrido* conflito elétrico. Entendemos este conceito de Oersted como um *quase-objeto* (*híbrido*) (LATOUR, 1994) à medida em que sua

[96] Não há confirmação de que as dívidas foram decorrentes do gasto com Pixxi, mas sabe-se que os serviços do construtor, junto com o material necessário, eram onerosos (HOFMANN, 1995). E as elevadas dívidas de Ampère se deram no período em que ele se dedicou ao estudo dos fenômenos elétricos e magnéticos.

concepção engloba uma série de entidades distintas. A ideia de um fenômeno que extrapola os limites do condutor origina-se de uma concepção filosófica, na crença de uma unidade orgânica da natureza, o único *inscritor* (LATOUR, WOOLGAR, 1997) que a experiência oferecia era a deflexão da agulha. A própria visão filosófica de Oersted é uma construção social, tendo em vista que seu contato com *Naturphilosphens* se deu em uma viagem financiada pela Universidade de Copenhagen (MARTINS, 1986). Ou seja, a política de investimento daquela instituição favoreceu a interpretação que o filósofo apresentou sobre o experimento. A pilha voltaica utilizada na experiência, naquele momento já situada como uma caixa-preta, também é um *híbrido* cuja tradução se deu a partir de controvérsias (JARDIM, GUERRA, 2017).

Narraremos, então, os caminhos percorridos por Ampère e Biot na tentativa de construírem seus *fatiches* (LATOUR, 2001), a partir do quase-objeto demonstrado por Arago. Para isso, observaremos como eles determinaram *porta-vozes* (LATOUR, 1998), angariaram aliados, de preferência com maior *credibilidade* (LATOUR, WOOLGAR, 1997), na expectativa de seus enunciados, após o processo de *purificação* (LATOUR, 1994), se transformarem em um enunciado do tipo 4 (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Na subseção anterior relatamos que as diferenças de Ampère e Biot não se iniciaram, nem se limitavam, na interpretação da experiência de Oersted. As objeções entre eles, em relação ao programa laplaciano, estão presentes, também, nas diferentes interpretações da experiência de Oersted.

Biot, em parceria com outro membro da Academia, o francês Félix Savart (1791-1841), interpretou aquela experiência como uma indicação de que a passagem de corrente pelo fio o havia magnetizado (GUERRA, 2002). Explicaram, então, o fenômeno através de uma interação entre polos magnéticos que surgiram no fio condutor e aqueles existentes na agulha imantada. Ampère, por outro lado, usou o princípio newtoniano da ação e reação direta entre o fio e ímã (IDEM, IBDEM). Para explicar a experiência de Oersted, Ampère defendeu a existência de correntes elétricas no interior da agulha magnetizada, se contrapondo à existência de partículas magnéticas (IDEM, IBDEM). Em outros termos, Biot, seguindo o Princípio de Laplace, defendeu a ação entre partículas magnéticas enquanto Ampère negou a existência dessas partículas, afirmando que o magnetismo seria um fenômeno elétrico, ou seja, da mesma natureza dos fluidos no interior do fio.

Para Biot, então, fenômenos elétricos e magnéticos eram de naturezas distintas. Junto com Savart, ele desenvolveu uma equação que determinaria a força entre estas partículas, apresentada na Academia de Ciências de Paris e publicada no artigo de 30 de outubro de 1820 intitulado *Note sur le Magnétisme de la pile de Volta*, do periódico

Annales de Chimie et de Physique[97]. Ampère submeteu aos *Annales de Chimie et de Physique,* em 2 de outubro de 1820, o artigo intitulado *Sur les effets des courants électriques*[98], que descrevia e debatia suas experiências demonstradas à Academia nos dias 18 e 25 de setembro do mesmo ano. No texto, o francês defendeu a existência de fluidos elétricos no interior da agulha magnetizada e que esses interagiam com os fluidos no condutor. Mais uma vez ressaltamos que Ampère não assumiu a existência de moléculas magnéticas no interior do ímã, como Biot, e supôs que as forças entre dois elementos de corrente se direcionam ao longo da linha reta que une seus pontos médios.

Na segunda parte daquele trabalho, publicado no mesmo volume daquele periódico, Ampère apresentou sua discussão a respeito da ação magnética da Terra não só sobre um ímã, mas também sobre um condutor com corrente elétrica. Ampère demonstrou, então, a ação diretriz da Terra sobre um circuito elétrico (AMPÈRE, 1820b). Para defender seus argumentos, o filósofo realizou uma série de experimentos, entre os dias 4 e 25 de setembro de 1820 (STEINLE, 2016), que foram apresentados à Academia e publicados no artigo citado anteriormente (AMPÈRE, 1820a; 1820b). Entre os anos de 1820 a 1826, Ampère realizou novos experimentos e publicou novas memórias e artigos, compilados em dois trabalhos publicados em 1826 e 1827 (AMPÈRE, 1827). Na Tabela 3.2, expomos os principais trabalhos publicados por Ampère entre 1820 e 1827 seus estudos sobre eletricidade e magnetismo[99]. Estes documentos foram, então, os *porta-vozes* (LATOUR, 2000) de Ampère frente à comunidade científica, uma vez que encaminharam sua *tradução* (LATOUR, 1994).

TABELA 3.2 – Principais Artigos de Ampère sobre sua conceituação de correte elétrica

Ano	Artigo / Periódico	Notas
1820	Suite du Mémoire L'action mutuelle de deux courants électriques [...] Mémoire présente à l'Académie royale des Sciences [...] Annales de Chimie et de Physique (AMPÈRE, 1820a ; 1820b)	Primeiros artigos de Ampère sobre Eletromagnetismo.
1821	Note sur un appareil à l'aide duquel on peut vérifier toutes les propriétés des conducteurs de l'électricité voltaïque, d´couvertes par M. Ampère (Nota sobre um aparelho com o qual se podem verificar todas as propriedades dos condutores da eletricidade voltaica, descobertos por M. Ampère) Annales de Chimie et de Physique (AMPÈRE, 1821)	Novos estudos sobre forças magnéticas.

[97] O artigo foi traduzido para o português por Assis e Chaib (2006).
[98] Traduzido para o português por Assis e Chaib (2011).
[99] Assis e Chaib (2015) listaram dezenas de documentos de Ampère (artigos, cartas ou apresentações de experiências, relatadas nas atas dos periódicos), sobre eletromagnetismo, produzidos entre os anos de 1820 e 1827. Listamos aqueles que apresentaram alguns conceitos pela primeira vez ou os que reuniam informações de diversos trabalhos do próprio Ampère.

1822	Recueil d'observations électro-dynamiques, contenant divers mémoires, notices, extraits de lettres ou d'ouvrages périodiques sur les sciences, relatifs à l'action mutuelle de deux courants électriques, à celle qui existe entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et à celle de deux aimants l'un sur l'autre. (Conjunto de observações eletrodinâmicas, contendo várias memórias, avisos, extratos de cartas ou trabalhos periódicos sobre ciência, relativos à ação mútua de duas correntes elétricas, àquela que existe entre uma corrente elétrica e um ímã ou o globo terrestre, e dois ímãs um em cima do outro). Annales de Chimie et de Physique (AMPÈRE, 1822)	Reúne estudos apresentados e publicados em 1820, 1821 e 1822. Apesar da data que consta no documento, somente foi publicado em 1823, pois apresenta um extrato feito por Savary de uma obra que apresentou à Academia de Ciências em 1823 (ASSIS, CHAIB, 2011)
1826	Théorie des Phénomènes Électrodynamiques, Uniquement D´enduite ´ de l'Expérience. (Teoria dos fenômenos eletrodinâmicos, apenas revestida de experiência). Annales de Chimie et de Physique (AMPÈRE, 1827)	Maior obra de Ampère sobre eletromagnetismo. Reúne os trabalhos realizados entre 1820 e 1826. Foi revisado, ampliado e republicado em 1827.

Fonte: Elaboração Própria

As interpretações de Ampère e de Biot não foram imediatamente aceitas pelos acadêmicos franceses. Mas Ampère teve apoio daqueles que discordavam do Programa de Pesquisa Laplaciano, pessoas como Arago e Fresnel, por outro lado, Biot foi defendido pelos filósofos que eram adeptos àquele programa (CANEVA, 1980).

Entendemos que a interpretação de Ampère, ainda que modificada, prevaleceu e se tornou uma *caixa-preta* nos estudos acerca do eletromagnetismo. Afim de obtermos argumentos para interpretarmos como esse *fatiche* foi estabelecido, avaliamos como os trabalhos de Ampère e Biot repercutiram após suas publicações. Para tal, levantamos o número de citações a ambos os filósofos nos periódicos das Academias de que mais se destacavam na década de 1820, o periódico *Annales de Chimie et de Physique* e o periódico *Annales de Chimie et de Physique* da Academia de Ciências Francesa, e o periódico da Academia de Ciências Inglesa, *Philosophical Transactions*. Acrescentamos na pesquisa o jornal *Annals of Philosophy*[100], também publicado em inglês, em razão do destaque que os trabalhos de Ampère e Biot tiveram neste veículo, a partir de um artigo de Faraday (1821), exercendo o papel de *porta-voz* (LATOUR, 1998) dos dois filósofos.

A forma como se davam as referências naquele período era bastante diferente daquela que conhecemos atualmente. Não havia a necessidade de enunciar o artigo que constava o conceito ou teoria discutidos, por vezes, bastava mencionar o filósofo que apresentara os argumentos[101]. Assim, não era possível verificar qual dos artigos de Ampère ou de Biot estavam sendo discutidos. Assim, para realizarmos o levantamento das citações limitamo-nos a procurar nos sítios eletrônicos dos quatro veículos os termos "Ampère" e "Biot". O período selecionado, a princípio, compreendia todo o século

[100] Fundado em 1813.
[101] Faraday (1821), por exemplo, menciona somente os trabalhos do "sr. Ampère" ou do "sr. Biot".

XIX. Mas, em razão das datas das primeiras publicações, realizamos a busca em trabalhos publicados entre 1820 e 1900. Nem todos os artigos estão acessíveis, mas, quando o estavam, avaliamos os textos para determinarmos se tratavam ou não do debate sobre a natureza dos *fluidos elétricos* e de seus efeitos magnéticos.

A análise de cada artigo foi substancial. A leitura integral daqueles textos mostrou-se irrelevante devido à alguns aspectos. Primeiro, entendíamos que a controvérsia sobre as interpretações de Biot e Ampère sobre os fenômenos eletromagnéticos já está encerrada, prevalecendo o enunciado de Ampère (mesmo que modificado). Em segundo lugar, concordando com a teoria de Latour, as retiradas e os acréscimo de *modalidades* (LATOUR, WOOLGAR, 1997), que modificarão o enunciado original, comporão a rede daquele conceito. Em outras palavras, tanto os trabalhos que concordam, quanto os que discordam, são atores que participam daquela construção. Enquanto observamos citações, acompanhamos o processo de construção daquele conhecimento, até sua aceitação ou rejeição. Em terceiro lugar, o volume de artigos levantados a serem lidos era muito elevado (tínhamos em mente a outra etapa do projeto, que ainda seria executada, o levantamento das citações dos trabalhos de Louis de Broglie).

Os primeiros resultados obtidos referem-se ao número de citações a Ampère e Biot, na França e na Inglaterra, considerando trabalhos que debatiam diversas áreas. Ou seja, as citações podem fazer referência a estudos sobre Eletromagnetismo ou não. Estes números preliminares serviram-nos como comparativo dos créditos de ambos os autores, tanto na Inglaterra quanto na França.

A Tabela 3.3 informa o número de citações na França (considerando os dois periódicos daquele país analisados) a Ampère e Biot, no intervalo de 1800 a 1900. Como nem todos os artigos estavam disponíveis, não pudemos levantar o número preciso de trabalhos, somente quantificar em quantos artigos aqueles nomes aparecem nas revistas. Essas citações ocorreram em artigos de outros autores e em atas que relatavam as apresentações que ocorriam na Academia. Foram subtraídos da contagem as atividades dos filósofos na Academia (como demonstrações de experimentos) e os artigos de suas autorias. A tabela 3.3 informa o número de artigos que referenciam aqueles autores na Inglaterra, incluindo os dados obtidos nos dois periódicos ingleses analisados.

Tabela 3.3 - Citações aos trabalhos de Ampère e Biot nos periódicos *Journal des Savants* e *Annales de Chimie et de Physique* (França) – todos os conteúdos.

	Ampère	Biot
Século XIX	**241**	**399**

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 3.4 - Total de artigos com citações aos trabalhos de Ampère e Biot na Inglaterra

	Ampère	Biot
Século XIX	**64**	**85**

Fonte: Elaboração Própria

Os números das Tabelas 3.3 e 3.4 informam como ambos os filósofos possuíam muito mais citações em seu país do que as tinham na Inglaterra. Reforçando a afirmação de que a França figurava entre os países expoentes em relação à produção e divulgação científica. Além disso, pode-se concluir que ambos tinham elevado crédito em suas áreas, no sentido que observamos um alto número de referências aos seus trabalhos. Porém, os dados daquelas tabelas não nos dizem exatamente quantos trabalhos sobre eletromagnetismo, nos dois países, citam os filósofos. Sabemos que tanto Ampère quanto Biot publicaram artigos que discutiam outros conceitos. De tal forma que não poderíamos definir a qual rede aquelas citações faziam parte. No caso das encontradas nas revistas francesas, observamos que muitas delas referentes a Biot tratavam de suas pesquisas sobre fenômenos ópticos, enquanto Ampère era referenciado em alguns textos que tratavam sobre elementos químicos.

Afirmamos anteriormente que os sítios das revistas francesas não nos permitem acessar todos os artigos. Por essa razão, os números da tabela 3.5 não representam com exatidão quantas citações ambos os autores tiveram em artigos que discutem os fenômenos elétricos e magnéticos, mas nos permitem traçar um panorama da repercussão de suas interpretações. Entre os periódicos ingleses, um deles nos forneceu dados mais precisos, os quais estão inscritos na Tabela 3.6. Nas duas Tabelas (3.5 e 3.6) estão indicados os números de artigos, excluindo, assim as repetições de citações no mesmo texto.

Tabela 3.5 – Artigos que citam aos trabalhos de Ampère e Biot, sobre eletromagnetismo, nos periódicos franceses *Journal des Savants* (JS) e *Annales de Chimie et de Physique* (ACP)

	Ampère			Biot		
	JS	ACP	Total França	JS	ACP	Total França
1820	0	3	3	0	1	1
1821	2	3	5	0	1	1
1822	2	1	3	0	0	0
1823	0	5	5	0	3	3
1824	2	3	5	0	3	3
1825	0	1	1	0	2	2
1826	0	4	4	0	1	1
1827	0	2	2	0	0	0
1828	0	1	1	0	4	4
1829	0	2	2	0	1	1
1830	0	1	1	0	2	2
1831	0	7	7	0	0	0
1832	0	3	3	0	0	0
1833	0	2	2	0	0	0
1834	0	1	1	0	0	0
1835	0	0	0	0	0	0
1836	0	0	0	0	2	2
1837	0	2	2	0	0	0
1838	0	0	0	0	0	0
1839	0	0	0	0	0	0
1840	0	0	0	0	0	0
1841	0	1	1	0	0	0
1842	0	3	3	0	0	0
1843	0	1	1	0	0	0
1844	0	2	2	0	0	0
1845	0	0	0	0	0	0
1846	1	1	2	0	1	1
1847	0	3	3	0	1	1
1848	0	3	3	0	1	1
1849	0	3	3	0	0	0
1850	0	1	1	0	0	0
1851	2	2	4	0	1	1
1852	0	2	2	0	0	0
1853	0	3	3	0	0	0
1854	4	2	6	0	0	0
1855	0	3	3	0	0	0
1856	0	1	1	0	0	0
1857	0	4	4	0	1	1
1858	0	2	2	0	0	0
1859	0	1	1	0	1	1
1860	0	0	0	0	0	0

	Ampère			Biot		
	JS	ACP	Total França	JS	ACP	Total França
1861	0	0	0	0	0	0
1862	0	0	0	0	0	0
1863	0	0	0	0	0	0
1864	0	0	0	0	0	0
1865	0	0	0	0	0	0
1866	1	1	2	0	0	0
1867	0	0	0	0	0	0
1868	1	2	3	0	0	0
1869	0	3	3	0	1	1
1870	0	1	1	0	0	0
1871	0	0	0	0	1	1
1872	3	2	5	0	0	0
1873	0	2	2	0	0	0
1874	0	0	0	0	1	1
1875	0	2	2	0	0	0
1876	0	1	1	0	1	1
1877	0	1	1	0	0	0
1878	0	0	0	0	0	0
1879	0	1	1	0	0	0
1880	0	0	0	0	0	0
1881	0	0	0	0	0	0
1882	0	2	2	0	0	0
1883	0	3	3	0	0	0
1884	0	1	1	0	0	0
1885	1	4	5	0	0	0
1886	0	2	2	0	1	1
1887	0	2	2	0	1	1
1888	0	1	1	0	0	0
1889	0	1	1	0	1	1
1890	0	1	1	0	0	0
1891	0	2	2	1	0	1
1892	1	3	4	0	0	0
1893	0	2	2	0	0	0
1894	1	3	4	0	0	0
1895	0	3	3	0	0	0
1896	0	2	2	0	0	0
1897	0	3	3	0	0	0
1898	0	3	3	0	0	0
1899	0	2	2	0	0	0
1900	0	2	2	0	0	0
TOTAL	**21**	**137**	**158**	**1**	**33**	**34**

Fonte: Elaboração Própria

Tabela 3.6 – Artigos que citam aos trabalhos de Ampère e Biot, sobre eletromagnetismo, nos periódicos britânicos Philosophical Transactions (PT) e Annals of Philosophy (AP)

	Ampère			Biot		
	PT	AP	Total Inglaterra	PT	AP	Total Inglaterra
1820	0	0	0	0	0	0
1821	0	1	1	0	1	1
1821	1	1	2	0	1	1
1822	0	0	0	0	0	0
1823	0	2	2	0	0	0
1824	1	1	2	0	0	0
1825	1	0	1	1	0	1
1826	1	0	1	1	0	1
1827	1	0	1	0	0	0
1828	0	0	0	2	0	2
1829	1	0	1	0	0	0
1830	0	0	0	0	0	0
1831	0	0	0	1	0	1
1831	1	0	1	1	0	1
1832	1	0	1	0	0	0
1832	1	0	1	0	0	0
1833	1	0	1	1	0	1
1833	1	0	1	0	0	0
1834	0	0	0	0	0	0
1835	1	0	1	1	0	1
1836	0	0	0	1	0	1
1837	0	0	0	0	0	0
1838	1	0	1	1	0	1
1838	1	0	1	1	0	1
1839	0	0	0	0	0	0
1840	0	0	0	0	0	0
1841	0	0	0	0	0	0
1842	0	0	0	0	0	0
1843	1	0	1	0	0	0
1844	0	0	0	0	0	0
1845	0	0	0	0	0	0
1846	2	0	2	0	0	0
1847	0	0	0	0	0	0
1848	1	0	1	0	0	0
1849	0	0	0	0	0	0
1850	2	0	2	0	0	0
1851	0	0	0	1	0	1
1851	1	0	1	1	0	1
1852	0	0	0	0	0	0
1853	0	0	0	0	0	0
1854	0	0	0	0	0	0
1855	1	0	1	0	0	0
1856	0	0	0	0	0	0
1857	0	0	0	0	0	0

	Ampère			Biot		
	PT	AP	Total Inglaterra	PT	AP	Total Inglaterra
1858	0	0	0	0	0	0
1859	0	0	0	0	0	0
1860	0	0	0	0	0	0
1861	0	0	0	0	0	0
1862	1	0	1	0	0	0
1863	0	0	0	0	0	0
1864	0	0	0	0	0	0
1865	1	0	1	0	0	0
1866	0	0	0	0	0	0
1867	0	0	0	0	0	0
1868	0	0	0	1	0	1
1869	0	0	0	0	0	0
1870	0	0	0	0	0	0
1871	0	0	0	0	0	0
1872	1	0	1	0	0	0
1873	0	0	0	0	0	0
1874	0	0	0	0	0	0
1875	0	0	0	0	0	0
1876	0	0	0	0	0	0
1877	0	0	0	0	0	0
1878	0	0	0	0	0	0
1879	0	0	0	0	0	0
1880	0	0	0	0	0	0
1881	0	0	0	0	0	0
1882	0	0	0	0	0	0
1883	1	0	1	0	0	0
1884	1	0	1	0	0	0
1885	4	0	4	0	0	0
1886	1	0	1	0	0	0
1887	1	0	1	0	0	0
1888	1	0	1	0	0	0
1889	1	0	1	0	0	0
1890	1	0	1	0	0	0
1891	2	0	2	0	0	0
1892	3	0	3	0	0	0
1893	3	0	3	0	0	0
1894	1	0	1	0	0	0
1895	4	0	4	0	0	0
1896	2	0	2	0	0	0
1897	1	0	1	0	0	0
1898	1	0	1	0	0	0
1899	1	0	1	0	0	0
1900	1	0	1	0	0	0
TOTAL	**55**	**5**	**60**	**15**	**2**	**16**

Anúncio de publicação em outro periódico
Artigo de Michael Faraday
Artigo de James Clerk Maxwell

Fonte: Elaboração Própria.

Nas Tabelas 3.5 e 3.6 observamos que o debate em torno das propostas de Ampère e Biot, sobre os fenômenos elétricos e magnéticos, foram mais intensos na França. Entretanto, também

se deram na Inglaterra. É importante destacar alguns pontos antes de concluirmos nossa análise.

Primeiro, o fato de nem Ampère nem Biot publicarem seus primeiros trabalhos na Inglaterra, o que nos sugere que os periódicos franceses promoviam uma exposição ampla dos trabalhos que publicavam. Isto se confirma quando avaliamos as citações que ocorreram nos veículos ingleses em 1820. Não há trabalhos que discutam as proposições dos dois filósofos franceses.

Encontramos, todavia, pequenas notas (um parágrafo) informando que ambos haviam publicados suas ideias sobre fenômenos elétricos nos periódicos de Paris. O leitor dos jornais ingleses que quisesse se inteirar dos trabalhos daqueles autores deveria fazê-lo adquirindo os textos em francês, nos veículos originais. E assim o fez o filósofo britânico Michael Faraday (1791 – 1867), que, em 1821, publicou um extenso artigo na *Annals of Philosophy* apresentando as interpretações dos autores franceses e expondo suas contribuições (FARADAY, 1821). Neste trabalho, Faraday (1821) confrontou as ponderações de Ampère e Biot, mas tendeu a concordar com alguns argumentos do primeiro.

Para Faraday, a corrente elétrica era melhor explicada nos termos de Ampère. O inglês se aproximava dos preceitos da Naturphilosophie*,* ao defender a unicidade das causas dos fenômenos naturais. Esse posicionamento implicava em considerar os efeitos magnéticos, elétricos, luminosos e térmicos como manifestações participantes do todo orgânico, no qual um podia se transformar em outro (GUERRA, 2002). Entendia, assim como Ampère, que a experiência de Oersted não marcava o fim de um questionamento na filosofia natural, mas sim o início de novas possibilidades de pesquisa. Sobre a origem dessa nova área do conhecimento, Assis e Chaib (2011) nos alertam que foi o próprio Ampère quem sugeriu o termo eletromagnetismo em seus trabalhos que interpretavam a experiência da agulha imantada. “Para eles (Faraday e Ampère), o eletromagnetismo não causava desconforto, como para os mecanicistas, mas indicava a possibilidade de mostrar com novos experimentos uma natureza não mais formada por corpúsculos não detectáveis” (GUERRA, 2002, p. 101). Faraday, repetindo Ampère, investigou a relação entre correntes elétricas e magnetismo não apenas com ímãs e fios condutores, mas também experimentou a rotação de um fio provocada pelo magnetismo terrestre.

As modalidades que Faraday alterou no enunciado de Ampère diziam respeito sobre a presença de dois fluidos elétricos, que o inglês entendia haver somente um, cujas propriedades seriam as mesmas independente de sua origem (GUERRA, 2002).

Além disso, Faraday divergiu de Ampère sobre como seria a corrente estabelecida nos diferentes corpos imantados. O francês sugeriu que ímãs e bobinas seriam totalmente idênticos, mas Faraday realizou experimentos que os levaram a defender que o comportamento de uma agulha seria diferente caso comparasse o fenômeno originado de uma bobina circular e de um cilindro imantado. Uma terceira discordância do filósofo britânico em relação às ponderações de Ampère dizia respeito à ação do fluido elétrico em um condutor retilíneo em uma agulha imantada. Faraday notou que uma agulha imantada posicionada a um dos lados de um fio sofria em determinadas posições atração e em outras posições repulsão, resultado que divergia dos apresentados por Ampère. Disso se evidenciava uma falha no sistema de ação linear proposto por Ampère (GUERRA, 2002).

Faraday e Ampère mantiveram um diálogo que se concretizou em cartas trocadas ao longo dos primeiros anos da década de 1820 e em artigos publicados, nas décadas de 1820 e 1830 (AMPÈRE, 1822; FARADAY, 1838; GUERRA, 2002; ASSIS, CHAIN, 2011). Nesses documentos, havia exigências de novas experiências, descordos sobre a interpretação de resultados e modificações de enunciados em razão dos argumentos trocados. Observamos, assim, a instauração daquilo que Latour (2000) chamou de *contralaboratório*, tanto Faraday quanto Ampère recorriam às experiências para sustentar seus argumentos ou para desqualificar os do outro.

Retomando a análise das Tabelas 3.5 e 3.6, o segundo ponto que merece destaque é o fato de, em 1881, ter se adotado a unidade de corrente elétrica “ampère”. Isso se deu com o objetivo de homenagear as contribuições do filósofo natural. Como consequência, a maioria dos trabalhos publicados após essa data não discute os argumentos do francês, somente usam seu nome em unidades dos resultados matemáticos de suas análises.

O terceiro ponto a se considerar diz respeito ao material pesquisado no sítio do jornal *Annals of Philosophy*. A instituição só disponibiliza os textos digitalizados até o ano de 1826, o que justifica a ausência de citações na tabela 3.4, na coluna referente àquela revista, a partir da linha que apresenta os dados de 1827.

O quarto ponto a elencar é o uso de algumas nomenclaturas utilizadas para reportar às equações ou conceitos propostos pelos autores. Em trabalhos das décadas de 1880 e 1890 foi comum encontrarmos a referência a Biot a partir da “equação de Biot-Savart”, como um algoritmo já estabelecido. Nas mesmas décadas a corrente elétrica é, por vezes, chamada de corrente de Ampère, cuja unidade, como relatamos, é expressa em ampères. Nos artigos da década de 1860 notamos o uso da expressão

“equação de Ampère”. De tal forma que uma análise um pouco mais minuciosa desses artigos foi requerida, indicando que, nos artigos publicados na França, a partir da década de 1860 não há mais debate sobre corrente elétrica, sendo o conceito referido a Ampère (já se figura como um enunciado do tipo 3 ou 4). Não há mais citações em relação à proposta inicial de Biot a partir daqueles anos.

Com as observações anteriores em mente, avaliamos a frequência de citações naquelas tabelas (3.5 e 3.6) nos anos posteriores a 1820. Mesmo que o número de artigos que mencionam Biot e Ampère seja maiores na França, é possível perceber uma semelhança no comportamento daquelas citações em ambos os países. Ignorando, pois, o uso de seus nomes para citar equações e unidades. Verifica-se que nos anos próximos às publicações há um grande número de autores citando as interpretações de Biot e Ampère, ou seja, observamos o início das controvérsias e da agonística em torno da natureza dos fluidos elétricos. Nas décadas posteriores, porém, o número de citações acerca destas interpretações diminui, mas notamos que Ampère é mais citado que seu rival. Em anos mais adiante, a partir da década de 1850, o número de trabalhos referenciando os dois é muito pequeno na Inglaterra. Na França, por sua vez, deu-se o fenômeno relatado, citações sobre equações e definições. Dos dados, podemos inferir que, após as controvérsias se iniciarem, Ampère passa a ter um número maior de apoiadores e críticos, indicando o aumento da rede que contempla seu conceito. Depois de algumas alterações no conceito original, as citações aos trabalhos de Ampère tornam-se desnecessárias (citam a equação e a “corrente de Ampère sem referenciarem os textos), a *caixa-preta* se estabelece. O que vemos nos anos finais do século XIX é a confirmação deste fato, a partir de trabalhos que utilizam o conceito proposto por Ampère e expõem seus resultados usando a unidade que leva seu nome.

Para melhor apreciação dos dados das tabelas e da própria análise, projetamos aqueles valores em gráficos que ilustram a frequência de citações, em função dos anos. Nestes gráficos (Figuras 3.1 a 3.7), notamos aquilo que acabamos de discutir, uma maior incidência de citações nos anos próximos à 1820, o decaimento destes nos anos seguintes e um novo aumento nos anos intermediários e finais do intervalo estipulado, com as características mencionadas.

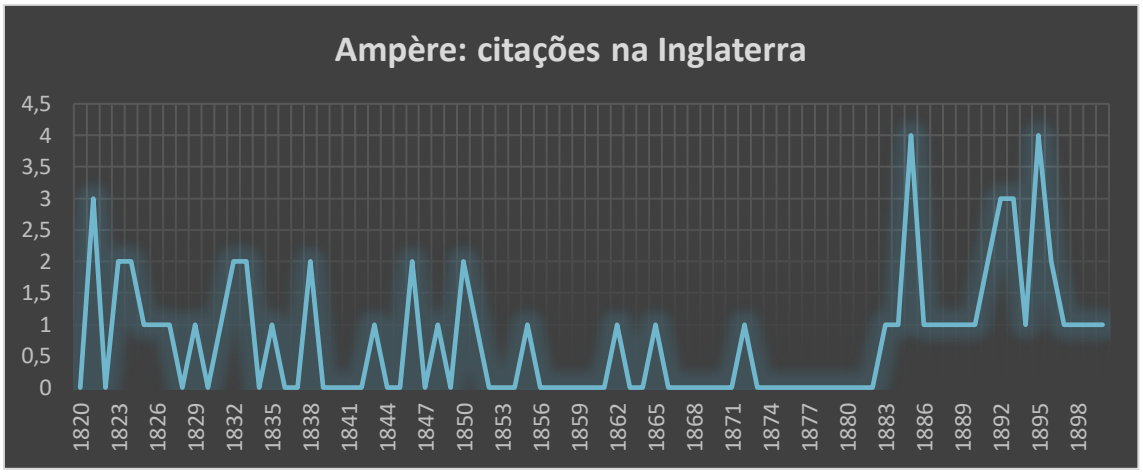


Figura 3.1 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère sobre eletricidade e magnetismo na Inglaterra, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

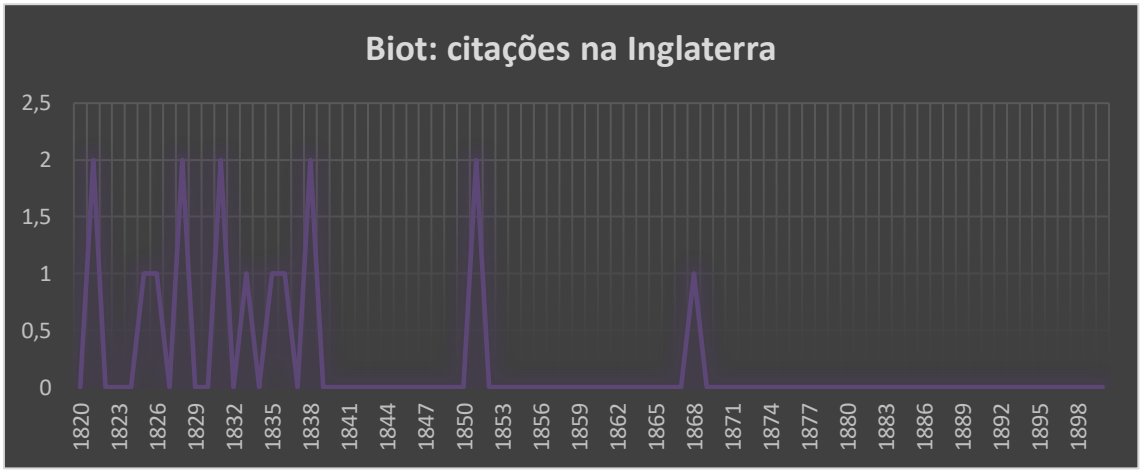


Figura 3.2 – Frequência de citações dos trabalhos de Biot sobre eletricidade e magnetismo na Inglaterra, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

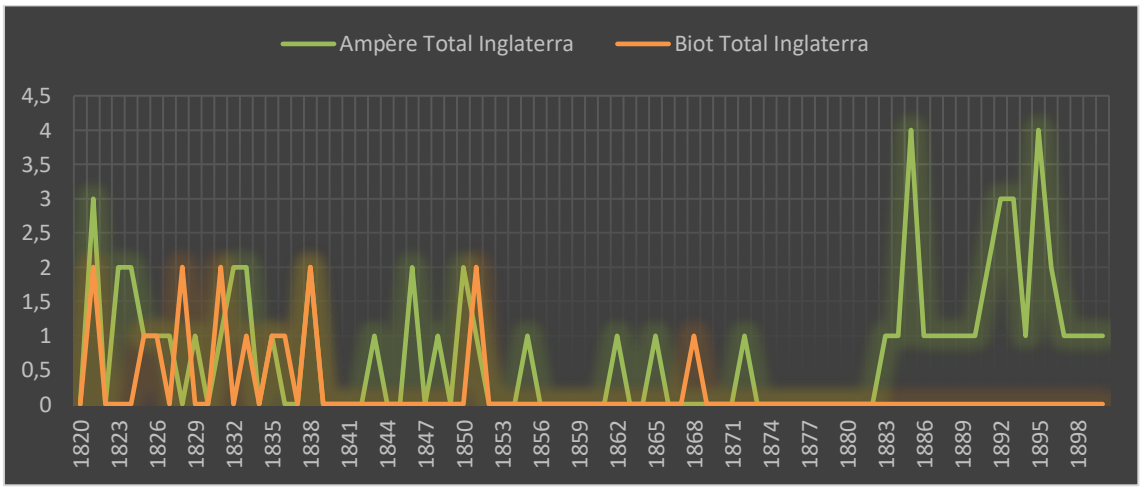


Figura 3.3 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na Inglaterra, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

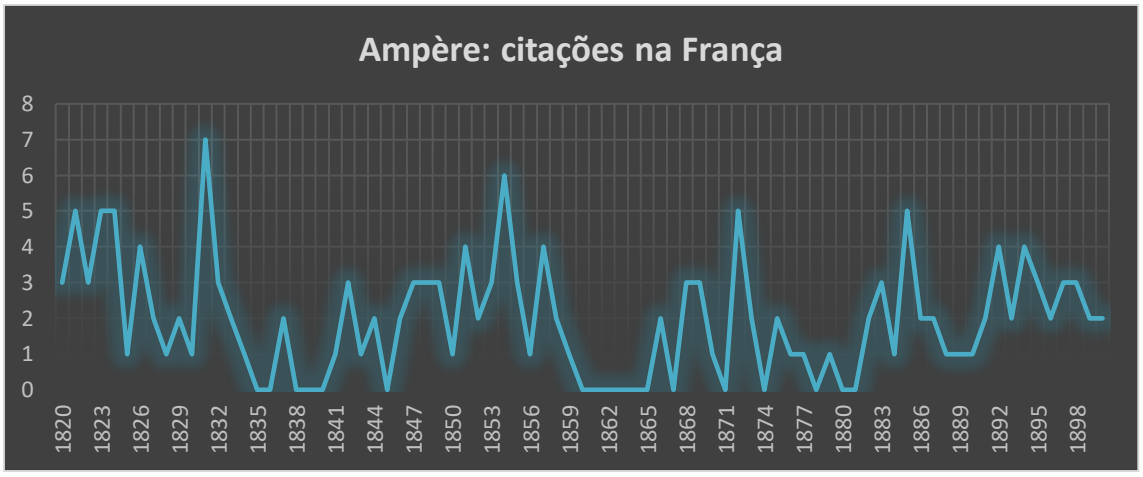


Figura 3.4 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère sobre eletricidade e magnetismo na França, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

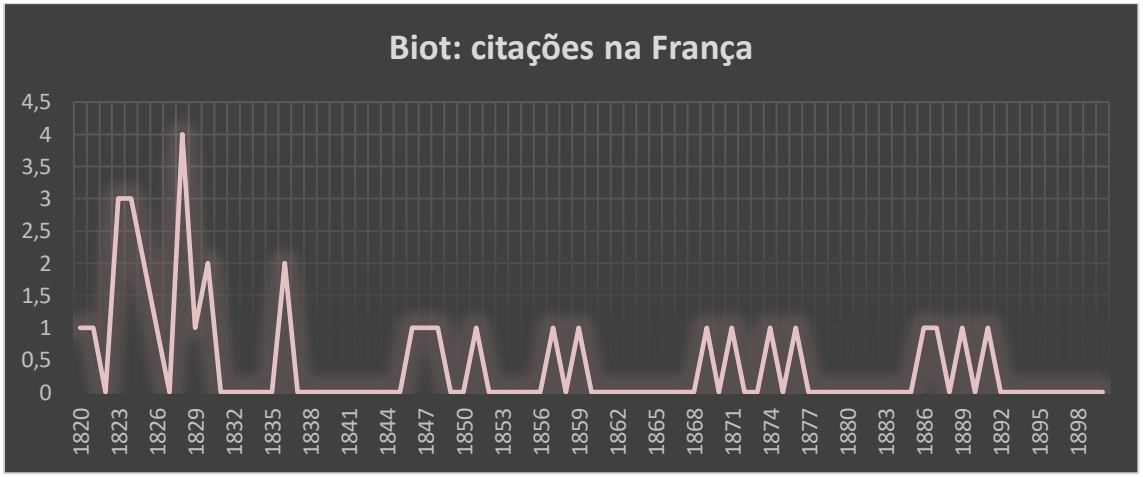


Figura 3.5 – Frequência de citações dos trabalhos de Biot sobre eletricidade e magnetismo na França, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

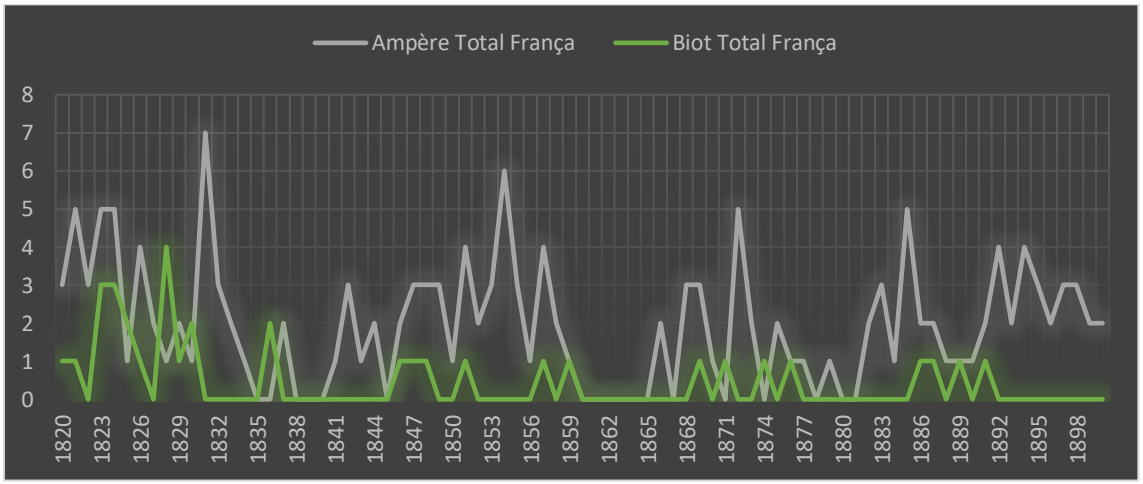


Figura 3.6 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

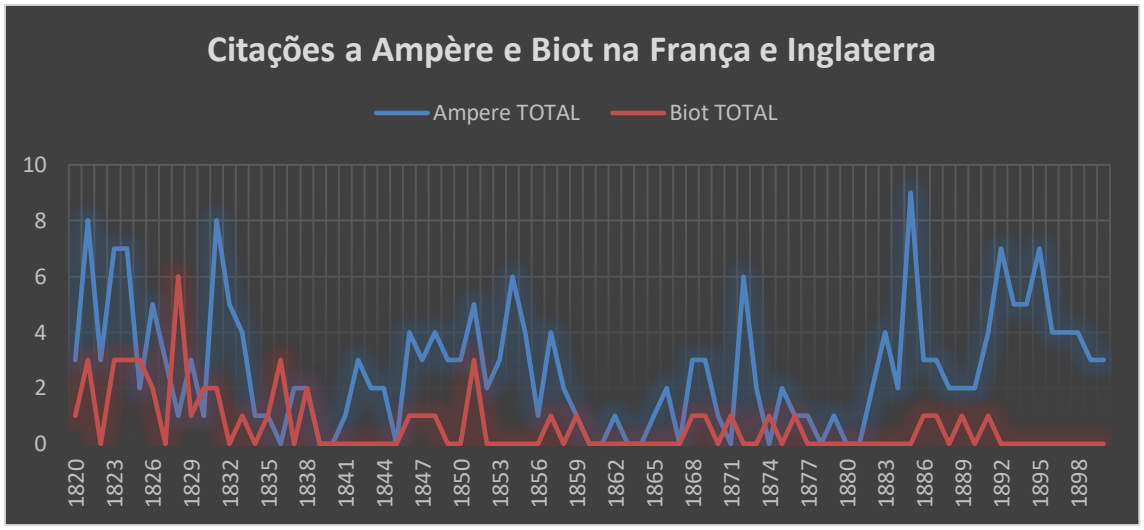


Figura 3.7 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França e na Inglaterra, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria

Do que foi exposto nessa subseção, concluímos que a proposta de Ampère não foi imediatamente validada pela comunidade científica. Como previsto na teoria de Bruno Latour, após a publicação do primeiro enunciado, instauraram-se *controvérsias* que modificaram o enunciado original. Observamos, ainda, como alguns atores participaram da construção do conceito corrente elétrica. Nessa rede, destacamos as cidades nas quais Ampère trabalhou antes de se estabelecer em Paris, permitindo-lhe o afastamento das premissas do programa laplaciano e o possível contato com filosofias que se opunham ao mecanicismo. As personalidades que atuaram no processo também foram apontadas, o colega que apresentou os trabalhos de Oersted a Ampère, aquele que o ajudou a ingressar em um emprego em Paris e na Academia de Ciências, o construtor de seus experimentos, os que apoiaram seus trabalhos, muito em razão de sua inclinação filosófica e os que contribuíram com suas obras, referenciando-as e criticando-as. Também podemos citar o acesso de Ampère ao periódico da Academia francesa, o qual, pela importância à época, possibilitou que suas ponderações fossem debatidas por outros renomados filósofos naturais.

3.5 Segundo estudo documental: as publicações de Louis de Broglie e suas repercussões

A segunda parte de nossa pesquisa documental versou sobre as publicações de Louis de Broglie e como elas repercutiram no meio acadêmico de sua época. Executamos, aqui, uma pesquisa semelhante à relatada na seção anterior. Procuramos localizar diversos atores que contribuíram na construção da *caixa-preta*, que indicamos

como a dualidade onda-partículas de entidades materiais. Entretanto, neste episódio em particular, não iremos relatar algum trabalho que tenha rivalizado com o de de Broglie. Apontamos que Ampère havia publicado suas interpretações sobre a experiência de Oersted no mesmo ano em que Biot também o fizera, marcando o início de uma controvérsia. Naquele caso, os autores alistaram aliados, através de suas concepções sobre os fenômenos elétricos, assim como os conquistaram a partir de alinhamento filosófico.

Procederemos nessa seção da mesma forma que fizemos quando analisamos os artigos de Ampère. Isto é, antes de avaliarmos as publicações de de Broglie, iremos transcrever elementos biográficos do autor, ressaltando alguns aspectos de seu tempo e país que poderiam vir a ser relevantes no estudo de suas construções.

3.5.1 De Broglie e França nas primeiras décadas do século XX

Louis de Broglie nasceu no interior da França em 1892. Portanto, quando conclui seu doutorado na Universidade de Paris (Sorbonne), em 1924, encontrava-se no período entre guerras, em um país que havia se envolvido diretamente nestes conflitos, sofrendo as consequências deste evento.

Na terceira década do século XX, a França ainda era um destacado centro de produção científica. Porém, enquanto no século anterior a França rivalizava com poucos países europeus uma posição de destaque no meio científico, nos novecentos sua hegemonia na produção e divulgação de conhecimento é compartilhada com um número cada vez maior de nações, incluindo nações não europeias.

No século XIX, o conhecimento científico ocidental hegemônico era produzido e irradiado exclusivamente pelos países da Europa. Cenário que se justificava, principalmente, em virtude dos processos de dominação das metrópoles europeias sobre suas colônias (HOBESBAW, 2003). Com a independência de muitas desses domínios, as mudanças nas configurações geopolíticas foram acompanhadas do surgimento de outros países com produção e divulgação científica relevantes (IDEM, IBDEM). Não que os processos de dominação tenham extinguidos. Muitos países, em especial do hemisfério sul, ainda eram e são eclipsados ou impelidos cientificamente, mesmo que por processos indiretos e menos explícitos, ainda que violentos (SANTOS, 2008).

A partir do século XX, países de outros continentes também disputaram a supremacia política e científica, como os Estados Unidos da América, a União das

Repúblicas Socialistas Soviética[102] ou o Japão (HOBESBAW, 2003). Na Europa, a Inglaterra manteve-se como uma das principais nações produtoras e divulgadoras das ciências rivalizando, nas primeiras décadas do século XX, com a Alemanha. O crescimento da produção científica germânica, e de sua divulgação, não por acaso, acompanhou o crescimento econômico alemão. Em contrapartida, a posição de destaque na esfera científica da França era solapada por demais países europeus. Os franceses, assim como os germânicos, sofreram demasiadamente os efeitos negativos da Primeira Guerra Mundial, mas não se recuperaram de forma tão rápida quanto seus vizinhos (IDEM, IBDEM). Os prejuízos econômicos foram sentidos em diversas áreas, inclusive nas ciências.

No primeiro quartil do século XX, observou-se em países como a Alemanha, os Estados Unidos, Dinamarca e Suécia a ascensão de trabalhos científicos, principalmente em Física Moderna (PESSOA JÚNIOR, 2006). O investimento dos governos germânicos em pesquisa científica permitiu que muitos cientistas desenvolvessem seus estudos naqueles países. Este movimento também pode ser sentido na relevância de seus periódicos. A principal revista científica alemã, a *Annalen der Physik*, foi publicada pela primeira vez em 1790. Durante o século XIX, muito de seus artigos eram traduções de trabalhos publicados em periódicos estrangeiros ou estudos originais de cientistas alemães e austríacos (BALDWIN, 2015). Contudo, entre os anos de 1870 e 1914, evidenciou-se na Europa o crescimento de parcerias científicas entre diversos países. Uma das consequências deste estreitamento das relações foi o significativo aumento do número de congressos científicos e de publicações (IDEM, IBDEM). Neste cenário, periódicos que até então eram dedicados mais à comunidade científica nacional, como o *Annalen der Physik* sediado em Berlim ou a britânica *Nature Magazine*, passaram a ter um *status* de veículo de divulgação internacional (IDEM, IBDEM). Até a conclusão do doutorado de de Broglie havia um elevado número de publicações sobre conceitos da Física Moderna. Dentro deste escopo, alguns trabalhos da chamada Teoria Quântica merecem destaque por discutirem conceitos que estarão presentes nos artigos de de Broglie.

Em 1896, Wilhelm Conrad Röntgen (1845 – 1923) publicou um artigo relatando a detecção dos raios X que, segundo o autor, tratavam-se de impulsos eletromagnéticos (MARTINS, 1998), apresentando uma natureza semelhante à da radiação luminosa (PESSOA JÚNIOR, 2006). Em paralelo, em 1900, Paul Ulrich Villard (1860 - 1934) divulgou a detecção dos raios gama. Após essas publicações, alguns cientistas

[102] Nomenclatura adotada a partir de 1922, que permaneceu até a década de 1990

dedicaram-se a estudar a natureza daquelas duas entidades. Entre 1897 e 1906, algumas publicações divergiam sobre a natureza dos raios X e raios gama, ora relatavam que se comportavam como onda, ora apresentavam resultados coerentes com uma natureza corpuscular (IDEM, IBDEM).

Em 1905, Albert Einstein (1979 – 1955) publicou um artigo no qual interpreta o efeito fotoelétrico, sugerindo o comportamento puramente corpuscular para a luz (STACHEL, 2005). Interpretações corpusculares para o raio X foram sugeridas em trabalhos publicados por William Bragg[103] (1890 – 1971), em 1907, e por Johannes Stark (1874 – 1957), em 1909 (PESSOA, JÚNIOR, 2006). Também em 1909, Einstein publica mais dois artigos nos quais defende a natureza dual da radiação luminosa (MARTINS, ROSA, 2014), porém, não apresenta argumentos matemáticos convincentes para a união destes comportamentos (KUHN, 1978 apud MARTINS, ROSA, 2014).

O irmão mais velho de Louis de Broglie, Maurice de Broglie (1875 – 1960), desenvolvia pesquisas sobre radiações, entre elas os raios X. Em 1921, ele publicou um trabalho no qual descrevia o efeito fotoelétrico para essa radiação, partindo do princípio que essa entidade era constituída de partículas (IDEM, IBDEM). Em 1923, o estadunidense Arthur Holly Compton (1892 – 1962) divulgou os resultados experimentais do espalhamento com raios X, no artigo *The Spectrum of Scattered X-Rays* (COMPTOM, 1923), supondo-os como partículas que colidiam com elétrons.

Rosa (2004) ressalta o papel de Maurice de Broglie na carreira de seu irmão mais novo. Além de incentivá-lo a ingressar nos estudos científicos (Louis de Broglie, antes de se graduar em ciências, havia obtido diplomação em História e estudava direito, em Paris), Maurice possuía relações com cientistas que se dedicavam à FM. Exerceu a função de um dos secretários do Conselho Solvay de 1911 (dedicado à questão dos quanta) (ROSA, 2004), confirmou a dedução matemática de Einstein sobre o movimento browniano (BASSALO, CARUSO, 2015) e tinha artigos publicados em periódicos de larga capilaridade (MARTINS, ROSA, 2014). Ou seja, Maurice de Broglie possuía o que Latour e Woolgar (1997) denominaram de *crédito* que, de certa forma, contribuiu para Louis de Broglie estabelecer contatos na área. Um destes contatos pode ser observado na supervisão formal (semelhante à orientação atual) do doutorado de Louis de Broglie, que foi o mesmo cientista que supervisionou os estudos de seu irmão, o físico parisiense Paul Langevin (1872 – 1946) (WHEATON, 1983).

Langevin proporcionou o contato da tese de de Broglie com um cientista de

[103] Segundo Pessoa Júnior (2006), Bragg defende neste mesmo artigo que os raios X tinham tanto uma natureza corpuscular quanto ondulatória.

elevado crédito naquele contexto, que viria a ser aliado daquele trabalho. Antes da defesa do doutorado, Langevin solicitou a ajuda de Einstein para verificar a validade dos argumentos presentes no documento (MARTINS, ROSA, 2014). Einstein, após a defesa da tese de doutorado de de Broglie, envia uma carta à Langevin elogiando o conteúdo do trabalho, e se comunica com Hendrik Lorentz (1853 – 1928), relatando sua apreciação à tese (MARTINS, ROSA, 2014). Einstein, também, envia uma cópia da tese para Max Born (1882 – 1970) sugerindo a leitura daquele material (BASSALO, CARUSO, 2015). A *rede* (LATOUR, 2012) que continha o conceito de de Broglie, assim, se expandia em função da ação de Langevin.

Martins e Rosa (2014) analisam o interesse de Einstein nos trabalhos de de Broglie em razão de sua contribuição para o desenvolvimento conceitual da teoria do quantum (MARTINS, ROSA, 2014). Os trabalhos do francês sugerem uma síntese que combina aspectos ondulatórios e de partículas, tanto para entidades materiais (como o elétron) quanto para a radiação luminosa. De fato, antes de apresentar estes conceitos em sua tese, de Broglie já havia publicado um artigo em 1922, em coautoria com seu irmão, defendendo estes argumentos (DE BROGLIE, DE BROGLIE, 1922).

Assim, quando das publicações dos artigos de Louis de Broglie, que promoviam as discussões em torno da dualidade onda-partícula, nos anos de 1923, 1924 e 1925, havia uma discussão sobre a natureza das radiações eletromagnéticas, com artigos que defendendo o comportamento dual destas radiações. Em outros termos, já havia a formação de uma *rede* em torno ao conceito de dualidade onda-partícula de radiações, contendo um razoável número de *controvérsias* (LAATOUR, 2000) orbitando o tema. Na ocasião, de Broglie não era um nome desconhecido na área e tinha como aliado um cientista já renomado. E, além do exposto, o francês concluíra seu doutorado em um país que, no que dizia respeito às publicações sobre FM, não figurava entre os mais expoentes.

3.5.2 As publicações de Louis de Broglie

O conceito de dualidade onda-partícula que definimos como *caixa-preta* foi apresentado por de Broglie em sua tese de doutorado, em 1924, intitulada *Recherches sur la théorie des Quanta* (DE BROGLIE, 1925). Este documento foi publicado integralmente no periódico *Annalen der Physik,* em 1925, em francês. Suas principais ideias foram publicadas em artigos em outros periódicos (WHEATON, 1983).

Antes mesmo da defesa de sua tese, de Broglie publicou três comunicações no periódico francês *Comptes Rendus de l'Académie de Sciences*, todos em 1924: i. *Sur la*

définition générale de la correspondance entre onde et mouvement (DE BROGLIE, 1924a); ii. *Sur un théorème de M. Bohr* (DE BROGLIE, 1924b) ; iii *Sur la dynamique du quantum de lumière et les interférences* (DE BROGLIE, 1924c). Publicou, ainda antes da obtenção do título de doutor, um artigo em 1924 na revista britânica *Nature Magazine*, intitulado *Waves and* Quanta (DE BROGLIE, 1923d).

Wheaton (1983), contudo, afirma que os primeiros argumentos da teoria de de Broglie foram publicados em 1922 e 1923. Período em que ele publicou cinco artigos (os cinco primeiros da Tabela 3.7). Após a defesa da tese de doutorado, de Broglie publicou um artigo em inglês na revista britânica *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science* (ou somente *Philosophical Magazine*) intitulado *A tentative theory of light quanta* (DE BROGLIE, 1924d). Na Tabela 3.7, organizamos estes trabalhos (artigos e a tese publicada na Alemanha) em ordem cronológica, informando o periódico em que foi publicado, o país e o idioma do texto. Não inserimos na tabela os três artigos publicados em 1924. Estes trabalhos são recortes dos principais pontos da tese, também em francês, que serão repetidos no conteúdo publicano na *Annalen der Physik* em 1925 (MARTINS, ROSA, 2014).

Tabela 3.7 – artigos selecionados de Louis de Broglie nos quais apresenta o conceito de dualidade onda-partícula

Ano	Título original do artigo	Periódico	País / Idioma
1922	Rayonnement noir et quanta de lumière.	Journal de Physique et le Radium. V.3(11), 422 – 428.	França / francês
1922	Sur les interférences et la théorie des quanta de lumière.	Comptes Rendus 175, 811-813.	França / francês
1923	Ondes et quanta.	Comptes Rendus 177, 507-510.	França / francês
1923	Quanta de lumière, diffraction et interférences.	Comptes Rendus 177, 548-560.	França / francês
1923	Les quanta, la théorie cinétique des gaz et le principe de Fermat.	Comptes Rendus 177, 630-632.	França / francês
1923	Waves and Quanta.	Nature 112, 540.	Inglaterra / inglês
1924	A tentative theory of light quanta	Philosophical Magazine[104], 446-458	Inglaterra / inglês
1925	Recherches sur la théorie des quanta (tese).	Annalen der Physik, 22 -128.	Alemanha / francês

Fonte: Elaboração Própria

104 The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science.

O primeiro artigo de 1922, *Rayonnement noir et quanta de lumière* (Radiação negra e quanta de luz) (DE BROGLIE, 1922a), propunha a existência de átomos de luz. De Broglie procurou deduzir algumas relações já estabelecidas nos estudos de radiações apoiando-se, exclusivamente, em mecânica estatística e relatividade (conseguiu deduzir a forma geral da lei de Wien, e o valor da sua constante). Relacionou as equações de energia (m_oc^2 e hv, onde m_o é a massa de repouso, c a velocidade da luz, h é a constante de Planck e v a frequência da radiação) buscando estabelecer uma teoria corpuscular para luz. Ainda não estava apresentando uma teoria unificada (MARTINS, ROSA, 2014).

O segundo artigo de 1922, *Sur les interférences et la théorie des quanta de lumière* (Sobre as interferências e a teoria dos quanta de luz) (DE BROGLIE, 1922b), descrevia o próximo passo dado por de Broglie em direção a uma teoria dos quanta de luz. Era um artigo curto, repetindo as hipóteses do trabalho anterior, mas adicionando a ideia de periodicidade da radiação luminosa. Também não se observa neste trabalho uma proposta de uma teoria dualística para luz (MARTINS, ROSA, 2014). Apesar de, em uma obra biográfica (DE BROGLIE, 1987), afirmar que tanto este artigo, quanto o anterior eram os primeiros passos no sentido de se obter o conceito de dualidade onda-partícula.

O terceiro artigo da tabela 3.7, o primeiro de 1923, *Ondes et quanta* (Ondas e quanta) (DE BROGLIE, 1923a), introduziu a ideia de uma onda associada às partículas, aplicando esse conceito tanto para luz quanto para elétrons. Neste artigo, de Broglie novamente relaciona as equações de energia (m_oc^2 e hv), mas agora para partículas e não somente para luz (MARTINS, ROSA, 2014). É neste artigo que encontramos a defesa de que não havia diferenças nos comportamentos de quanta e quaisquer outras partículas (como elétrons). Define que se deve tratar todas as partículas utilizando a teoria da relatividade e que estas possuem periodicidade. Além de afirmar que a qualquer partícula está associada uma onda (IDEM, IBDEM).

O segundo artigo de 1923, *Quanta de lumière, diffraction et interférences* (Quanta de luz, difração e interferência) (DE BROGLIE, 1923b), dedica-se quase que totalmente ao comportamento da radiação luminosa. É outro artigo curto (duas páginas) no qual defende que as partículas, quando livres de forças externas, não obedecem à lei da inércia; e que todas as partículas podem sofrer difração. Neste artigo, diferentemente do que havia afirmado no anterior, afirma que as ondas associadas às partículas não são fictícias, sendo capaz de guiar os corpúsculos (MARTINS, ROSA, 2014).

O terceiro artigo de 1923, *Les quanta, la théorie cinétique des gaz et le principe de Fermat* (Os quanta, a teoria cinética dos gases e o princípio de Fermat) (DE BROGLIE, 1923c), analisa a radiação do corpo negro e a estatística quântica a partir do conceito de ondas associadas à matéria. Também esclarece e complementa alguns aspectos dos dois primeiros artigos. Neste artigo, de Broglie apresenta um problema, ainda sem solução, de analisar a variação da frequência da onda associada à partícula, caso essa mude de velocidade. Importante destacar que nos primeiros artigos, ele sempre tratou de partículas e ondas com velocidades constantes (MARTINS, ROSA, 2014).

O sexto artigo da tabela, quarto de 1923 e o primeiro em inglês sobre dualidade, *Waves and Quanta* (Ondas e quanta) (DE BROGLIE, 1923d) é um texto muito curto (meia página) apresentando os dois primeiros artigos de 1923 (DE BROGLIE, 1923a; 1923b). Neste artigo, de Broglie oferece uma tentativa de associação entre a mecânica e a óptica, mas não acrescenta nada de novo neste trabalho.

O segundo artigo em inglês de de Broglie, o sétimo da tabela 7, publicado em 1924, *A tentative theory of light quanta* (Uma teoria provisória de quanta de luz) (DE BROGLIE, 1924d), sintetiza o conteúdo dos três trabalhos de 1923 publicados na França (DE BROGLIE, 1923a; 1923b; 1923c). Porém, neste trabalho, ele considera que a frequência da onda associada à partícula será sempre constante, mesmo que se observe variação da velocidade (MARTINS, ROSA, 2014).

O último item da tabela refere-se à tese de Borglie, publicada em 1925 nos *Annalen der Physik*, *Recherches sur la théorie des quanta* (Pesquisa em teoria quântica) (DE BROGLIE, 1925). A respeito do conceito de dualidade, de Broglie repete os conceitos dos artigos anteriores, acrescentando novas aplicações, mas sem modificar ou adicionar novas interpretações (DE BROGLIE, 1925). Assim, em sua tese de Broglie desenvolveu sua nova dinâmica e defendeu que a velocidade de uma partícula seria determinada por ondas-guia, onde cada partícula estaria associada a uma onda.

Nessa trajetória de publicações de Louis de Broglie, observamos como o cientista foi adicionando *modalidades* ao seu *enunciado* seminal (LATOUR, WOOLGAR, 1997). Ademais, notamos a tentativa de ampliar a *rede* (LATOUR, 2012) que pretende estabelecer a alistar novos aliados (LATOUR, 2000) quando publica, os mesmos argumentos, em periódicos de outros países.

Assim, para a pesquisa, tomamos os periódicos em que de Broglie publicou seus artigos como referência para encontrarmos os artigos que citaram alguns de seus trabalhos originais. Selecionamos esses veículos, pois, além de constarem os trabalhos

do cientista francês, eles figuravam entre as principais revistas francesas, inglesas e alemãs, países de destaque nas publicações científicas nas primeiras décadas do século XX (apesar de a França ter diminuído sua ingerência, ela ainda possuía periódicos internacionalmente reconhecidos). Os periódicos analisados, então, foram *Comptes Rendus* (França), *Journal de Physique et le Radium* (França), *Nature Magazine* (Inglaterra), *Philosophical Magazine* (Inglaterra) e *Annalen der Physik* (Alemanha).

Para encontrarmos os artigos que referenciavam os trabalhos de Louis de Broglie, buscamos o termo "de Broglie" nas palavras chaves, títulos, e corpos dos textos dos artigos publicados e disponibilizados nos sítios das próprias revistas ou em algum sítio repositório de obras científicas. Definimos o intervalo da pesquisa compreendido entre o ano de 1922, ano do primeiro trabalho publicado pelo cientista francês sobre o tema (MARTINS, ROSA, 2014), e o ano 2000[105], último ano do século XX.

A partir do material selecionado, separamos os documentos em dois grupos: os artigos cuja autoria era do próprio Louis de Broglie e aqueles de autores que citavam de Broglie ou no corpo do artigo ou nas referências. Em seguida, estudamos os artigos que citavam o conceito de dualidade onda-partícula proposta por de Broglie, analisando a natureza da citação, ou seja, se os autores debatiam a validade do conceito; se partiam das ideias de de Broglie, citando o autor ou sua obra, para construírem seus resultados; se utilizavam o conceito como uma referência histórica ou se o denominavam como uma grandeza ou algoritmo já estabelecido. Neste último caso, referimo-nos aos trabalhos que apresentavam apenas a nomenclatura da grandeza discutida por de Broglie, tal como "De Broglie Waveslength", "De Broglie Waves", "$\lambda_{De\text{-}Broglie}$" ou "$\lambda_{DB}$", sem fazer menção ao artigo original. Os documentos que não tratavam da dualidade-onda partícula, em nenhum dos casos citados anteriormente, foram eliminados.

Ressaltamos que não realizamos a leitura integral de todos os artigos selecionados na etapa anterior, tampouco contabilizamos os que acordavam ou discordavam com a proposta de de Broglie. Para o objetivo deste trabalho, bastou-nos verificar o quanto o conceito foi debatido após sua publicação seminal, verificar a natureza do texto, quantizar quantos autores citavam o conceito e em quais anos estas citações ocorreram. Entendíamos que as citações implicavam em acréscimos ou

[105] Analisamos alguns artigos publicados após o ano 2000 para definirmos este recorte. Alguns trabalhos de de Broglie eram mais citados após aquele ano do que antes e, por isso, essas citações foram avaliadas em sua totalidade. Ambos os casos serão discutidos no decorrer deste trabalho. Ademais, para o objetivo de levantar a variação da frequência de citações de determinada publicação, o intervalo temporal pesquisado mostrou-se satisfatório.

retiradas de *modalidades*[106] (LATOUR, WOOLGAR, 1997).

Outro ponto que merece destaque refere-se àquilo que consideramos ser a *caixa-preta* cuja construção se iniciou com de Broglie. Conforme alertamos anteriormente, o conceito proposto pelo cientista que, após sofrer modificações (BROWN, MARTINS, 1984), ainda prevalece nos manuais didáticos, é o comportamento dual de entidades materiais (CUSHING, 1994). Sobre o comportamento dual das radiações e a natureza dos fótons, entendemos que estes não foram conceitos inicialmente sugeridos por de Broglie, apesar de suas contribuições (MARTINS, ROSA, 2014; LIMA, et al., 2020). Contudo, de Broglie não distinguia a dualidade onda-partícula de um elétron ou da radiação luminosa (DE BROGLIE, 1923b; MARTINS, ROSA, 2014). Por essa razão, não excluímos de nossa análise os artigos que tratam exclusivamente do comportamento de fótons. Com base em Latour (2011), entendemos que estas publicações atuaram na construção da *caixa-preta* que estamos considerando e permitiram, ainda, a extensão da *rede* que sustentava aquele conceito.

Das revistas analisadas, as britânicas *Nature Magazine* e *Philosophical Magazine* são as que apresentam o maior número de artigos discutindo o conceito de dualidade apresentado por de Broglie. Os dois artigos publicados por ele em cada um daqueles periódicos[107] (DE BROGLIE, 1923d; 1924d) são os trabalhos de sua autoria com os maiores números de citações. Foram 169 citações ao artigo da *Nature* e 124 citações ao trabalho da *Philosophical Magazine*, em diversos veículos[108].

Localizamos 67 artigos que citam a dualidade onda-partícula de de Broglie no periódico alemão *Annalen der Physik*. Nota-se que essas citações não se referem a um único trabalho ou a trabalhos de um mesmo veículo e nem todas as citações concordam com as posições daquele autor. A única publicação de de Broglie na revista alemã foi a sua tese de doutorado (De Broglie, 1925). Esse artigo é referenciado 54 vezes nessa revista e 16 vezes em demais veículos.

---

[106] Consideramos acréscimos de *modalidades* até mesmo os artigos que não acrescentavam nenhuma nova informação à teoria. A utilização dos argumentos de de Broglie para obtenção de outros resultados, no período em que a controvérsia ainda se dava, indica uma possível confirmação da teoria original. A *modalidade* acrescida, então, era a ideia de que a teoria poderia encaminhar o estudo em questão à resultados coerentes.

[107] De Broglie publicou mais dois artigos na revista Nature, debatendo o conceito de dualidade (DE BROGLIE, 1924e; 1926). Os dois artigos, em conjunto, só possuem três citações no ´seculo XX, por isso não foram considerados. E, em 1958, a revista *Nature* publicou um quarto texto de Luis de Broglie (De Broglie, 1958) no qual ele apresentou o livro de David Bohm *Causality and Chance in Modern Physics* e traçou um breve panorama da Física naquele momento. Devido à natureza do texto, não o consideramos nesse estudo.

[108] De acordo com a ferramenta crossref (https://www.crossref.org/). Os números apresentados nesta tese referem-se a consultas realizadas nos anos de 2017 e 2018, revisadas em julho de 2020. Além disso, só foram contabilizados os trabalhos que citam e/ou discutem o conceito dualidade onda-partícula.

Na *Nature Magazine*, encontramos 117 artigos que citam o conceito da dualidade onda-partícula, a partir dos trabalhos de de Broglie. Enquanto na *Philosophical Magazine* localizamos 87 trabalhos citando-o.

De Broglie possui maior número de publicações e um maior número de citações (200 citações) em revistas francesas, em especial no periódico *Journal de Physique et le Radium*. Contudo, essas citações não referenciam um único trabalho ou trabalhos publicados naquele país, tampouco todos os trabalhos referenciam a proposta de dualidade que discutimos aqui.

Importante destacar que, com exceção do artigo *La mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement* de 1927 (DE BROGLIE, 1927), os artigos de de Broglie publicados em língua francesa, em periódicos franceses, sobre a dualidade onda-partícula, não possuem mais de dez citações cada, em veículos franceses e não franceses. O artigo *La mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement* (1927) não aparece na Tabela 3.7, pois foi publicado cinco anos após a primeira publicação de de Broglie sobre o tema, não configurando, portanto, como trabalho seminal sobre o conceito. O artigo recebeu, entretanto, 113 citações em diversos veículos, mas destas, somente nove são de trabalhos publicados até 1977. Setenta e uma dessas citações são de trabalhos publicados a partir de 2001, nas quais o conceito de dualidade e sua validade não são mais discutidos. Esses 71 artigos partem dos conceitos considerados validados para, por exemplo, iniciarem uma nova discussão na Mecânica Quântica (BÜTTIKER, THOMAS, 1988).

Para discutirmos a frequência de citações dos artigos seminais de de Broglie, apresentaremos quatro gráficos. Esses ilustram a distribuição temporal de artigos publicados nas revistas *Nature Magazine* (NAT)*, Philosophical Magazine* (PM) e *Annalen der Physik* (AP) que citam a proposta de de Broglie e, um último gráfico, que apresenta comparativo das frequências de citações desses três veículos. A escolha dessas revistas deveu-se ao fato de configurarem as que mais apresentam trabalhos citando o conceito de dualidade discutido pelo cientista. Ates dos gráficos, apresentamos uma tabela com os números de citações à de Broglie, em cada uma daquelas revistas, distribuídos por ano.

Tabela 3.8 – Número de trabalhos citando de Broglie nos periódicos *Nature Magazine* (NAT), *Philosophical Magazine* (PM) e *Annalen der Physik* (AP)

ANO	NAT	PM	AP	ANO	NAT	PM	AP	ANO	NAT	PM	AP	ANO	NAT	PM	AP
1923	0	1	0	1943	1	0	0	1963	1	0	0	1983	0	0	1
1924	2	1	0	1944	0	0	0	1964	0	0	0	1984	0	1	3
1925	0	1	1	1945	1	0	0	1965	1	0	1	1985	0	1	0
1926	3	0	2	1946	1	0	0	1966	2	0	0	1986	2	0	0
1927	8	4	2	1947	1	1	0	1967	1	0	0	1987	0	0	4
1928	5	2	0	1948	2	2	1	1968	4	1	2	1988	2	0	5
1929	9	4	4	1949	2	1	1	1969	2	1	0	1989	0	2	1
1930	7	2	1	1950	3	2	2	1970	0	2	0	1990	0	0	3
1931	2	1	1	1951	2	1	2	1971	0	0	0	1991	0	0	2
1932	0	3	0	1952	0	0	0	1972	0	1	0	1992	2	1	0
1933	1	3	2	1953	0	5	0	1973	2	1	0	1993	0	1	0
1934	2	3	1	1954	0	3	0	1974	1	0	0	1994	1	2	1
1935	1	5	0	1955	1	0	0	1975	1	0	2	1995	1	1	2
1936	1	2	2	1956	0	1	0	1976	2	0	0	1996	1	1	0
1937	0	4	3	1957	1	0	1	1977	1	0	1	1997	4	0	0
1938	5	2	0	1958	1	0	0	1978	1	1	0	1998	2	0	2
1939	1	2	0	1959	1	1	1	1979	1	0	2	1999	1	3	1
1940	4	2	1	1960	0	0	0	1980	0	1	0	2000	2	1	3
1941	0	1	0	1961	2	1	1	1981	2	1	0				
1942	1	1	0	1962	5	1	0	1982	1	1	2				

Fonte: Elaboração Própria

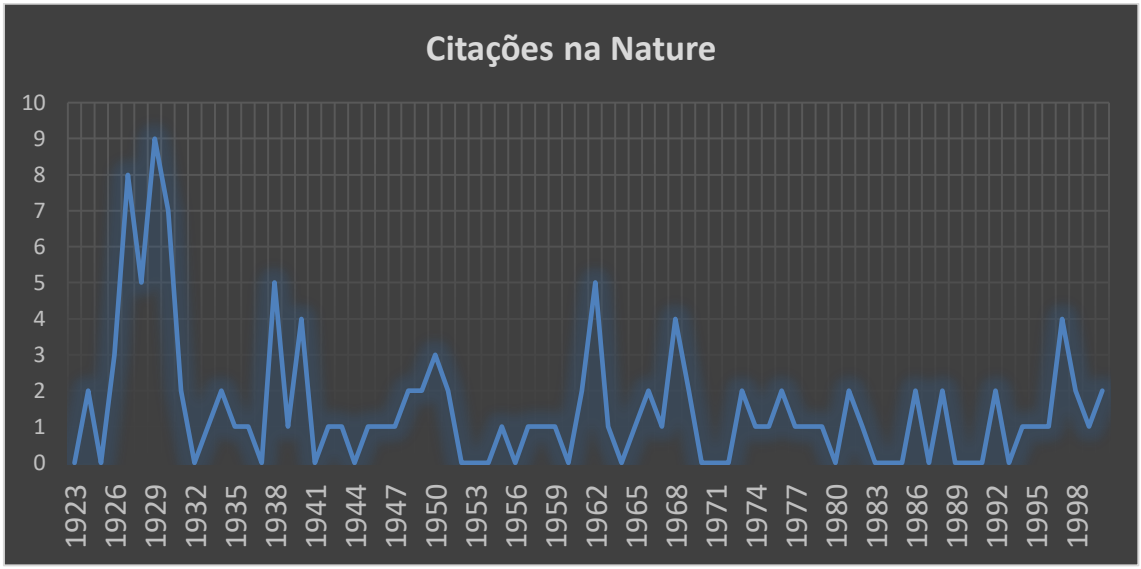


Figura 3.8 – Frequência de citações na *Nature Magazine* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie, entre 1922 e 2000. Fonte: Elaboração Própria



Figura 3.9 - Frequência de citações na *Philosophical Magazine* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie, entre 1922 e 2000. Fonte: Elaboração Própria

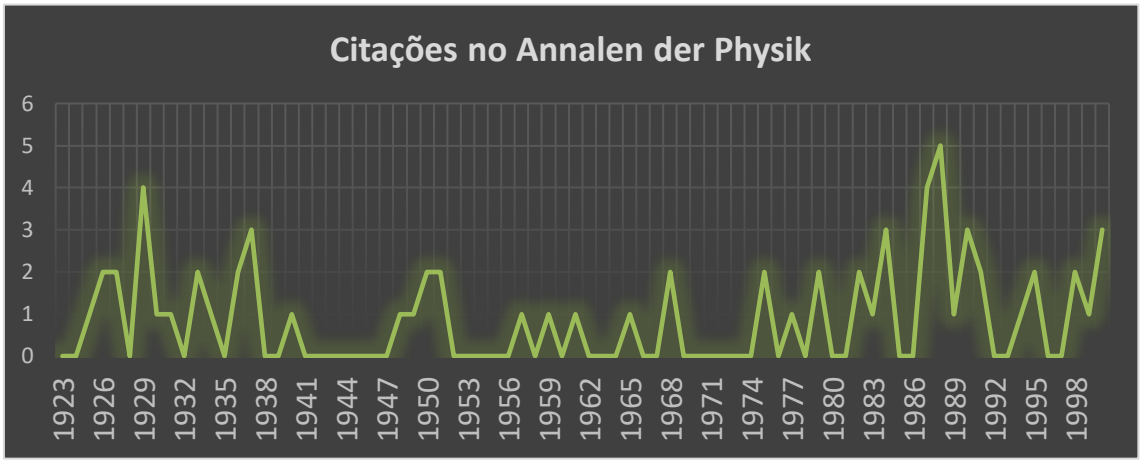


Figura 3.10 - Frequência de citações na *Annalen der Physik* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie, entre 1922 e 2000. Fonte: Elaboração Própria

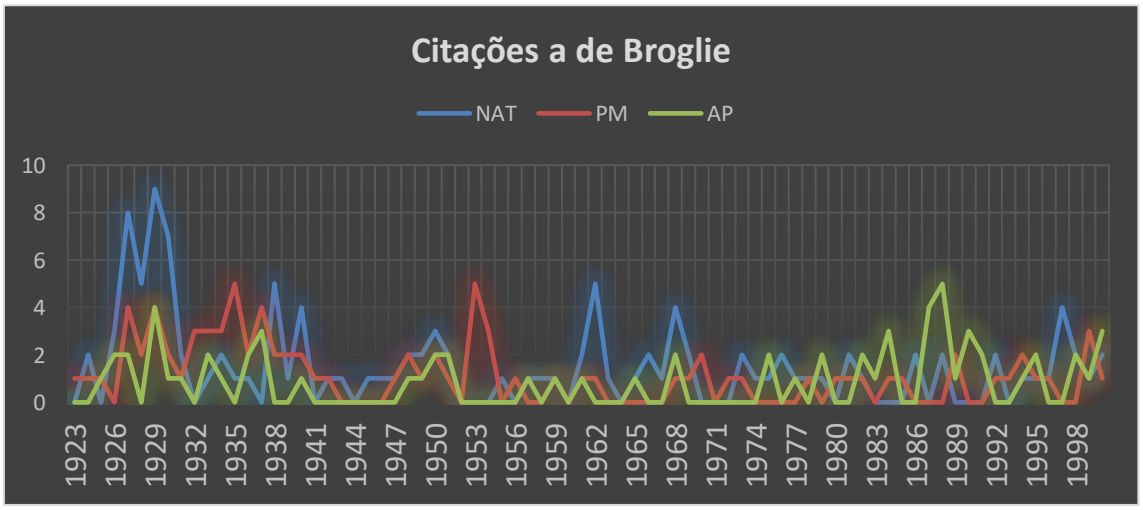


Figura 3.11 – Frequência de citações na *Nature Magazine* (NAT), *Philosophical Magazine* (PM) e *Annalen der Physik* (AP) sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie, entre 1922 e 2000. Fonte: Elaboração Própria

Os gráficos nos mostram o grande número de citações nos anos próximos aos das publicações dos originais de de Broglie. Essa frequência diminui após algumas décadas, voltando, entretanto, a apresentar índices mais elevados em anos ou períodos posteriores. Ao analisarmos os gráficos a partir dos conceitos de *caixa-preta* e *controvérsias* de Latour (2011), notamos que há discussões nas publicações iniciais sobre o conceito de onda-partícula e uma retração de discussões em seguida, indicando uma provável aceitação do conceito, ou mesmo uma rejeição. No caso específico deste trabalho, como lidamos com um conceito ainda presente nos livros didáticos de Física e como ponto de partida para novas discussões em artigos contemporâneos, entendemos a dualidade onda-partícula (de entidade materiais) de de Broglie como um conceito validado, uma caixa-preta.

Por outro lado, o aumento das citações destacado nos gráficos, nas décadas finais do século XX (em especial na revista *Annalen der Physik*), levou-nos analisar a natureza destes artigos. A avaliação isolada dos números de citações poderia nos indicar uma revisão da *caixa-preta* validada em décadas anteriores. Notamos, entretanto, que estes artigos fazem referências às origens históricas da Mecânica Quântica, como no caso do trabalho *Origin of quantum-mechanical complementarity probed by a 'which-way' experiment in an atom interferometer* (DÜRR, NONN, REMPE, 1988). Em outros casos, utiliza-se do conceito nomeando-o com o nome daquele que o apresentou originalmente, como no artigo *Front propagation in evanescent media* (BÜTTIKER, THOMAS, 1988) que utiliza a expressão "The de Broglie-wave length" (BÜTTIKER, THOMAS, 1988, p. 10).

A análise realizada permite-nos traçar um pouco da *rede* que constitui a construção da *caixa-preta* da dualidade onda-partícula, a partir da interação dos *actantes* que selecionamos, ou seja, dos atores humanos (os autores dos artigos) e não-humanos (as revistas e os próprios artigos). Observamos as controvérsias em torno do novo conceito científico nos anos que sucedem sua publicação. A consolidação do conceito pode ser confirmada através das escassas referências feitas aos artigos fundadores entre as décadas de 1940 a 1970 e, ainda, no crescente número de citações nos anos finais do século XX. Isto porque nesses últimos anos os artigos partem do conceito para novas discussões ou o apresentam como marco histórico da Mecânica Quântica.

Outro resultado importante refere-se ao fato de que nas revistas francesas há um número grande de autores franceses que citam as obras de Broglie. Na revista alemã, os autores também são, em grande número, de nacionalidade germânica.

Entretanto, na revista britânica *Nature Magazine*, os autores são de diferentes nacionalidades, italianos, dinamarqueses, alemães, além dos de países de língua inglesa. O mesmo ocorre no outro periódico inglês. Este resultado nos permite concluir que as revistas *Philosophical Magazine* e *Nature Magazine*, nas primeiras décadas do século XX, apresentava maior reverberação, quando comparada aos demais veículos citados neste trabalho. Possivelmente, essa característica da revista justifica a maior repercussão do trabalho de de Broglie naquele periódico.

Dentre os trabalhos que citaram a proposta de dualidade onda-partícula de de Broglie é possível localizar aqueles que foram amplamente referenciados. Isso demonstra a ampliação da rede na qual a discussão em torno ao conceito se estabelece, pois abrange mais periódicos e autores de localidades distintas. Da revista alemã podemos destacar o trabalho *Über das Verhältnis der Heisenberg-Born-Jordanschen Quantenmechanik zu der meinem* de Schrödinger (1926) que possui, atualmente, 239 citações. Na *Nature Magazine* o trabalho *The Quantum Postulate and the Recent Development of Atomic Theory*, de Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962) (1928), possui 376 citações desde sua publicação até 2019. Apesar de procurarmos olhar para as práticas de publicação em detrimento dos grandes nomes das ciências, precisamos destacar que os autores em questão são actantes relevantes na disseminação das ideias de de Broglie. Isto é, na ocasião em que citavam de Broglie, aqueles autores já possuíam elevado *crédito* (LATOUR, WOOLGAR, 1997) no meio acadêmico. Bohr já havia publicado artigos de destaque, como os três artigos de 1913 nos quais propõe um modelo para o átomo (BOHR, 1913a, 1913b, 1913c), e Schrödinger possui, no mesmo volume de seu trabalho citado anteriormente, um artigo que foi citado 917 vezes.

Da análise dos artigos que citam os trabalhos seminais do conceito dualidade de de Broglie, podemos concluir que alguns fatores foram preponderantes para a sua dispersão. O veículo escolhido para a divulgação da nova proposta mostrou-se tão relevante quanto os próprios argumentos do autor. A tese de de Broglie que continha sua proposta de dualidade onda-partícula foi lida por autores, cujos trabalhos tinham grande repercussão à época e dialogavam com a proposta do francês[109]. Ademais, os artigos publicados na França, antes mesmo da defesa de sua tese, exploravam a proposta de de Broglie. Ao menos quatro publicações discutiam seu conceito, todas

109 Referimo-nos às leituras seguidas das opiniões de personalidades como Albert Einstein e Erwin Schrödinger (MARTINS, ROSA, 2014). A primeira impressão de Schrödinger em relação à obra de de Broglie foi extremamente negativa (ROSA, 2004). Todavia, após novas análise, passou a apreciá-la e, de fato, a teoria do francês serviu de fundamento para parte dos estudos de Schrödinger (IDEM, IBDEM).

escritas em francês e publicadas em revistas francesas. Contudo, de Broglie republicou a tese integralmente na Alemanha e divulgou em revistas inglesas artigos que resumiam suas ideias (MARTINS, ROSA, 2014).

Assim, a construção da *caixa-preta* da dualidade onda-partícula de de Broglie deveu-se, entre diversos fatores, à contribuição de personalidades que gozavam de elevado crédito no meio acadêmico (de Maurice de Broglie, que o inseriu naquele meio, de cientistas de renome que leram e compartilharam seu trabalho e daqueles que os citaram). Neste episódio, contudo, não observamos afinidades filosóficas indicando maior ou menor engajamento de aliados. As divergências filosóficas entre Einstein e Bohr[110] (PESSOA JÚNIOR, 2006), por exemplo, não determinaram a apreciação dos trabalhos de de Broglie, visto que ambos os referenciam concordando com parte de seus argumentos (BOHR, 1928; EINSTEIN, 1925 apud DE BROGLIE, 1987). Mas, além dos agentes humanos, os veículos de divulgação das construções de de Broglie, também, desempenharam um importante papel neste processo.

Os caminhos seguidos por de Broglie para apresentar aos pares o conceito de dualidade ilustram como a validação do conhecimento científico perpassou por discussões que se deram, sobretudo, em veículos estrangeiros ao autor da proposta e, em ao menos, um idioma diferente àquele da tese de doutorado. O fato de o conceito ter sido publicado ainda em fase de discussão em idiomas de países expoentes na ciência da época foi fundamental para aquele conceito estabelecer uma *rede* capaz de torná-lo uma *caixa-preta*. Em outros termos, a apresentação e defesa de um conceito científico, mesmo que este venha a ser bem fundamentado e avaliado por pesquisadores de prestígio na área, precisou de reproduções em veículos de maior capilaridade na época. De tal forma que podemos afirmar que escolher em qual periódico será publicado o resultado de qualquer estudo configura uma prática importante do fazer científico.

3.6 Considerações finais do estudo documental

Descrevemos neste capítulo como realizamos uma pesquisa documental sobre os artigos que citam os trabalhos que contém dois conceitos de Física estudados no Ensino Médio.

[110] A quinta conferência de Solvay, realizada no Instituto Internacional da Solvay de Física e Química, localizado em Bruxelas - Bélgica, no ano de 1927, teve como tema “elétrons e fótons”. Neste evento, Bohr e Einstein debateram a respeito do não determinismo na Mecânica Quântica, marcando o embate de uma visão realista do fazer científico em oposição à visão ortodoxa (WHEATON, 1983). Louis de Broglie participou deste congresso.

Orientados pela HCC, pautamos nossa pesquisa nas práticas de publicação e divulgação dos produtos construídos por dois cientistas, Ampère e de Broglie. Além deste referencial, conduzimos nosso trabalho pelos argumentos de Bruno Latour no que se refere à construção de *caixas-pretas* nas ciências. Dessa forma, antes de realizarmos os levantamentos daqueles artigos, situamos ambos os cientistas historicamente com o intuito de elencar os atores que participaram daquelas construções.

O próprio desenvolvimento da pesquisa permitiu-nos observar como os processos de validação cultural, dos conceitos determinados, envolveram atores e práticas distintas. Essas características particulares reforçaram nossos argumentos de que a construção dos produtos científicos não pode ser tomada como processos estruturados. Cada caso analisado e, podemos dizer que por extensão, qualquer episódio da História das Ciências envolve atores muito específicos de seus tempo e espaço. São processos particulares e, por essa razão, devem ser analisados desprendidos de qualquer processo normativo.

Os elementos metacientíficos, ou da Natureza da Ciência, que destacamos englobam os periódicos escolhidos pelos cientistas para publicarem suas construções, os quais respondiam às condições socioeconômicas de seus países, o idioma do texto, o alinhamento filosófico e científico de pares, garantindo o alistamento de aliados, o acesso à artesãos especializados e os créditos dos autores dos artigos e daqueles que os referenciam ou os propagam. Como nos detemos às mesmas práticas em ambos os casos, era esperado que alguns elementos fossem semelhantes (publicação de artigos científicos em periódicos especializados), mas com ingerências distintas (a reverberação do mesmo periódico reduziu de um caso a outro).

A escolha dos episódios nos permitiu encontrar semelhanças nas práticas científicas, ou em atores, que nos auxiliaria nos debates em sala de aula, discutindo como caminhos parecidos nas ciências podem levar a resultados diferentes, a depender das características e atores históricos. No caso deste trabalho, o fato de Ampère e de Broglie publicarem seus artigos em revistas da mesma instituição, mesmo país e mesmo idioma, não garantiu a mesma repercussão. Seus conceitos, hoje validados, não foram imediatamente aceitos e diferentes actantes fizeram o processo de cada um ser único.

O estudo que acabamos de descrever apontou, ainda, como a produção científica é uma ação coletiva e política. Observamos como as Academias científicas foram instrumentos de governos para elevar o poder político de seus países. O que é o mesmo que afirmar como o investimento nas ciências significou maior destaque para aqueles países. Em contrapartida, vimos como o periódico da Academia de Ciências

francesa reduziu sua capilaridade no mesmo período em que o país se encontrava em recessão econômica. Concordamos que o recuo econômico no período pós-guerra não pode ser tomado como causa única da diminuição do status da França na produção científica, no início do século XX. Mas defendemos que este é um fator relevante, na medida em que o movimento contrário é notado em países com maior investimento. Entendemos, também, que a França, no último século, não deixou de ser uma nação de destaque na produção científica, mas a soberania que compartilhava com a Inglaterra, no século anterior, foi eclipsada por países como a Alemanha.

A ideia de um cientificismo neoliberal também se esvazia quando da análise dos casos destacados. Em nenhum dos dois episódios a validação dos conceitos deu-se por ação exclusiva dos cientistas. Os agentes externos elencados nos permitem afirmar que aqueles pesquisadores compunham uma sociedade, com cultura própria, que garantiram a repercussão de seus constructos. Ou ainda, podemos dizer que cada cientista teve de ampliar a rede de seus conceitos de forma distinta.

Acreditamos que se realizássemos as pesquisas documentais seguindo com mais rigor os pressupostos da Teoria Ator-Rede outros actantes se destacariam, novos apagamentos poderiam ser expostos. O planejamento do projeto de pesquisa dessa tese previa a análise de dois episódios na expectativa de apontarmos diferenças e semelhanças na validação dos conceitos científicos. Isto nos impossibilitou de abrir as *caixas-pretas* em sua totalidade. Não dispúnhamos de tempo para localizar cada possível ator envolvido e, provavelmente, seria inviável apresentá-los em aulas de ciências da educação básica. Entendemos, contudo, que isso não nos afastou do objetivo dessa parte da pesquisa, a saber, situar a construção daqueles conceitos culturalmente.

No próximo capítulo descreveremos a aplicação dos resultados apresentados nesta etapa do projeto e, paralelamente, narraremos como se deu a pesquisa empírica com os estudantes.

4. Aplicação de um curso de Física com viés histórico e a pesquisa etnográfica

Os estudos apresentados em capítulos anteriores visaram construir subsídios para a construção de aulas de Física na educação básica com intuito de construir um ambiente educacional capaz de proporcionar respostas à questão de pesquisa. A pesquisa documental relatada no capítulo 3 forneceu-nos os elementos que nos possibilitaram debater em sala de aula a construção do conhecimento científico e sua consolidação como uma ação social e cultural, nas quais elementos até então compreendidos fora do escopo das práticas científicas passam a ser entendidos como atores daqueles processos.

Este capítulo, então, descreverá como aqueles resultados foram inseridos no contexto educacional e exibirá os resultados de uma investigação cuja perspectiva era a de analisar se aqueles atores metacientíficos também foram vislumbrados pelas alunas e alunos como relevantes agentes das ciências.

A pesquisa empírica planejada pretendia se adequar ao dinamismo de uma sala de aula e, por isso, deveria possibilitar-nos uma constante reestrutura do que fora programado, no sentido em que adequações se mostraram necessárias. Não tínhamos como objetivo verificar a aprendizagem de fenômenos ou conceitos científicos, tampouco aferir a apreensão dos elementos metacientíficos pelos estudantes. Se retomarmos a pergunta que orientou o trabalho relatado nessa tese, verificaremos que procurávamos observar se os atores que localizamos na pesquisa documental possibilitariam discussões acerca do caráter cultural do fazer científico. A questão de pesquisa foi apresentada da seguinte forma:

Que elementos metacientíficos relativos à validação do conhecimento científico, elencado a partir do estudo de obras seminais, potencializam discussões sobre a ciência, capazes de destacar o caráter cultural do empreendimento científico?

Assim, delimitamos como uma metodologia de pesquisa a etnográfica, pois entendemos que ela nos possibilitaria o ir e vir entre a pesquisa e planejamento. Uma obra basilar encontrada em trabalhos que relatam pesquisas etnográficas é o livro *A interpretação das culturas* do antropólogo Clifford Geertz (1926 – 2006) (GEERTZ, 2008). O livro apresenta a definição de cultura do autor e argumenta a favor da etnografia como forma de se interpretar as ações e comportamentos de determinado grupo social. Geertz define essa linha de pesquisa conforme destacamos a seguir:

> Em antropologia ou, de qualquer forma, em antropologia social, o que os praticantes fazem é a etnografia. E é justamente ao compreender o que é a etnografia, ou mais exatamente, o que é a prática da etnografia, é que se pode começar a entender o que representa a análise antropológica como forma de conhecimento. Devemos frisar, no entanto, que essa não é uma questão de métodos. Segundo a opinião dos livros-textos, praticar a etnografia é estabelecer relações, selecionar informantes, transcrever textos, levantar genealogias, mapear campos, manter um diário, e assim por diante. Mas não são essas coisas, as técnicas e os processos determinados, que definem o empreendimento. O que o define é o tipo de esforço intelectual que ele representa: um risco elaborado para uma "descrição densa" [...] (GEERTZ, 2008, p. 4)

A etnografia, então, caracteriza-se pela imersão em determinada cultura com o propósito de compreender os comportamentos daqueles que a compõem. Geertz (2008) entende cultura como uma rede de significados que transforma e é transformada pelo homem, a análise dessa rede é “uma ciência interpretativa, à procura de significado” (GEERTZ, 2008, p. 4). No mesmo caminho, Goellner (2010) afirma que o pesquisador etnográfico deve se inserir nessa rede de significados para, além de tentar entender o significado atribuído à prática da cultura estudada, compreender como esses significados se manifestam e constituem a própria cultura.

Geertz (2008) ainda nos oferece exemplos de como o pesquisador etnográfico interpreta os comportamentos de determinada cultura. A partir de uma obra de Ryle (1949 apud GEERTZ, 2008), o autor descreve uma situação na qual três garotos piscam, rapidamente, o olho direito. O primeiro o faz por uma ação involuntária, um reflexo; o segundo realiza uma piscadela conspiratória a um amigo, comunicando uma intenção oculta; o terceiro imita a ação do primeiro, de forma propositada, com o intuito de ridicularizar o amigo. Os três executam o mesmo ato, contraem a pálpebra direita. Mas cada qual com uma intenção que só é interpretada se o observador estiver inserido no contexto dos três garotos. Sem conhecer as personalidades e intenções, o pesquisador somente relataria que três garotos piscaram brevemente um dos olhos. Localizar essas diferenças é o que objetiva a etnografia. A partir da subjetividade, o pesquisador deve determinar “[...] uma hierarquia estratificada de estruturas significantes em termos as quais os tiques nervosos, as piscadelas, as falsas piscadelas, as imitações, os ensaios das imitações são produzidos, percebidos e interpretados” (GEERTZ, 2008, p. 5).

A etnografia se apresenta como uma metodologia de pesquisa, sobretudo, em trabalhos antropológicos. Em geral, o antropólogo é um agente externo que se insere me determinada cultura afim de descrever e interpretar suas relações e atitudes. No âmbito pedagógico, concordamos com Forquin (1993) que qualquer escola, além da

dimensão institucional e pedagógica, possui uma dimensão cultural. E, assim, como cada instituição de ensino se apresenta como local singular, cada sala de aula também constitui uma cultura própria. É neste sentido que defendemos a etnografia como o caminho mais frutífero para as nossas pretensões.

Contudo, alinhamos à Lüdke e Andre (1986) ao afirmarem que na educação a etnografia ganha contornos próprios. Andre (2005) afirma que os estudos que se pautam na etnografia são do "tipo etnográfico e não etnografia no seu sentido estrito" (ANDRE, 2005, p. 24). A autora lista uma série de características que definem a etnografia na educação: observação participante, intensa e longa interação entre pesquisador e pessoas, objetos e locais investigados, entrevista intensiva, análise de documentos e ênfase no processo em detrimento do produto ou resultados finais (IDEM, IBIDEM).

No caso de nossa pesquisa, além do fato da mesma se situar no campo da educação é importante considerar que o pesquisador, como professor regente, foi o próprio agente de coleta de dados, a esse respeito Andre afirma:

> O fato de ser uma pessoa o põe numa posição bem diferente de outros tipos de instrumentos, porque permite que ele responda ativamente às circunstâncias que o cercam, modificando técnicas e coleta, se necessário, revendo as questões que orientam a pesquisa, localizando novos sujeitos, revendo toda a metodologia ainda durante o desenrolar do trabalho (ANDRE, 2005, p. 24, 25).

Devido ao dinamismo previsto, as interpretações provenientes de uma pesquisa etnográfica precisarão estar acompanhadas de uma densa descrição do processo. Além disso, é importante reconhecer que nenhum ponto de vista está livre de contaminações, isto é, todo pesquisador é constituído por ideologias e preconceitos. Neste caso, também é oportuno que o pesquisador se apresente, que exponha suas motivações e sua bagagem teórica, afim de auxiliar o leitor a compreender suas conclusões. Da mesma forma que é imperativo que o pesquisador se familiarize com a cultura a ser analisada. Isso implica ao pesquisador etnográfico permanecer em campo por um longo período, mantendo contato contínuo com aquela população (LÜDKE E ANDRÉ, 1986).

Estruturamos este capítulo de forma a apresentar a instituição de ensino, a turma de estudantes, o curso planejado a partir dos resultados do capítulo anterior e a descrição das principais aulas do projeto, ou seja, aquelas aulas em que os discentes apresentaram comportamentos ou afirmações que nos ajudaram à responder nossa questão de pesquisa. Optamos por descrever a pesquisa etnográfica inserida nestas seções, tendo em vista que cada etapa de reconhecimento da escola e dos estudantes constituem a inserção do pesquisador naquela cultura.

Nas seções seguintes, iremos, por vezes, direcionar-nos ao leitor em primeira

pessoa, por se tratar de uma experiência etnográfica, na qual as subjetividades do pesquisador estão implicadas. Mas é importante destacar a participação do grupo de pesquisa (NIEHCC) nessa etapa do trabalho. A idealização das aulas, as mudanças promovidas durante o processo e as análises foram compartilhadas com os demais membros. Portanto, durante o texto, a primeira pessoa do plural também será utilizada, quando o destaque estiver nas análises e planejamentos realizados em conjunto entre pesquisador e o grupo de pesquisa

4.1 A Instituição de ensino e a turma de estudantes

O rigor de uma pesquisa que envolve estudantes aconselha-nos a não revelar informações que por ventura possam identificar quais indivíduos foram envolvidos. Neste escopo, também se recomenda não declarar a instituição em que se realizou a pesquisa. Por outro lado, apresentaremos uma pesquisa etnográfica em que a as interpretações são produtos de uma multiplicidade de vozes, de tal maneira que a apresentação do pesquisador se faz necessária. Como autor dessa tese, pesquisador e professor da turma investigada, não há como ocultar algumas informações, como por exemplo a instituição de ensino, mas resguardaremos os discentes não revelando qual o curso técnico integrado eles frequentavam.

A pesquisa foi realizada em um campus do Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais (IF Sudeste MG). Essa instituição oferece cursos técnicos integrados ao Ensino Médio (EM), cursos técnicos concomitante ao médio (mas, neste caso, o EM é realizado fora da instituição), cursos técnicos subsequentes ao médio, cursos de graduação e pós-graduação. A instituição foi fundada em 2008, em um período de massivos investimentos na educação por parte do governo federal. Isso proporcionou uma estrutura capaz de promover um ensino, hoje, de reconhecida qualidade. A instituição fornecia computadores com acesso à internet, com assinaturas dos principais periódicos científicos, biblioteca com grande número de obras e exemplares, equipe de profissionais qualificada e promovia a participação dos discentes em programas de iniciação científica (PIBIC-EM[111]), em projetos de pesquisa ou extensão.

Atualmente, o governo federal tem adotado uma postura de arrefecimento de investimentos na educação pública, tomando medidas, por exemplo, que limitam a

[111] Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica para o Ensino Médio (PIBIC- EM). Promovido pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Cientifico e Tecnológico (CNPq), oferecendo bolsas para alunos do ensino secundário, em um período de doze meses.

participação de professores e pesquisadores dessas instituições de participarem de congressos, que restringem a aquisição de novos equipamentos e materiais ou reduzindo o número de bolsas para discentes. Postura essa, aliás, já percebida no governo anterior. Contudo, em virtude dos investimentos de gestões passadas, a estrutura mantém-se adequada para que se possa oferecer um ensino amplo e de qualidade, mesmo com a considerável redução do número de bolsas ofertadas e da impossibilidade de se repor equipamentos danificados. De tal sorte que, no período em que a pesquisa que relataremos ocorreu, o estabelecimento de ensino ainda oferecia aos estudantes a maioria dos benefícios relatados anteriormente.

A turma de discentes que participou deste projeto cursava o último ano (terceiro) de um curso técnico integrado ao médio. No início do ano eram 24 estudantes matriculados, dentre estes, 18 alunas e 6 alunos. As idades variavam entre 16 e 18 anos. Uma aluna foi transferida após dois meses de aula, portanto, 23 discentes participaram da pesquisa. A modalidade do curso que eles frequentavam obrigava-lhes a se matricularem em 20 disciplinas naquele ano, totalizando 41 aulas por semana, cada qual de 50 minutos. O excessivo número de aulas semanais era habitual naquela escola. Além das aulas regulares, era possível agendar aulas extras. Todas as atividades (aulas, projetos de pesquisa, recuperações, etc.) deveriam ocorrer nos turnos matutino e vespertino.

Aqueles estudantes eram provenientes de uma turma de 40 matriculados, quando ingressaram na instituição. Dentre os 24 integrantes do terceiro ano, dois haviam reprovado em anos anteriores. Portanto, dos 40 que ingressaram juntos no primeiro ano, somente 22 estavam naquela turma de terceiro ano. Isto demonstra a dificuldade que as alunas e os alunos enfrentam na instituição, o excessivo número de disciplinas e de conteúdos a estudar resultam em um processo de aprovação árduo. Este cenário induzia a cogitar que os estudantes que chegavam naquela etapa eram alunos extremamente dedicados e que não apresentariam dificuldades nas diversas disciplinas que frequentariam. Contudo, como professor, sabia que até mesmo no terceiro ano era possível encontrar alunos desinteressados ou com deficiências em determinadas disciplinas. Além disso, qualquer problema pessoal poderia interferir no rendimento escolar.

Afim de investigar o perfil dos discentes antes de iniciar o ano letivo, procurei profissionais da instituição que poderiam me informar sobre o rendimento daquela turma. O IF Sudeste MG possui uma equipe de pedagogos dividida de tal forma que cada profissional é responsável por todas as turmas de pelo menos dois cursos. Assim,

a pedagoga que acompanhava os estudantes do terceiro ano do EM já os havia orientado nos dois anos anteriores. Também sabia que poderia obter informações com professores que haviam lecionado naquele curso anteriormente. Desta primeira investigação, obtive um panorama da turma.

No geral, eram discentes compromissados com a instituição e com o curso técnico. Faziam estágios (todos eles, para cumprir as normas do instituto) e, alguns, tinham bolsas por participarem de projetos de pesquisa (duas alunas naquele momento e um aluno já tinha integrado um grupo de pesquisa). Com exceção de três alunas e um aluno, era uma turma que raramente faltava às aulas ou deixava de realizar as atividades solicitadas. Fui informado dos alunos e alunas que poderiam se destacar em minha disciplina, me informaram os nomes de cinco estudantes. Também me alertaram sobre aqueles que demandariam maiores esforços para obterem aprovação na disciplina de Física Geral III. Apesar de muitas disciplinas da área técnica, dos anos anteriores, se qualificarem como “da área exatas”, a maioria da turma não se sentia confortável nas disciplinas que exigiam um raciocínio matemático mais intenso. Por fim, me informaram da pouca participação daqueles estudantes nas aulas. Mesmo que concentrados, não se expressavam muito. As aulas, relataram-me os professores dos anos anteriores, normalmente eram silenciosas, os alunos e alunas pouco argumentavam ou respondias as questões levantadas.

Estas informações prévias foram-me relevantes para a programação inicial do trabalho. Sabia que poderia solicitar atividades para os discentes realizarem fora do horário das aulas. Organizamos um curso no qual, em momentos propícios, questões seriam apresentadas na expectativa de forçar uma maior participação dos estudantes. Também era uma preocupação o fato de alguns não se sentirem confortáveis com aplicações matemáticas, ou seja, tinha que organizar o tempo didático de tal maneira que pudesse resolver problemas que visavam a mera aplicação de algoritmos. Sabia, ainda, que teria como projetar textos e imagens, otimizando melhor a distribuição dos conteúdos nas aulas. Tudo isso somado à necessidade de se cumprir um currículo e proporcionar discussões sobre o fazer científico. Foram-me destinados dois tempos de aulas por semana, geminados, de 50 minutos cada.

Nenhum professor de ciências dos dois anos anteriores (Física, Química ou Biologia) havia trabalhado suas disciplinas com enfoques históricos ou filosóficos. Esperávamos, assim, que aquela turma pudesse demonstrar alguma estranheza ou desconforto em aulas de Física que versaria demasiadamente em aspectos daquela natureza. O número de aulas previstas para a disciplina, o currículo a ser cumprido, o

entendimento que não se deve dispor o conteúdo histórico como um componente extra e a falta de contato com abordagens históricas nos guiaram a planejar aulas, nas quais os conceitos científicos fossem discutidos em paralelo ao aos aspectos históricos.

Na descrição das aulas, relataremos como as mesmas foram pensadas e como propomos atividades que promovessem debates ou que permitissem que os estudantes se expressassem a respeito de suas compreensões sobre o fazer científico.

4.2 Descrição do curso e relatos etnográficos

O conteúdo previsto para o terceiro ano do EM, na disciplina de Física Geral III, era Eletricidade, Eletromagnetismo, Física Moderna e Ondulatória. Dentre estes, os estudantes já haviam estudado alguns conceitos de Eletricidade e Magnetismo em anos anteriores nas disciplinas da área técnica, com ênfase na resolução de problemas práticos, negligenciando a compreensão daqueles conceitos e sem uma abordagem histórica, cultural ou sociológica.

No capítulo 3 (Tabela 3.1) expusemos o conteúdo previsto para o terceiro ano no IF Sudeste MG. Mas, para a abordagem que propúnhamos, concluímos que seria produtivo inserir algumas aulas nas quais destinaríamos nossa atenção a aspectos relevantes para o curso como um todo. A Tabela 4.1 apresenta o conteúdo previsto pelo currículo mandatório e as inserções que programamos.

Tabela 4.1 – Organização final do conteúdo programático de Física Geral III

Bimestre	Unidade	Conteúdo
1º	Eletrostática	Cargas elétricas
		Condutores e isolantes elétricos
		Processos de eletrização
		Lei de Coulomb
		Campo elétrico
		Potencial elétrico
2º	Eletrodinâmica	Corrente elétrica
		Resistores elétricos
		Geradores elétricos
		Circuito elétrico
		Potência elétrica
		Medidores
		Receptores elétricos
3º		Capacitores
	Inserção 1 - Divulgação do conhecimento científico	
	Inserção 2 - Revisão sobre Iluminismo	
	Eletromagnetismo	Ímãs e campo magnético
		Campo magnético gerado por correntes elétricas
		Força magnética
4º		Indução eletromagnética
		Corrente alternada
		Transformadores
	Inserção 3 - Início do século XX	
	Física Moderna	Teoria da relatividade restrita

		Radiação de corpo negro
		Equação de Planck
		Efeito fotoelétrico
		Dualidade onda-partícula
		Átomo de Bohr
		Princípio da incerteza de Heisenberg
		Noções de Física Nuclear

Além das inserções citadas, a Tabela 4.1 difere da Tabela 3.1 em relação à distribuição dos conteúdos nos bimestres. As informações da Tabela do capítulo anterior visavam informar os assuntos previstos que deveriam ser abordados naquela etapa escolar e como, a partir daquela distribuição, selecionamos os temas dessa tese. Neste capítulo, a Tabela 4.1 informa como foi reestruturado o curso, de tal forma que aponta quando os conteúdos foram apresentados aos estudantes. Lembramos que a unidade Ondulatória não consta nas Tabelas, pois foi planejado para ser estudada em horários alternativos aos das aulas regulares.

Insistimos que todo o curso foi planejado a partir de um olhar historiográfico. Mas entendemos que, em ao menos dois momentos, precisaríamos direcionar as aulas para uma discussão sobre as divulgações e publicações científicas e para revisarmos características de períodos históricos relevantes aos temas selecionados.

Planejamos o trabalho em sala de aula a partir da discussão das trajetórias das publicações de obras originais. Documentos estes que apresentaram pela primeira vez conceitos que estudaríamos naquela disciplina. Na Tabela 4.2, indicamos todas as obras utilizadas em sala de aula. Os textos apresentados eram acompanhados das informações a respeito do veículo em que foram publicados (se era um livro, uma carta, um artigo em periódico, uma apresentação pública, etc.), do idioma e o país das publicações; das naturalidades dos autores; e, em alguns casos, de como as obras foram citadas ao longo do tempo. Não realizamos em aulas análises mais profundas dos conteúdos daqueles documentos. Também não discutimos suas citações como o fizemos para os trabalhos de Ampère, Biot e de Broglie. Somente comentamos se eram trabalhos muito referenciados e quando essas referências ocorriam.

Tabela 4.2 – Textos originais apresentados em sala de aula

N	Autor / Título País e Data / Língua	Conteúdo explorado
1	Otto von Guericke Experimenta nova (ut vocantur) (GUERRICKE, 1672) Países Baixos. 1672 Latim	Máquina eletrostática
2	Carta Du Fay à Royal Society (DU FAY, 1733) Inglaterra, 1733 Inglês	Define conceitos de eletricidade vítrea e resinosa.
3	Cartas Stephen Gray para Cromwell Mortimer (GRAY, 1731; 1732) Inglaterra, 1731 / 1732 Inglês	Experimentos de atração e repulsão elétrica. Condução de eletricidade
4	Carta Benjamin Franklin a Peter Collinson. (COEHN, 1941) EUA, 28 julho, 1747 Inglês	Carga positiva (excessos de *atmosfera elétrica*) e carga negativa (carência de *atmosfera elétrica*)
5	Carta Benjamin Franklin a John Michell (COEHN, 1941) EUA, 1749 Inglês	Sobre a natureza dos relâmpagos e para-raios
6	Carta Benjamin Franklin a Peter Collinson (FRANKLIN, 2004) EUA, 19 outubro, 1752 Inglês	Propõe experimento da pipa
7	Carta Benjamin Franklin a Peter Collinson (FRANKLIN, 2004) EUA, 27 julho 1750 Inglês	Mudança de direção de uma bússola em um navio, durante uma tempestade.
8	William Gilbert De Magnete (GILBERT, 1893) Inglaterra, 1600 Latim	Ideia de campo elétrico (e magnético), definido como propriedade que se estende no espaço. Propriedades magnéticas: ímãs, magnetismo terrestre
9	Michael Faraday Historical Sketch of Electro-Magnetism (FARADAY, 1821; 1822) Inglaterra, 1821 (22) Inglês	Descreve a experiência de Oersted, citando trabalhos de Ampère e de Biot.
10	Michael Faraday Experimental researches in electricity (FARADAY, 1832). Inglaterra, 1832 Inglês	Linhas de força, campos Indução eletromagnética.
11	Pieter van Musschenbroek Essai de Physique (MUSSCHENBROEK, 1739) Países baixos, 1739. Latim	Garrafa de Layden (capacitores)
12	Coulomb Deuxieme mémoire sur l'électricité et le magnétisme. (COULOMB, 1884) França, 1785. Francês	Força eletrostática. Balança de torção.
13	Carta (Tratado) de Petrus Peregrinus (PEREGRINUS, 1985). França, 1269 Latim	Distinção entre eletricidade e magnetismo. Propriedade diretiva, bússola e Terrella.
14	Gerg Simon Ohm Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet. (OHM, 1827). Alemanha, 1827. Alemão.	Apresentou a forma matemática da Lei de Ohm.

15	Luigi Galvani De Viribus Electricitatis in Motu Musculari (GALVANI, 1791) Itália, 1791. Latim	Experiência com fluido elétrico em animais (rã).
16	Alessandro Volta Account of Some Discoveries Made by Mr. Galvani [...] (VOLTA, 1793) Inglaterra, 1793 Francês	Sobre eletricidade animal.
17	Alessandro Volta On the Electricity Excited by the Mere Contact [...] (VOLTA, 1800) Inglaterra, 1800 Francês	Pilha elétrica
18	Oersted Recherche sur l'identité des forces chimiques et électriques. (OERSTED, 1813) França 1813 Francês	Defesa de que fenômenos elétricos e magnéticos são de mesma natureza.
19	Oersted Experimenta circa effectum Conflictus electrici [...] (OERSTED, 1820) Alemanha, 1820 Alemão	Descreve ação do fluido elétrico sobre a agulha imantada.
20	Biot Note sur le Magnétisme de la pile de Volta. (ASSIS, CHAIB, 2006) França, 1820. Francês	Interpretação de Biot sobre a experiência da agulha imantada.
21	Ampère. De l'Action mutuelle de deux courans électriques. (AMPÈRE, 1820a) França, 1820. Francês	Interpretação de Ampère sobre a experiência da agulha imantada. Magnetismo terrestre.
22	Ampère. Théorie des Phénomènes Électro-dynamiques, [...] Artigo (AMPÈRE, 1827). França, 1826. Francês	Conceito de Força magnética
23	Ampère. Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques [...] (AMPÈRE, 1827). França, 1827. Francês	
24	Maxwell On Faraday's lines of force Inglaterra,1856 On physical lines of force" Inglaterra,1861, A dynamical theory of the electromagnetic field Inglaterra,1864 A treatise on electricity and magnetism Inglaterra, 1873 Ingês MAXWELL, 1856; 1861a; 1861b; 1873)	Revisão dos conceitos de eletromagnetismo. Equações de Maxwell.
25	Gustav Robert Kirchhoff (KIRCHHOFF, 1860). Alemanha/Inglaterra, 1860 Ingês / Alemão	Comportamento ondulatório na radiação de um corpo aquecido.
26	John Strutt Rayleigh Remarks upon the Law of Complete Radiation. (RAYLEIGH, 1900) Inglaterra, 1900. Inglês	Lei de Rayleigh-Jeans
27	Planck Ueber eine Verbesserung der Wien'schen Spectral-gleichung (PLANCK, 1900) Alemanha, 1895 Alemão.	Radiação de corpos aquecidos – energia - oscilador harmônico

28	PlancK Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum (PLANCK, 1901). Alemanha, 1901 Alemão	Propõe a equação da energia.
29	Einstein Zur Elektrodynamik bewegter Körper (STACHEL, 2005). Alemanha, 1905 Alemão	Teoria da relatividade restrita
30	Einstein Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? (STACHEL, 2005). Alemanha, 1905 Alemão	Energia relativística.
31	Einstein Über einen die Erzeugung und Umwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Standpunkt (STACHEL, 2005). Alemanha, 1905 Alemão	Efeito fotoelétrico.
32	Johannes Stark Elementarquantum der Energie, Modell der negativen und positiven (STARK, 1907) Alemanha, 1907. Alemão.	Dualidade onda-partícula.
33	Arthur Compton (COMPTON, 1923) The Spectrum of Scattered X-Rays	Efeito Comptom
34	De Broglie Ondes et quanta França, 1923 Francês Quanta de lumière, diffraction et interférences França, 1923 Francês Waves and quanta (DE BROGLIE, 1923a; 1923b; 1923c) Inglaterra, 1923 Inglês	Dualidade onda-partícula de de Broglie.
35	Schrödinger (SCHRÖDINGER 1926) An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules EUA, 1926 Inglês	Mecânica Quântica

Fonte: Elaboração Própria

Como não pretendemos oferecer nenhuma sequência didática, considerando que o curso fora planejado para aquela turma específica, não descreveremos todas as aulas ou todos os slides apresentados aos discentes. A fim de ilustrarmos como se deram as aulas em que não discutimos o tema propriamente da tese, vamos tomar a Figura 4.1 utilizada em uma das aulas. Nela encontramos o frontispício da obra *Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica De Vacuo Spatio* (GUERRICKE, 1672) e uma figura de uma máquina eletrostática, presente naquele livro. Essas imagens foram usadas em uma aula sobre processos de eletrização. Indicamos o ano, o país, o idioma e o veículo em fora publicado. Mencionei para os estudantes o conteúdo do material e disse-lhes que os equipamentos expostos no livro foram utilizados em vários experimentos ao longo do século XVII e XVIII, em estudos sobre fenômenos elétricos.

Informei-lhes, ainda, que obra teve grande repercussão na Europa ocidental (também em virtude da discussão que o autor promoveu sobre a natureza do vácuo), sem detalhar como foi referenciada.



Figura 4.1 – Frontispício de *Experimenta nova* e *imagem retirada da obra*, ()
Fonte: GUERRICKE, 1672, p. 1, 148

4.2.1 Primeiro contato

Na primeira aula do ano, não apresentei nenhuma obra nem discuti nenhum conceito. Destinei o primeiro contato para me apresentar e para dizer aos estudantes como pretendia trabalhar a disciplina. Informei que quase todos os conceitos seriam apresentados a partir das obras seminais, situando local e temporalmente os textos. Disse-lhes que entendia que reconhecer a forma na qual o conhecimento científico era divulgado nos levaria a compreender alguns aspectos envolvidos nas práticas dos cientistas. Apresentei minhas intenções de forma vaga para não induzir os discentes a se expressarem de forma impessoal na atividade prevista para aquele encontro. Em seguida, descrevi como seriam as avaliações (a instituição exigia a aplicação de ao menos duas atividades avaliativas), indicando que dois testes seriam realizados nas próprias aulas e que um conjunto de atividades para se realizar fora do horário escolar comporia a nota bimestral. Prossegui, então, destacando a primeira proposta de atividade. Solicitei às alunas e aos alunos que produzissem um texto respondendo a seguinte questão:

"*Cite quais fatores você considera que são relevantes para que determinado conceito, lei ou teoria seja considerado verdadeiro, que seja aceito pelos demais cientistas.*"

A atividade proposta não foi, inicialmente, conduzida com seriedade pelos estudantes. Eles alegaram que, por se tratar de uma aula de Física, não entendiam porque deveriam produzir um texto. Busquei explicar-lhes o objetivo daquela atividade, destacando ser importante reconhecer o que os estudantes pensavam sobre o assunto para organizar as próximas aulas, ressaltando que escrever fazia parte das práticas dos e das cientistas e que por isso planejava repetir a atividade de escrita em outros momentos do curso. Mesmo alegando minhas intenções, alguns estudantes se mostraram desinteressados a realizar a atividade. Questionavam se aquele texto iria compor alguma nota. Percebendo que a valoração da atividade poderia incentivá-los a realizar a atividade com mais afinco, sugeri que o texto produzido iria compor a nota bimestral.

Naquele primeiro encontro, além dos textos dos discentes, iniciei a anotação das impressões e falas dos estudantes em um diário de campo. A pesquisa em si havia sido pensada para ocorrer no segundo semestre, porém, o instrumento deu suporte para o conhecer a turma. A posição dos discentes sobre a validação do conhecimento científico, extraída dos textos produzidos em sala e das anotações no diário, nos auxiliou a repensar as demais atividades durante o ano letivo.

A análise dos textos produzidos pelos discentes reforça resultados de pesquisas anteriores a respeito das concepções de estudantes sobre o fazer científico (ACEVEDO, et al., 2005; PERON, et al., 2011; PERON, 2014; PERON, GUERRA, 2017). Todos os textos destacaram que o conhecimento científico representa a natureza desvelada e descoberta por cientistas. Fora isso, defenderam que o conhecimento científico é e foi alcançado a partir de experimentos e provas matemáticas e que seus resultados, quando seguem critérios metodológicos corretos, são irrefutáveis. Alguns textos apontaram, ainda, o controle da Igreja sobre a produção e a divulgação do saber científico, antes do período renascentista, contrapondo essa situação aos dias atuais, que entendem ser de maior liberdade para as ciências. Nove estudantes afirmaram que na atualidade há liberdade para se publicar qualquer resultado, desde que obtido seguindo padrões do fazer científico. Quatro textos, contudo, relatavam que atualmente algumas pesquisas tinham controle financeiro, seja por parte do Estado, seja por financiadores privados. Assim, os únicos elementos considerados metacientíficos indicados em poucos textos diziam respeito aos limites sobre o fazer científico, ora definido pela Igreja ora pelo financiamento das pesquisas.

Discutimos os textos produzidos nos encontros do grupo de pesquisa e debatemos as próximas aulas. Não problematizei com os estudantes as questões

apontadas por eles em suas produções. Entendia que seria mais frutífero que, aquilo que considerávamos (professor e grupo de pesquisa) uma visão distorcida do fazer científico, deveria ser debatido no decorrer do ano. Todas as aulas já estavam preparadas antes mesmo do início do ano letivo, mas sabíamos que faríamos alterações em função das respostas e comportamentos dos estudantes, em especial naquelas sobre os conceitos destacados nesta tese.

4.2.2 – Primeiro semestre

As aulas das semanas seguintes seguiram como enunciado anteriormente. Os conceitos e teorias de Física eram apresentados junto às suas publicações originais. O uso de projeções auxiliou a exposição dos textos e contribuiu para o aproveitamento do tempo didático. O andamento da disciplina seguiu o seu curso normal, ou seja, o acréscimo daqueles textos e as breves discussões em torno deles não comprometeu o tempo previsto para cada unidade do currículo. De fato, partia dos estudantes a preocupação em abordar, naquele ano, todo o conteúdo previsto. Ainda na primeira aula, ao narrar quais assuntos estudaríamos no terceiro ano, alguns discentes me perguntaram se iríamos vê-los integralmente, pois estavam vislumbrando os concursos que prestariam ao terminarem o Ensino Médio (EM).

No final do primeiro bimestre já estávamos (professor, alunas e alunos) mais familiarizados com a abordagem utilizada e uns com os outros. Como professor, já compreendia o comportamento de alguns estudantes. A turma, de acordo com o que haviam me passado os professores de anos anteriores e a pedagoga que os acompanhava, era pouco participativa, algumas infrequências se confirmaram e o rendimento na disciplina não diferia dos anos anteriores, alguns indivíduos com notas baixas, outros com levados desempenhos e a maioria com aproveitamento próximo ao de 70%. Nesta etapa, concluímos que a abordagem histórica adotada não comprometeu o rendimento dos estudantes, não notamos melhoras nem quedas em relação às suas médias dos dois primeiros anos do EM.

Minha impressão, ao término do segundo mês de aula, era de que os estudantes já haviam naturalizado com a forma em que os conceitos eram trabalhados. Muitos discentes tinham o hábito de anotar as informações que lhes eram apresentadas sobre as teorias e conceitos científicos (definições e aplicações), mas não notei nenhum aluno repetindo esta conduta sobre as obras seminais ou sobre aspectos históricos em torno àqueles conceitos. Esta conduta se repetiu no segundo bimestre. Cabe destacarmos o comportamento de um aluno, ainda no primeiro mês de aula. Quando explorava um

texto de Coulomb, no estudo da chamada Força Elétrica, ele me questionou se aquelas informações estariam nas avaliações. Diante da resposta negativa, ele manteve sua postura, não anotando aquilo que lhe passava.

Ainda sobre a referida aula, quando da exposição de uma gravura da obra de Coulomb, destacando a balança de torção utilizada pelo filósofo, questionei se o instrumento lhes era familiar. Nenhum estudante indicou a semelhança com o aparelho de Cavendish. Perguntei-lhes sobre o período histórico em que se deu a publicação do francês, lembrando-lhes a naturalidade do filósofo. Não houve nenhuma manifestação, excetuando o fato dos estudantes se entreolharem, indicando a dúvida em relação à pergunta. Insisti perguntando-lhes como é comumente chamado aquele período histórico e o que eles poderiam falar sob o ponto de vista da Filosofia. Um aluno mencionou o “Iluminismo” e, em seguida, uma aluna completou que era uma “época em que a ciência era muito importante”. Assim, naquele encontro, comparei a proposta de Coulomb com os pressupostos da Gravitação Universal de Newton, destacando como as teorias do filósofo inglês impactaram nos estudos da filosofia natural após a publicação de sua obra. Explanei, de forma breve, sobre o mecanicismo e recordamos algumas correntes filosóficas daquele período (conheciam as ponderações de Locke e Descartes, sobre empirismo e racionalismo). Dessa aula, concluímos que aquela turma não observava relações entre o conhecimento científico e aspectos históricos e filosóficos. Os discentes demostravam ter estudado o período tanto na disciplina de História, quanto na de Filosofia. Contudo, não estavam seguros em como avaliar o desenvolvimento científico sob aqueles aspectos.

Na reunião com o grupo de pesquisa, decidimos pela inserção 2 da Tabela 4.1, “Revisão sobre Iluminismo”. Planejamos este momento para debatermos aquilo que foi apresentado na seção 3.4.1 dessa tese, a saber, as correntes filosóficas e os elementos históricos dos séculos XVIII e XIX.

Ao final do primeiro semestre os alunos e alunas já demonstravam as angústias que iriam refletir em nosso trabalho. A intimidade que havíamos estabelecido, na relação professor-estudantes, permitiu-lhes se expressarem sobre o excesso de disciplinas que tinham de cumprir, sobre os estágios que deveriam concluir e, principalmente, sobre os concursos vestibulares. Apesar de estarem em um curso técnico, o objetivo de todos os estudantes, era o de ingressar em uma instituição de ensino superior. Mesmo sem reclamar da ausência de aulas com resolução de problemas que visavam a solução de algoritmos, os discentes me solicitavam, frequentemente, aulas extras com o propósito de se resolver uma série de problemas do livro didático ou de concursos de vestibular.

Dessa forma, entendemos que as aulas do segundo semestre deveriam cumprir, também, este tipo de atividade.

Nos términos de cada bimestre os professores, representantes da equipe pedagógica e duas alunas se reuniam nos conselhos de classe. Geralmente, nestes encontros, os estudantes expressavam seus descontentamentos e dificuldades em relação às disciplinas, professores e instituição. As alunas daquela turma, que compunham o conselho, eram muito ativas na escola. Elas participavam de atividades do movimento estudantil, reclamavam seus direitos em diversas ocasiões do cotidiano escolar e, uma delas, integrava atividades e debates cujas pautas eram questões feministas e de gêneros. Diante destes perfis, sabia que quaisquer insatisfações com a abordagem que estava executando nas aulas de Física seriam relatadas por elas nos conselhos. Não houve reclamações a respeito da disciplina em nenhum dos conselhos daquele ano. Outro momento importante dessas reuniões dizia respeito às impressões dos professores. Minha expectativa era a de comparar o comportamento dos estudantes em minhas aulas com as das demais disciplinas. Foi unânime a constatação de que eram discentes realmente pouco participativos.

Apesar do desinteresse registrado, durante as primeiras aulas do ano letivo em que as obras originais estudadas eram apresentadas, alguns estudantes colocaram, nessas aulas, perguntas a respeito de como um cientista conhecia a obra de outros pesquisadores. Questionaram, por exemplo, como os cientistas reconheciam que era importante ler uma determinada obra científica. A partir desses questionamentos, planejamos uma aula em que seriam trazidas questões para problematizar como o conhecimento científico foi propagado entre os pares no decorrer da história ocidental.

4.2.3 Início do segundo semestre

Para o segundo semestre estavam previstas as inserções da Tabela 4.1 e as aulas sobre corrente elétrica e dualidade onda-partícula. A primeira inserção, “Divulgação do conhecimento científico”, versava sobre as diversas formas de publicação do conhecimento científico e comunicação entre os filósofos ou cientistas. A aula se iniciou com a projeção de uma questão: *Como, hoje, o conhecimento científico é divulgado? Como é sua aceitação?*

Antes de qualquer estudante se manifestar, uma aluna que integrara projetos de pesquisa coordenados por professores da instituição, tendo já participado na produção de artigos científicos e de congressos científicos, falou sobre sua experiência. Sem a minha solicitação, ela descreveu o processo de busca por um veículo propício para a

publicação do trabalho do grupo de pesquisa em que estava inserida, as dificuldades da escrita, além de compartilhar com os demais alunos as controvérsias acadêmicas que presenciou no congresso que participou.

Em seguida, um aluno afirmou que a divulgação se dava nos livros. Ao responder, sua entonação sugeria a obviedade da resposta, mesmo após o relato de sua colega. O restante da turma manteve-se em silêncio, concordando com acenos de cabeça ou simplesmente mantendo-se à parte da discussão. Questionei se era só através destes veículos, livros e artigos, quando uma aluna completou que poderia ser nos "jornais da televisão", seguido por outro colega que acrescentou as revistas comerciais impressas.

A segunda parte da pergunta foi, a princípio, ignorada por todos os estudantes, razão esta que me fez repeti-la. Como era de costume naquela turma, a primeira manifestação demorou pra ocorrer, mas obtive a resposta de um aluno: "o 'cara' faz uma experiência e vê se funciona". Apesar da contribuição da primeira aluna, os demais estudantes que se pronunciaram reafirmaram o que haviam descrito no texto do início do ano letivo, que publicar determinado conhecimento científico era simples, desde que se seguisse os trâmites da ciência e se apresentasse provas. Não houve nenhum relato sobre avaliação de trabalhos por pares ou possíveis interesses na publicação de um resultado específico. Os estudantes, também, não relataram sobre a dificuldade de se publicar em determinado periódico nem mesmo a questão do idioma foi mencionado. A aluna bolsista, citada anteriormente, nada acrescentou naquele momento sobre a avaliação dos pares ou qualquer outro trâmite após a submissão do trabalho, conteve-se em reafirmar a dificuldade da adequação do texto para a publicação.

Continuei a aula apontando que a divulgação dos resultados das ciências poderia se dar por veículos diversos, que mudaram no decorrer da história. Direcionado para a aluna que se manifestou primeiro, perguntei se o artigo que ela ajudou a produzir poderia ser negado por fatores não diretamente relacionados ao conteúdo científico defendido. Vacilando, ela respondeu afirmativamente. Indaguei, ainda sobre o acesso aos artigos científicos, se eles sabiam como fazê-lo, ou seja, quais caminhos eles deveriam seguir e quais obstáculos encontrariam para ter acesso às publicações científicas atuais. Neste caso, os discentes destacaram que o conhecimento científico estava nos livros ou em artigos na internet (agora, alguns já concordavam com os artigos como veículo de divulgação) e que todos poderiam acessá-los caso o quisessem, sem que houvesse qualquer impedimento. A aluna que participara do projeto não fez qualquer comentário nesse momento.

A seguir, expus a intenção daquela aula, a de discutirmos como se divulgam (e divulgavam) os produtos das ciências. Dessa forma, pretendia responder à questão levantada por um aluno em encontro anterior (como os cientistas reconheciam que era importante ler uma determinada obra científica?). Mas alertei que a segunda questão seria debatida ao logo das demais aulas do ano.

Prossegui apresentando os diversos tipos de publicações científicas no decorrer da história, tanto as escritas como as orais, desde pergaminhos e livros até apresentações em teatros de anatomia e gabinetes. Discutimos como a imprensa e a organização de uma rede de correspondências (República das Cartas) compuseram a cultura e a prática científica no século XVIII (JARDIM, GUERRA, 2017). Debatemos quando e onde as academias científicas estabeleceram-se como importantes divulgadoras do saber científico, destacando como as publicações periódicas daquelas instituições se deram e a importância das mesmas para a seleção de textos e a posterior divulgação entre pares do conhecimento produzido (HAGSTROM, 1975; HIN, SUBRAMANIAM, 2009).

Ao término daquela aula, sugeri uma atividade para os alunos e as alunas realizarem fora do horário de suas aulas. Inspirado pelo trabalho de Jardim (2019), solicitei que cada estudante pesquisasse na internet artigos publicados nos principais periódicos científicos (sugeri os periódicos *Nature Magazine*, *Annalen der Physik*, *Philosophical Transactions* e *Scientific American*, mas poderiam acessar outros quaisquer) e que me entregassem um resumo do texto, o porquê de ter escolhido aquele artigo, em qual periódico o encontrou, o idioma e se houve algum contratempo ao acessá-lo.

Após uma semana os estudantes trouxeram a atividade (somente 12 dos 23 alunos). Pedi para que alguns falassem na aula sobre o artigo que encontrou. Um aluno e uma aluna se prontificaram a anunciar o que acharam. Em comum, reclamaram da predominância do idioma inglês, mas não relataram dificuldades em se obter o documento. Questionei se todos os artigos que eles encontraram na internet estavam, de fato, acessíveis. Um aluno, externando certa frustração, relatou que não. Em um dos periódicos ele havia encontrado um artigo cujo título achara interessante, mas “tinha um cadeadinho (sic) no link, tinha que pagar pra ler”. Outros alunos relataram o mesmo. Perguntei, então, se todo o conhecimento produzido esta disponível, se poderiam ler qualquer texto científico que encontrassem na internet. “Se pagar, sim”, respondeu-me um aluno que reclamava que o artigo que pensou em acessar custar-lhe-ia cerca de dez dólares a leitura.

Conclui aquele momento relatando que o conhecimento não é acessível a todos. O acesso a livros ou artigos podem ser onerosos, em especial no nosso país, visto que a moeda corrente nos periódicos que eles acessaram eram dólares ou euros. Informei-lhes que na instituição era possível acessar o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), uma biblioteca virtual que organiza e disponibiliza artigos científicos para instituições de ensino e pesquisa, como o IF Sudeste MG. Ressaltei, neste caso, a importância da iniciativa de órgãos públicos para facilitar o acesso ao conhecimento e o diálogo entre pesquisadores, através de suas publicações.

Ainda nesse dia, apresentei a obra *De Magnete* (GILBERT, 1893), publicada em 1600, para iniciarmos a unidade 3 (Eletromagnetismo). Do livro, selecionamos o frontispício e algumas imagens que auxiliariam nos estudos dos conceitos preliminares do magnetismo. Nas figuras 4.3 e 4.4 demonstramos dois slides utilizados nas aulas. Em ambos expomos uma imagem do livro *De Magnete* ao lado de uma imagem que representa o mesmo conceito. No primeiro slide, um desenho semelhante aos dos livros didáticos e, no segundo, uma fotografia de uma terrella – esfera magnetizada semelhante à usada por William Gilbert (1544 – 1603) no estudo do magnetismo terrestre.

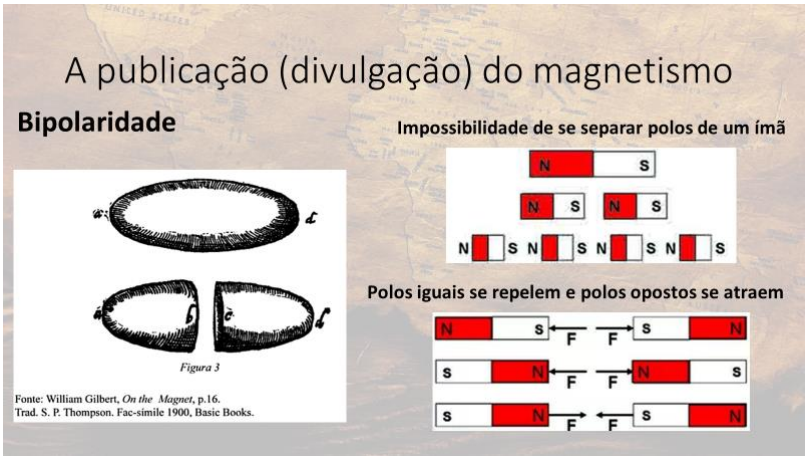


Figura 4.3 – Slide apresentado em aula sobre Magnetismo. Fonte: Elaboração Própria

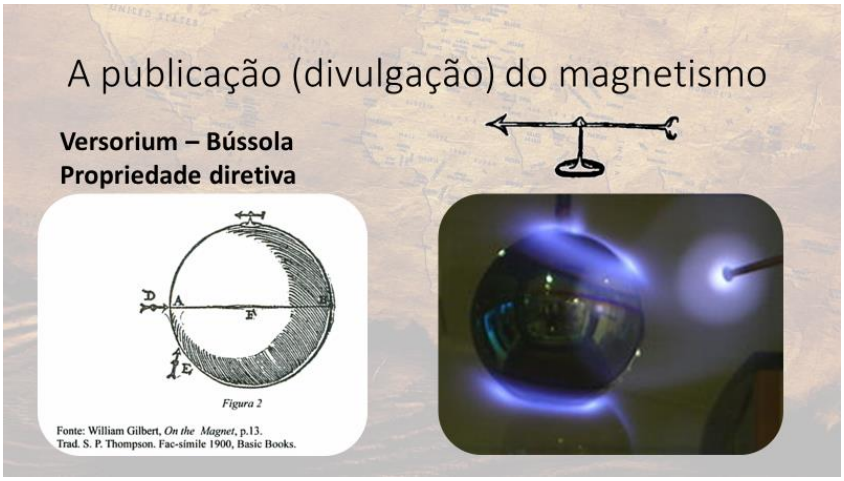


Figura 4.4 - Slide apresentado em aula sobre Magnetismo. Fonte: Elaboração Própria

Mais significativo do que a apreciação das imagens do livro e dos conceitos científicos foi a análise que propomos em seguida. Como as obras utilizadas anteriormente não foram muito exploradas, o curso ainda não tinha enfatizado as referências presentes nas obras científicas, nem a apreciação por pares (com exceção da aula sobre publicações – inserção 1). No *De Magnete*, o autor faz referência ao trabalho de Petrus Peregrinus (1240 – desconhecido) sobre fenômenos magnéticos (GILBERT, 1893). Utilizei essa informação em aula para ressaltar como o conhecimento científico é produzido a partir de outras obras. Além disso, apresentei como a obra de Gilbert foi citada em anos posteriores à sua publicação[112], dedicando a atenção a autores que concordavam com o conteúdo daquele livro e aos que discordavam. O intuito, neste caso, era o de apontar que o conhecimento científico, mesmo que publicado, não era um saber consolidado, aceito pelos demais pares. Finalizei a aula sobre o *De Magnete,* informando que não havia encontrado muitas referências à obra em textos sobre eletricidade e magnetismo publicados a partir do século XVIII, mas que alguns conceitos do livro ainda eram utilizados.

Nesta aula específica, nenhum estudante manifestou algo que considerássemos

[112] Citamos uma carta de 1607, de Galileu Galilei (1564 – 1642) ao Duque de Toscana relatando o que havia lhe interessado na obra *De Magnete*; um livro de Nicolaus Cabeus (1586 – 1650), de 1629, onde se discute eletricidade e magnetismo, a partir dos trabalhos de Gilbert; o livro *Epitome of Copernican Astronomy* de Johannes Kepler (1571 – 1630) sobre atração dos corpos celeste, comparando com o magnetismo da obra de Gilbert; e os trabalhos de Edward Wright e William Barlowe, que usaram os conceitos do *De magnete* para navegação. Ainda listamos algumas obras que discordavam com os argumentos de Gilbert, como o *Experimenta Nova* de Otto von Guerricke que divergia sobre o magnetismo terrestre e a análise de Gilbert sobre repulsão elétrica; e uma declaração de Isaac Newton ("he did not practice science") criticando o fato de Gilbert não usar matemática em seus estudos, e por discordar dos motivos de atração Terra Lua apresentados no *De Magnete*.

relevante em nossa análise. Eles se comportaram como costumeiramente, entretanto, notei que pela primeira as alunas e os alunos consideraram anotar em seus cadernos informações sobre o fazer científico, no caso sobre a discussão relativas às obras que citavam Gilbert.

4.2.4 Aulas sobre ciência na Europa iluminista

Para o encontro seguinte, havíamos programado a inserção 2, “Revisão sobre Iluminismo”. O planejamento dessa aula previa uma apresentação rápida sobre as características da Europa iluminista referente às práticas científicas e às de publicação dos produtos das ciências. Destaquei os principais países na produção científica, o movimento conhecido como república das cartas, as academias científicas e seus periódicos, o mecanicismo e as correntes filosóficas preponderantes (centradas nas obras de Descartes, Locke e Kant), a revolução francesa e o papel dos filósofos neste evento.

Destaquei em aula quais eram as discussões sobre eletricidade e magnetismo nas décadas finais do século XVIII e iniciais do século seguinte, sobretudo os estudos sobre galvanismo e eletricidade animal, culminando na produção da pilha de Volta (JARDIM, GUERRA, 2018). A partir de imagens das obras de Luigi Galvani (1737 – 1798) e Alessandro Volta (1745 – 1827) apresentei a controvérsia em torno da eletricidade animal e como ela se originou, levando Volta à construção da pilha elétrica, em 1800 (PANCALDI, 2005). Chamei atenção para o fato de Volta ter ido à França apresentar sua construção, inclusive realizando uma apresentação para Napoleão Bonaparte. Além disso, destaquei como seu aparato viria a mudar os experimentos sobre eletricidade, visto que até aquele momento a produção de fluídos elétricos dava-se em máquinas eletrostáticas ou em garrafas de Leyden (IDEM, IBDEM). A partir da pilha, uma fonte de fluido elétrico contínuo estaria disponível para a realização de experimentos (IDEM, IBDEM).

Nessa inserção, mais dois eventos merecem maior atenção. Durante o estudo do Iluminismo, quando ressaltava a forma de comunicação entre os filósofos a época, apresentei quatro cartas de Benjamin Franklin (1706 – 1790) (COEHN, 1941; FRANKLIN, 2004) nas quais o estadunidense ponderava sobre cargas elétricas, a natureza elétrica dos relâmpagos e sua influência sobre bússolas. O intuito de se explorar essas cartas era o de demonstrar que havia uma busca por unificação de determinados fenômenos naturais. O segundo evento que destacaremos foi a discussão em torno da *Naturphilosophie*. Apresentei a corrente filosófica aos estudantes,

apontando o entendimento daqueles filósofos em uma natureza regida por uma única causa (SILVA, SILVA, 2017). Além disso, destaquei a postura contrária dessa filosofia em relação ao mecanicismo.

Solicitei constantemente a participação dos discentes nesta aula. Como eles já haviam estudado o Iluminismo na disciplina de História e Filosofia, acreditava que era um momento propício para suas contribuições. De fato, alguns deles interagiram ativamente. Citaram a primazia da razão naquele período e demonstraram conhecer os estudos de Descartes. Uma aluna afirmou que durante o Iluminismo “as pessoas queriam explicar tudo pela razão, sem apelar à Deus”. Portanto, o cientificismo característico do Iluminismo era reconhecido pelos discentes, mas não argumentaram sobre o fazer científico. Eles não reconheciam a *Naturphilosophie*, porém eram familiarizados com o Romantismo, devido às aulas de Literatura, mas alegaram que não tinham relacionado o movimento com as ciências.

Na aula seguinte, iniciei discutindo a experiência de Oersted com a agulha imantada. Expliquei que aquela prática originaria um debate sobre a relação entre fenômenos elétricos e magnéticos. Assim, realizei uma experiência reproduzindo a demonstração do filósofo dinamarquês. O aparato construído continha duas baterias de 1,5 V ligadas em série, fechando um circuito através de um fio retilíneo de cobre. Com o auxílio de uma bússola demonstrei as deflexões da agulha imantada em distintas posições em torno do fio. Recordei os argumentos dos filósofos da *Naturphilosophie*, que defendiam que os fenômenos magnéticos, elétricos, luminosos e a propagação de calor teriam a mesma origem. Assim, debatemos como o que observávamos com a agulha imantada (um fenômeno que circundava o fio) divergia do que era esperado (uma manifestação radial originada do condutor).

Após a apresentação do experimento, iniciei a aula expositiva recordando a carta de Benjamin Franklin, de 1750, endereçada a Peter Collinson, na qual ele narrava que, em um navio durante uma tempestade, a polaridade de uma bússola se alternou (MARTINS, 1986; FRANKLIN, 2004). Resgatei, ainda, outra correspondência de Franklin em que ele negava haver relação entre os fenômenos elétricos do relâmpago e magnético da bússola, sem apresentar a razão para essa conclusão (MARTINS, 1986). Queríamos, com este episódio, mostrar aos estudantes que a suspeita de uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos ocorria já em meados do século XVIII (IDEM, IBDEM). O próprio Oersted já havia realizado algumas experiências procurando essa relação, antes de 1820 (IDEM, IBDEM).

Além do exposto, apresentei mais detalhadamente o filósofo Oersted, ressaltando que em virtude de uma bolsa de estudos, destacando que ele passou os anos de 1801 a 1803 em países como Alemanha, Holanda e França. Neste período, conheceu os filósofos Schelling e Ritter (1779 – 1859), ambos defensores da *Naturphilosophie*. Informei que Oersted havia demonstrado afinidades com a aquela corrente filosófica (GUERRA, 2002; SILVA, SILVA, 2017). Essa aproximação o conduziu a interpretar os fenômenos naturais como decorrentes de uma única causa. Reafirmando o que havia destacado durante a experiência, mencionei que, em 1812, Oersted havia publicado na Alemanha, e em 1813 na França, em francês, um artigo que defendia que calor, luz, magnetismo, eletricidade e afinidades químicas eram produzidas pelos mesmos “poderes” (OERSTED, 1813). Ressaltei que em um artigo, também publicado em na Alemanha, em 1820, Oersted se posicionou em relação ao debate da natureza da corrente elétrica (MARTINS, 1986). destacando as concepções dobre fluidos elétricos e qual era defesa de Oersted sobre o tema.

Neste encontro, não relatei no diário de campo nenhuma participação dos estudantes. Durante a demonstração da experiência eles participaram auxiliando na observação das deflexões da agulha imantada. A cada observação eu marcava no quadro as posições da agulha para, ao final da experiência, representar o fenômeno circular em torno do condutor. Durante a apresentação dos slides, no decorrer da aula puramente expositiva, as alunas e os alunos não fizeram nenhuma intervenção. Em virtude do pouco tempo que tínhamos para concluir aquela aula, não promovi nenhum momento de debate.

4.2.5 Aulas sobre a controvérsia Biot x Ampère

Ao iniciarmos o encontro seguinte, recordei a compreensão de Oersted sobre fenômenos elétricos e magnéticos, e sua afinidade à *Naturphilosophie*. A aula retomou as discussões em torno à trajetória do filósofo e, mais especificamente, quando ministrou em 1820, um curso para outros estudiosos dos fenômenos elétricos, apresentando o experimento da agulha imantada. Reafirmei a assimetria encontrada por Oersted (fenômeno circular), contrariando a expectativa de uma manifestação radial. E que essa assimetria o levou afirmar que o conflito elétrico no interior do fio ocorria em um movimento circular e, de acordo com a intensidade dos fluidos, extrapolava os limites do condutor. Mencionei a possibilidade de que, entre os espectadores, estava o então presidente da Academia de Ciências francesa, Arago, que em setembro daquele ano reproduziu a experiência em Paris, para os demais membros da Academia.

Este momento foi propício para discutir qualitativamente como hoje entendemos o campo magnético[113] em torno de um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica. Depois, extrapolei o raciocínio para o campo gerado por uma corrente elétrica em uma espira circular. O próximo passo foi narrar a apresentação de Arago na Academia de Ciências de Paris, quando reproduziu o experimento de Oersted. Na audiência haviam filósofos franceses como Ampère e Biot, que repercutiram a experiência de Oersted. As divergências daqueles filósofos franceses (e de aliados) em decorrência do programa de pesquisa laplaciano foi levantada. Para ilustrar essa tensão, descrevi a disputa do prêmio oferecido pela Academia de Ciências francesa, em 1817, para a solução de um problema sobre difração de ondas luminosas (GUERRA, 2002). Aquele evento foi marcado pela segregação de dois grupos de filósofos, que desacordavam em função do programa laplaciano (Biot se encontrava entre os apoiadores e Ampère no grupo opositor).

Retomando as interpretações de Biot e Ampère sobre a experiência de Oersted, relatei que nenhum dos dois concordaram com a análise do dinamarquês, tampouco ofereceram explicações semelhantes para o efeito magnético, circular e assimétrico, em torno do fio condutor (CANEVA, 1980).

Antes de apresentar as propostas de ambos os filósofos, descrevi o contato que Ampère teve com um texto de Oersted publicado na França em 1813 (OERSTED, 1998), que apresentava a suspeita de que havia uma conexão causal de todos os fenômenos naturais, sendo, pois, produtos de uma mesma entidade natural, submetida a situações diferentes. Ampère obteve uma cópia da tradução de Oersted de seu amigo francês em comum, Michel Eugène Chevreul (1754 – 1845) (Caneva, 1980). Assim, em 1820, antes da apresentação da experiência da agulha em Paris, Ampère já sabia do interesse de Oersted em igualar fenômenos elétricos e magnéticos e Oersted sabia que Ampère conhecia seu trabalho e compartilhava daquele interesse.

Após narrar em aula estes elementos da biografia de Ampère, descrevi como Biot interpretou a deflexão da agulha imantada como uma ação entre partículas magnéticas do fio e da agulha, seguindo o Princípio de Laplace.

Exibi em aula a equação para determinação de vetores campo magnético, conhecida atualmente como Lei de Biot-Savart, com uma linguagem matemática acessível ao EM. Isto se deu logo após a exposição do artigo de 30 de outubro de 1820

[113] Mencionei que, na ocasião, Oersted não usava essa nomenclatura, a ideia de campo e de linhas de força surgiram após os trabalhos do inglês Michael Faraday (1791 – 1867), consolidando-se nas obras de Maxwell (1855; 1865; 1965).

note sur le Magnétisme de la pile de Volta, do periódico *Annales de Chimie et de Physique*, no qual Biot descreve sua interpretação, mas ainda não deduz a equação[114]. Partindo da lei matemática de Biot-Savart, deduzi a equação do vetor campo magnético no centro de uma espira circular, expandi o raciocínio para determinar as equações de vetores campos magnéticos no interior de uma bobina chata e de um solenoide.

Em seguida, apresentei a interpretação de Ampère, junto à imagem do artigo *Mémoire L'action mutuelle de deux courants électriques, sur celle qui existe entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre*, publicado nos *Annales de Chimie et de Physique,* em de 1820 (AMPÈRE, 1820a). No texto, o francês defendeu a existência de *fluidos elétricos* (correntes elétricas) no interior da agulha magnetizada e que esses interagiam com os fluidos (corrente elétrica) no fio condutor. Mais uma vez ressaltei que Ampère não assumiu a existência de moléculas magnéticas no interior do ímã, como Biot, e supôs que as forças entre dois elementos de corrente se direcionam ao longo da linha reta que une seus pontos médios. Também apresentei a equação denominada Lei de Ampère[115]. A partir dela definimos a equação do vetor campo magnético em ponto distante do fio condutor.

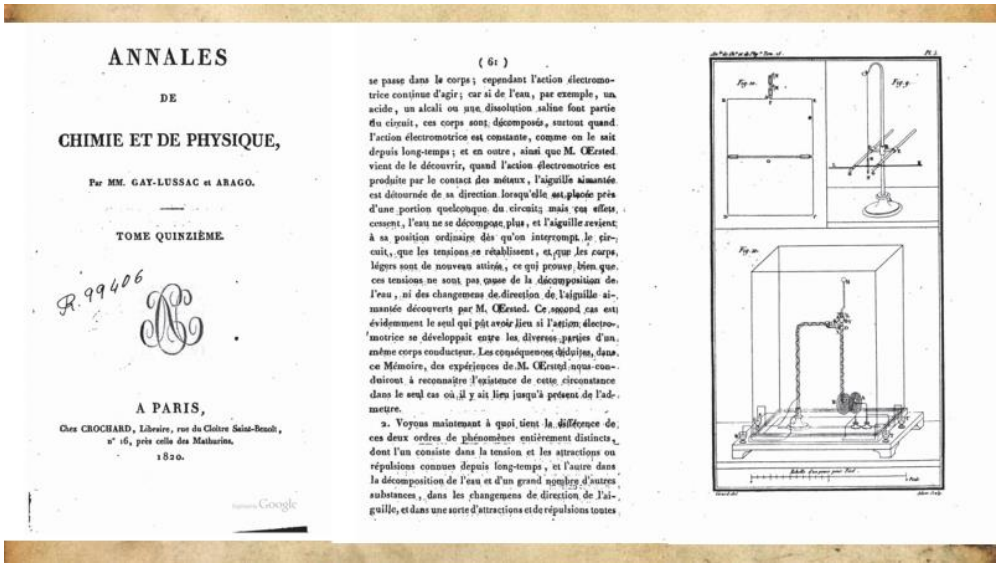
Na segunda parte daquele trabalho, publicado no mesmo volume daquele periódico, Ampère apresentou sua discussão a respeito da ação magnética da Terra não somente sobre um ímã, mas também sobre um condutor percorrido por uma corrente elétrica. Ampère demonstrou, então, a ação diretriz do magnetismo terrestre sobre um circuito elétrico (AMPÈRE, 1820a).

Para defender seus argumentos, Ampère realizou uma série de experimentos, entre os dias 4 e 25 de setembro de 1820 (STEINLE, 2016), que foram apresentados à Academia e publicados no artigo citado anteriormente (AMPÈRE, 1820a). As imagens contidas nos textos, que descrevem os experimentos, foram apresentadas em sala de aula (Figura 4.5).

---

[114] A equação como conhecemos atualmente foi desenvolvida por a partir da descrição e análise matemática dos experimentos realizados por Biot e Savart sobre as forças entre *moléculas magnéticas*, publicadas na terceira edição do *livro Précis Elémentaire de Physique*, de 1824. O desenvolvimento da eletrodinâmica de Maxwell está representado por uma série de trabalhos que se inicia em 1856, com o artigo "On Faraday's lines of force", prossegue com "On physical lines of force", de 1861/1862, seguido de "A dynamical theory of the electromagnetic field", de 1864, e culmina no "A treatise on electricity and magnetism", de 1873 (MAXWELL, 1855; 1865; 1965).

[115] Desenvolvida por Maxwell, conforme nota anterior.



ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

Par MM. GAY-LUSSAC et ARAGO.

TOME QUINZIÈME.

A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, rue du Cloître Saint-Benoît, n° 16, près celle des Mathurins.

1820.

(61)

se passe dans le corps; cependant l'action électromotrice continue d'agir; car si de l'eau, par exemple, un acide, un alcali ou une dissolution saline font partie du circuit, ces corps sont décomposés, surtout quand l'action électromotrice est constante, comme on le sait depuis long-temps; et en outre, ainsi que M. Œrsted vient de le découvrir, quand l'action électromotrice est produite par le contact des métaux, l'aiguille aimantée est détournée de sa direction lorsqu'elle est placée près d'une portion quelconque du circuit; mais ces effets cessent, l'eau ne se décompose plus, et l'aiguille revient à sa position ordinaire dès qu'on interrompt le circuit, que les tensions se rétablissent, et que les corps légers sont de nouveau attirés, ce qui prouve bien que ces tensions ne sont pas cause de la décomposition de l'eau, ni des changemens de direction de l'aiguille aimantée découverts par M. Œrsted. Ce second cas est évidemment le seul qui pût avoir lieu si l'action électromotrice se développait entre les diverses parties d'un même corps conducteur. Les conséquences déduites, dans ce Mémoire, des expériences de M. Œrsted nous conduiront à reconnaître l'existence de cette circonstance dans le seul cas où il y ait lieu jusqu'à présent de l'admettre.

2. Voyons maintenant à quoi tient la différence de ces deux ordres de phénomènes entièrement distincts, dont l'un consiste dans la tension et les attractions ou répulsions connues depuis long-temps, et l'autre dans la décomposition de l'eau et d'un grand nombre d'autres substances, dans les changemens de direction de l'aiguille, et dans une sorte d'attractions et de répulsions toutes

Figura 4.5 - Extrato da segunda parte da obra De l'Action mutuelle de deux courans électriques. Fonte: AMPÈRE, 1820.

Entre os anos de 1820 a 1826, Ampère realizou novos experimentos e publicou novas memórias e artigos, compilados em dois trabalhos publicados em 1826 e 1827 (AMPÈRE, 1827). Nestes artigos, encontramos novas figuras que ilustram os experimentos. Apresentamos algumas delas e iniciamos o estudo da Força Magnética. Primeiro exploramos a força magnética sobre uma carga elétrica em movimento, em seguida a ação do campo magnético sobre a corrente elétrica em um fio condutor e, finalmente, a força entre dois condutores percorridos por correntes elétricas. Tomamos a precaução de sempre alertar que a linguagem matemática era adequada ao nível escolar dos estudantes e que a nomenclatura era a que utilizamos atualmente.

Ampére havia publicado um número extenso de artigos e realizado diversas apresentações sobre seus experimentos e suas intepretações a respeito do eletromagnetismo (ASSIS, CHAIB, 2011). Não incluímos estes trabalhos nas aulas planejadas, além do tempo necessário para expô-las, o conteúdo daqueles textos excedia aquilo que era previsto de ser estudado no EM. Informamos, contudo, que a vasta produção de Ampère não era indicativa da aceitação imediata de sua interpretação pelos seus pares. Alguns acadêmicos apoiaram seus trabalhos, como os que se declinavam frente ao Programa de Pesquisa Laplaciano, pessoas como Arago, Fresnel, entre outros (CANEVA, 1980). Mas outros se aliaram aos trabalhos de Biot. Alertei, ainda que alguns, a exemplo de Faraday, não concordaram integralmente nem com um, nem com outro filósofo (GUERRA, 2002).

Neste momento do curso é que projetamos a aplicação de uma das pesquisas

documental demonstrada no capítulo anterior. Questionei aos estudantes como poderia verificar quem apoiou ou quem desacordou com os pressupostos daqueles filósofos. Uma aluna respondeu, rapidamente, que deveria “ler os textos dos outros cientistas”. Aleguei, assim, que a verificação das citações aos trabalhos de Ampère e de Biot poderia nos dar um panorama da controvérsia estabelecida entre eles e como os aliados se comportaram a partir de então. Descrevi a pesquisa documental realizada, justificando as revistas selecionadas e apresentei alguns gráficos que constam no capítulo 3 desta tese. Antes disso, reforcei que o conceito de corrente elétrica e sua relação com fenômenos magnéticos que encontramos hoje se aproxima daquilo que Ampère defendia. Acrescentei a essa informação que as contribuições de outros cientistas, como Faraday, contribuíram para a construção do conceito que nos é apresentado atualmente.

Os gráficos apresentados foram os que apresentam os números de citações aos trabalhos de Ampére e Biot durante todo o século XIX, sobre quaisquer temas, reforçando o crédito dos dois filósofos (Tabelas 4.3 e 4.4). E os gráficos que mostram as citações, dos trabalhos sobre eletromagnetismo dos dois filósofos, nas revistas francesas e inglesas (figuras 4.5 e 4.6).

Tabela 4.3 - Citações aos trabalhos de Ampère e Biot nos periódicos *Journal des Savants* e *Annales de Chimie et de Physique* (França) – todos os conteúdos.

	Ampère	Biot
Século XIX	**241**	**399**

Fonte: Elaboração Própria.

Tabela 4.4 - Total de artigos com citações aos trabalhos de Ampère e Biot na Inglaterra

	Ampère	Biot
Século XIX	**64**	**85**

Fonte: Elaboração Própria.

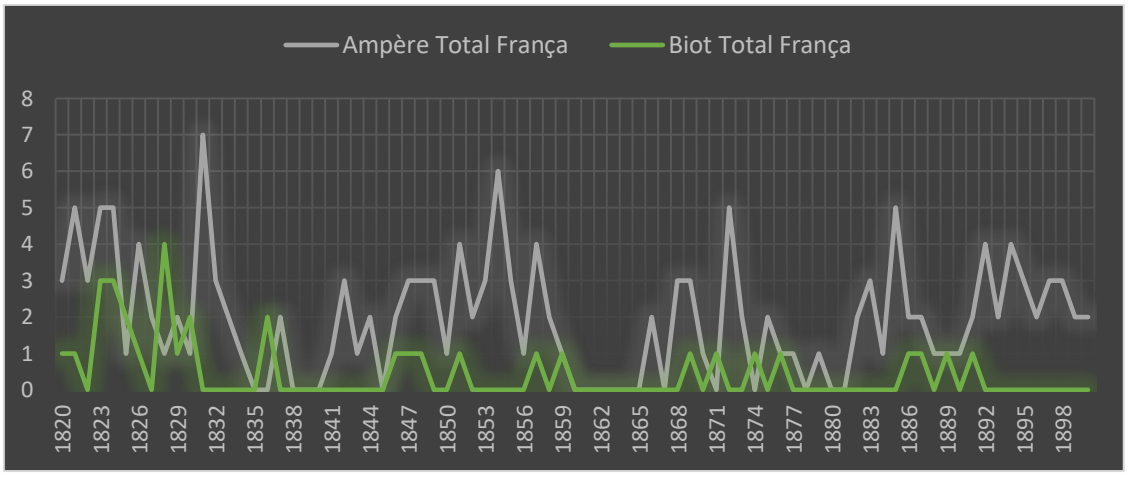


Figura 4.5 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria.

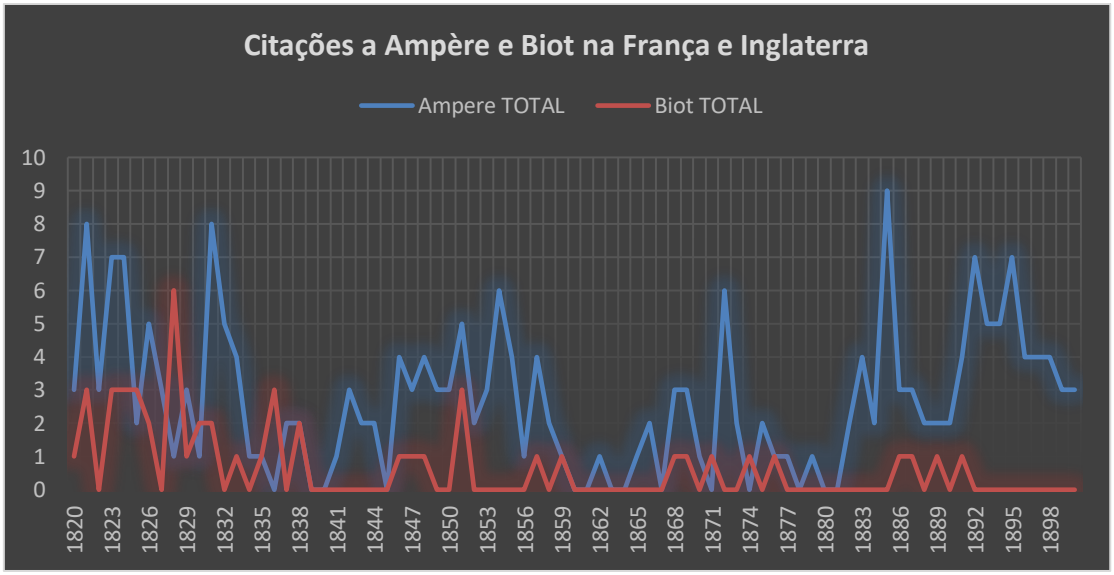


Figura 4.6 – Frequência de citações dos trabalhos de Ampère e Biot sobre eletricidade e magnetismo na França e na Inglaterra, entre 1820 e 1900. Fonte: Elaboração Própria.

As informações discutidas no capítulo 3, a respeito dos gráficos e das citações, foram apresentadas aos estudantes. Isto é, informei que nos primeiros anos os trabalhos debatiam os conceitos, nos anos intermediários citavam equações ou grandezas identificando-os pelo nome do filósofo que originalmente os defendeu e, nos últimos anos do século XIX, já se utilizava a unidade de corrente elétrica ampère.

As alunas e os alunos notaram o maior número de citações aos trabalhos de Ampère, concluindo que sua interpretação foi mais discutida. Perceberam, ainda, que as citações foram diminuindo com o passar dos anos. E, após lhes informar a natureza

das citações a partir dos anos intermediários, questionei por que os trabalhos que os citam, em especial os que debatem os conceitos, foram menos frequentes depois de algumas décadas da publicação original. Um aluno interpretou que isso poderia indicar que “todo mundo já sabia do que ‘tava’ (sic) falando”. Percebemos, então, que a ideia do enunciado do tipo 4 apresentada por Latour e Woolgar (1997) estaria presente na fala deste aluno.

Ressaltamos que, em momento algum das aulas, foi mencionado qualquer conceito de Latour (caixa-preta, aliados, controvérsias, contralaboratório, tipos de enunciado, etc.).

Depois do debate em torno dos gráficos, apontei que alguns dos trabalhos que citavam Ampère e Biot, na Inglaterra, era de autoria de Faraday. Dessa forma, iniciei os estudos de indução eletromagnética a partir da apresentação de artigos daquele cientista. Novamente, procedi de mesma forma que o fiz nas aulas que antecederam a inserção 2, mostrei imagens do artigo, comentei sobre o autor, veículo e brevemente sobre a repercussão dos trabalhos. Sem realizar uma análise mais profunda, como feito para Ampère e Biot, anunciei os conceitos relativos àquele conteúdo.

4.2.6 Século XX

No último bimestre do ano, iniciei o estudo da Física Moderna (FM). É importante destacarmos como os estudantes se apresentavam neste período. As aulas de FM iniciaram em outubro daquele ano, tínhamos menos de dois meses para a conclusão do ano letivo. Naquele mês, os estudantes já realizariam o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), cujo resultado poderia garantir a entrada em uma instituição de ensino superior, objetivo principal daqueles discentes. Cinco alunas e um aluno estavam frequentando um curso preparatório para concursos, desde o mês de agosto, que ocorria em três noites da semana. Além disso, muitos ainda precisavam concluir os estágios, obrigatório para obtenção do diploma na instituição. Nenhum aluno ou aluna já possuía grau suficiente para aprovação em todas as disciplinas. Na Física Geral III, ao iniciar aquela etapa, seis alunos já estavam aprovados, cinco apresentavam notas cujas médias estavam muito próximas do grau mínimo para aprovação, doze estudantes precisavam de um bom rendimento naquele bimestre para que fossem aprovados na disciplina. Além das notas, alguns daqueles estudantes ainda se preocupavam com o excesso de faltas, o que também poderia gerar uma reprovação na disciplina.

Neste cenário, as condutas dos estudantes foram notadamente alteradas. Os

estudantes mais participativos, com melhores rendimentos, apresentavam maior cansaço e, por essa razão, se ausentaram em algumas aulas daquele final de curso. Determinados alunos, e duas alunas, que precisavam conquistar notas mais altas para obterem a aprovação, passaram a participar mais das aulas, tanto realizando anotações, quanto respondendo às questões. Estes também ficaram mais frequentes. Uma característica comum a quase todos aqueles estudantes, naquele período, foi a solicitação de mais aulas, em especial voltada para a resolução de exercícios e preparação para concursos.

O curso estava encaminhando conforme nossa previsão. Terminaríamos o ano letivo cumprindo todo o currículo mandatório e desenvolvendo a pesquisa. Contudo, diante do apelo dos estudantes, decidimos por reestruturar as aulas. Combinamos, professor e estudantes, que teríamos três encontros semanais, os dois habituais e um terceiro voltado exclusivamente para atender o pedido das alunas e dos alunos.

A partir desse combinado, iniciamos o estudo da FM com a terceira inserção, “Início do século XX”. O objetivo dessa primeira aula foi apresentar características relativas às publicações científicas no início do século passado, destacando o aumento dos periódicos e a alternância dos países expoentes na produção científica, de acordo com o exposto no capítulo 3. A participação dos discentes, nesta aula, somente se intensificou quando da análise dos países europeus no período entre guerras. Mas, novamente, também não souberam relacionar o que sabiam das aulas de História com o a produção científica daquele período.

Nas aulas sequentes, explorei outros assuntos do currículo de FM, como efeito fotoelétrico, teoria da Relatividade Restrita, equação de Planck, quantização de energia e o modelo atômico de Bohr, também, a partir das publicações que apresentaram tais conceitos à comunidade científica, explorando alguns dos trabalhos que os referenciam, de forma semelhante às aulas do primeiro semestre.

A análise da prática das publicações para pares foi aprofundada no momento em que abordei o conceito de dualidade onda-partícula. Neste caso, parti dos trabalhos do francês Louis de Broglie sobre aquele tema, publicados no início da década de 1920. Analisei os jornais em que os mesmos foram publicados e as referências encontradas em tais publicações. Discuti o perfil e capilaridade das revistas, nas quais os trabalhos foram publicados (quais países, idiomas e processo de seleção de artigos nelas publicados). Em paralelo, introduzi e interpretei a equação que define o chamado comprimento de onda de de Broglie.

Utilizamos, então, na construção dessas aulas, os resultados obtidos na segunda pesquisa documental tratada no capítulo anterior. Neste caso, o propósito era o de discutir o número de publicações que citam os trabalhos de de Broglie entre os anos de 1922 e 2000. Analisei junto aos discentes as revistas inglesas *Nature Magazine* e a alemã *Annalen der Physik*, discutindo o conteúdo de cada artigo, ressaltando que eles reproduziam aquilo que o autor defendera em sua tese de doutorado. Discuti, ainda, as citações nas principais revistas francesas, enfatizando que se tratavam de poucas menções aos trabalhos de de Broglie publicados na França. Destaquei, então, quantas citações aos trabalhos de de Broglie sobre dualidade onda-partícula apareceram nesse período em periódicos da Alemanha e Inglaterra, a partir dos gráficos das Figuras 4.7 e 4.8.

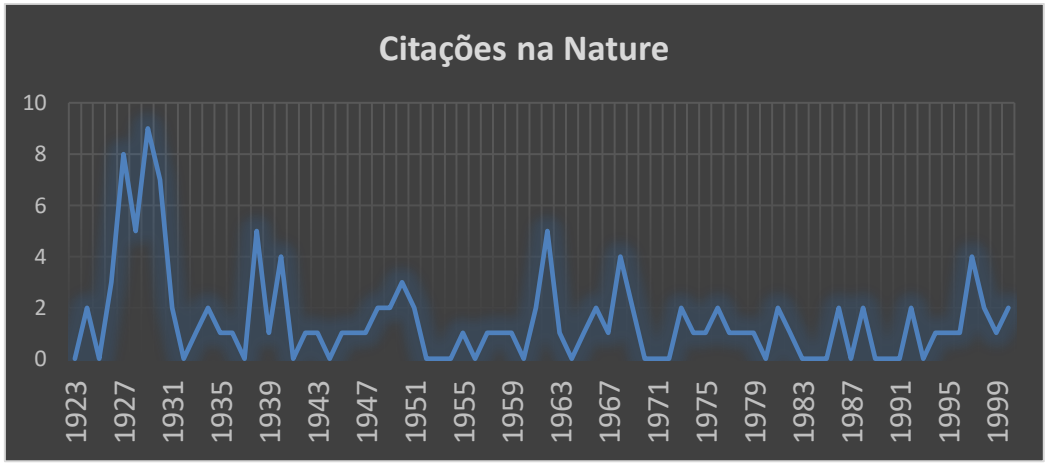


Figura 4.7 – Frequência de citações na *Nature Magazine* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie, entre 1922 e 2000. Fonte: Elaboração Própria.

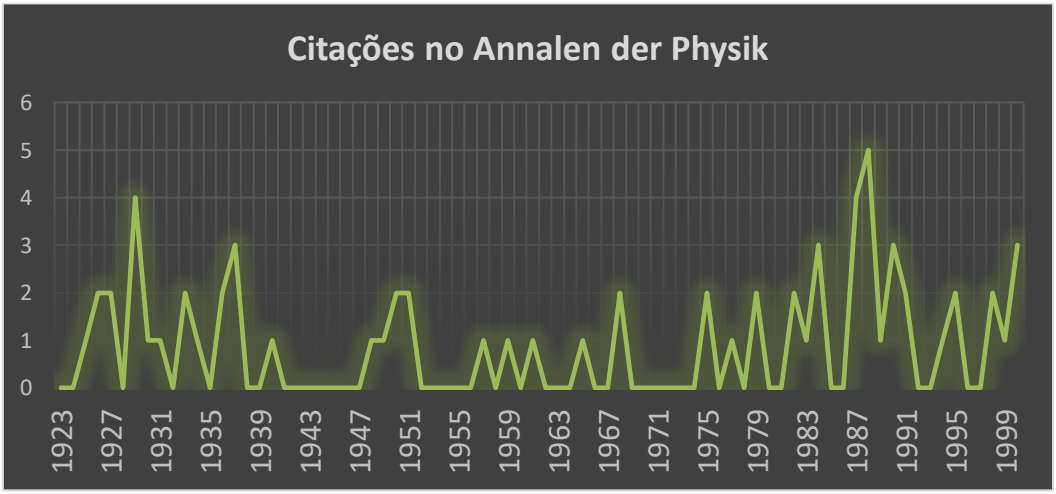


Figura 4.8 - Frequência de citações na *Annalen der Physik* sobre a dualidade onda-partícula de Louis de Broglie, entre 1922 e 2000. Fonte: Elaboração Própria.

Informei que as revistas britânica e germânica são as que apresentam o maior número de citações que concordam com a proposta de de Broglie, além de apresentarem os trabalhos do francês que receberam maior atenção da comunidade científica. Neste momento, recordei aulas anteriores, destacando o papel econômico e científico da Alemanha e Inglaterra. Destaquei que em ambas as revistas se observa um número significativo de trabalhos que discutem a teoria do francês nos dez anos seguintes às suas publicações e uma queda deste número nos anos seguintes e que as citações após duas ou três décadas já não debatem a teoria. Discuti que algumas publicações se posicionavam a favor e outras contra à proposta de dualidade de de Broglie e listei as frequências de citações referentes ao seu trabalho, mostrando como elas diminuem gradualmente, mas sem que o conceito deixe de ser utilizado.

Um ponto que dediquei atenção durante essa discussão, que desvia da proposta de se apegar somente às publicações científicas, foi a relação pessoal entre de Broglie e Albert Einstein. Einstein já havia publicado sua definição de dualidade onda-partícula para luz quando de Broglie defendeu sua tese de doutoramento (Martins, & Rosa, 2014) e, apesar de a proposta do francês diferir da sua, ele compartilhava do interesse em divulgar essa nova abordagem (Martins, & Rosa, 2014). Martins e Rosa (2014) relatam que Einstein teria contribuído com a divulgação das ideias de de Broglie, inclusive citando a tese do francês em um artigo publicado em 1925.

Destaquei ainda que outros trabalhos apresentaram propostas semelhantes às de de Broglie em anos anteriores (Mehra, & Rechenberg, 1982). Um destes foi publicado 1907 na revista alemã *Physikalische Zeitschrift* intitulado *Elementarquantum der Energie, Modell der negativen und positiven Elektrizität* (Stark, 1907). De Broglie não citou este artigo em seus trabalhos, tampouco Johannes Stark (1874 – 1957) figura entre aqueles que referenciam os artigos de de Broglie nas revistas e anos avaliados neste trabalho. Outro artigo que também utilizou o conceito de dualidade onda-partícula de de Broglie e que foi mencionado em sala de aula é o artigo de 1926 de Scröringer intitulado *An undulatory theory of the mechanics of atoms and molecules* da revista norte americana *Physical Review* (Schrödinger, 1926). Este é o terceiro artigo publicado por Schrödinger apresentando sua mecânica ondulatória, o primeiro publicado fora da Alemanha, em inglês, é o seu segundo artigo a citar os trabalhos de de Broglie. Esse é um de seus trabalhos de maior impacto na teoria quântica (Schmidit, 2008).

Ao apresentar os gráficos, questionei o que poderia significar a diminuição da frequência de citações, lembrando que havia destacado que o conceito que estava em discussão era o que figurava nos livros didáticos, ou seja, era um conhecimento

validado. Dentre algumas respostas (os estudantes estavam mais participativos a esta altura) destaca-se a de um aluno que afirmou que a curva representava a validação do conceito dualidade onda-partícula, em razão da não necessidade de se referenciar os trabalhos seminais. Em suas palavras: “o conceito se torna senso comum”.

Retornando ao slide no qual apresentava uma Tabela com os nomes dos artigos de de Broglie e os respectivos periódico em que foram publicados, perguntei por que ele havia publicado aquela quantidade de trabalhos e em revistas variadas. Uma aluna afirmou que, publicando em veículos distintos, em países diferentes, “mais pessoas iam ler seu texto”. Outro aluno ainda acrescentou que “em só um artigo não dá para dizer tudo sobre o que ele estudou”. Após incentivar aquele aluno a articular mais sobre o que pretendia afirmar, destaquei para e ele que sua fala apontava que um único artigo não garante a validação de determinado saber científico, alegando que o próprio de Broglie precisou revisitar sua teoria.

4.3 Considerações sobre o curso e acerca da pesquisa etnográfica

O desenvolvimento do curso daquele ano letivo permitiu-nos apresentar todo o conteúdo mandatório, a partir das práticas de publicação científica. Questionávamos, enquanto realizávamos a pesquisa e planejávamos o curso, o quanto nossa abordagem poderia comprometer o tempo didático. Apesar da opção em acrescentar aulas extras no último bimestre, podemos afirmar que não houve prejuízo em relação a esta questão. Habitualmente, precisamos oferecer estes encontros adicionais no final do ano letivo, independentemente da abordagem adotada. De tal sorte que o encaminhamento do curso não diferenciou daquilo que se observava em anos anteriores.

Também asseguramos que a apreensão do conteúdo da disciplina se deu conforme a expectativa. O número de alunos que dependiam de notas mais elevadas no quarto bimestre condizia com o perfil daqueles discentes, apresentado pela equipe pedagógica. Ademais, outras turmas do terceiro ano do EM apresentavam rendimento semelhante. Dessa forma, podemos concluir que a abordagem que apresentamos não resultou em melhor aprendizagem daqueles conteúdos. Todavia, este não era o objetivo deste trabalho.

Os resultados da pesquisa empírica estão diluídos no texto, de acordo com aquilo que anunciamos na introdução deste capítulo. Seguimos as orientações apontadas por Geertz (2008) e Andre (2005) sobre a pesquisa etnográfica. Imergimos na cultura daquela turma de estudantes, realizamos a observação participante e intensa, levantamos documentos e coletamos informações com terceiros, moldamos o curso e a

própria pesquisa em função dos resultados preliminares e descrevemos as principais etapas do processo. Na narrativa apresentada nas seções anteriores destacamos como os alunos e as alunas foram vislumbrando o fazer científico como ação social. Isto é, notamos como de um discurso que pregava a estabilização do conhecimento científico a partir de comprovações e aplicação de uma metodologia estruturada, alterou para uma compressão da validação como um processo que sucede a publicação do conceito e que é dependente de atores distintos.

Importante destacar que durante as aulas de dualidade onda-partícula de de Broglie, percebemos que os estudantes referenciavam os cientistas apresentados a eles como os grandes nomes da ciência, indicando que a ideia do cientista isolado não foi problematizada. Não almejamos, especificamente, desconfigurar a crença dos estudantes no trabalho isolado dos cientistas. Esperávamos, porém, que os debates em torno às publicações das obras seminais em todo ano letivo levariam a problematizações dessa crença. Por outro lado, nas discussões em torno as citações de Einstein e Schrödinger ao conceito de dualidade, alguns estudantes apontaram essas citações como fatores decisivos na validação do conceito de de Broglie. Contudo, estes destaques apareceram apenas nesses momentos do curso.

Duas semanas após o término das discussões sobre dualidade, em uma aula destinada à resolução de problemas do livro didático, o professor questionou aos estudantes quais os possíveis fatores que conduzem à validação de determinado conceito científico. Nesse momento, alguns estudantes citaram as ações e escolhas dos cientistas a respeito do idioma, do local e da forma de escrever do artigo que divulga seus trabalhos, como práticas relevantes para a construção e validação daquele conceito. Comparando as citações dos trabalhos de de Broglie na França e na Inglaterra, uma aluna justificou: “[...] Broglie publicou os seus (trabalhos) em uma época onde a França não estava tão importante culturalmente, mas é onde (sic) a língua inglesa se tornou praticamente universal no mundo da ciência.”

Entendemos que esses destaques por parte dos estudantes indicam que a atuação de agentes não-humanos na *rede*, a qual sustenta o conceito de dualidade, foi considerado por eles.

Ainda em relação às respostas ao professor, alguns estudantes destacaram que de Broglie republicou sua tese na Alemanha e a síntese de seus artigos franceses em dois artigos em inglês, na Inglaterra, em virtude da relevância que ambos os países tinham naquele contexto, tanto nos aspectos políticos quanto econômicos. Durante o debate, recordamos os trabalhos de Ampère, discutidos nas aulas de

Eletromagnetismo, os quais foram originalmente publicados em francês, na França, e tiveram muitas citações, não só na França, mas em outros países europeus. Nesse momento um aluno interveio: “[...] de Broglie nasceu em uma época diferente, na época das guerras. Ele percebeu o crescimento da Alemanha e a globalização da língua inglesa de lá pra cá [...]”.

A validação do saber científico, ou a definição de uma caixa-preta nas ciências, também foi destacada por alguns estudantes. Isso se deu quando os mesmos relataram a diminuição do número de citações observada nos gráficos apresentados em aula, como exemplo destacamos: “Com o passar dos anos os conteúdos dos artigos são divulgados e começam a fazer parte do senso comum. Não precisa mais fazer as citações dos trabalhos de antes”; “O número de citações mostra como os artigos e as ideias eram difundidas na época, qual era a informação mais aceita [...]”.

Também merece destaque o fato de encontramos entre os estudantes aqueles que não apresentaram elementos considerados extra científicos para justificar a validação de determinado saber. Ou, ainda, aqueles que não mencionaram as citações como preponderantes para se compreender o papel da avaliação dos pares nas práticas científicas e a validação ou rejeição de determinado conhecimento científico. Contudo, se voltarmos ao objetivo deste trabalho, concluímos que ao apresentar os conceitos científicos a partir das práticas de publicação de obras científicas foi possível potencializar com aquele grupo de estudantes, que não tivera contato nos dois primeiros anos do EM com discussões sobre as ciência, espaços capazes de promover reflexões que apontaram para a compreensão da ciência como construção social, na qual diversos actantes participam de sua validação.

Os resultados da pesquisa etnográfica indicam ainda, que, ao longo das aulas em que os gráficos ilustrativos do comportamento das citações dos trabalhos seminais de de Broglie e na aula após as discussões de FM, os estudantes problematizaram suas visões iniciais a respeito do processo de validação da ciência. Nessas aulas, eles consideraram, ao contrário do início do ano letivo, agentes não-humanos como a forma, o idioma, o veículo em que um artigo científico é divulgado, assim como suas citações, como fatores cruciais para a validação de um conceito. Dessa forma, esses resultados indicam caminhos para problematizar visões de ciências que apontam que provas matemáticas e experimentais são os únicos caminhos para validar o conhecimento científico.

Os resultados apontam, ainda, que naquelas aulas os estudantes reconheceram que para a validação do conceito de dualidade de de Broglie foi fundamental que a tese

de doutorado que apresentava o conceito saísse da França e fosse publicada na Alemanha e, também, em língua inglesa. Nessas aulas, os estudantes ainda apontaram que a ampla divulgação entre pares daquele conceito e, portanto, sua discussão permitiu que o mesmo fosse estabelecido como uma caixa-preta (LATOUR, 2001). Dessa forma, esses resultados reforçam outros da literatura que apontam que o estudo das ciências em formação permite aos estudantes compreenderem como as relações de poder na sociedade também se manifestam e se consolidam nas ciências (SANTOS, MENESES, 2010).

Uma questão importante a ser elencada é que a turma em que o trabalho ocorreu era majoritariamente feminina e que todos os agentes humanos apresentados eram homens. Recordamos que uma das alunas dessa turma se destacava pelo seu posicionamento em relação às questões de gênero e feministas. Isso, aliado ao fato de outra aluna estar num grupo de pesquisa, levou-nos a considerar que questões relativas à participação feminina na ciência poderiam surgir naquelas aulas. Porém isso não ocorreu. Esses resultados, de certa forma, reforçam outros da literatura que apontam para a importância de trazermos às salas discussões explícitas sobre a ciência (LEDERMAN, 2007). Assim, nossos resultados sugerem que para potencializar discussões sobre participação de mulheres na ciência deveríamos levantar questões que explicitamente tratassem da temática.

Diante de tudo que foi exposto, entendemos que a questão de pesquisa foi respondida. Elencamos elementos metacientíficos acerca da validação cultural, que foram abordados durante o curso e apontados pelos estudantes nas discussões sobre as práticas científicas.

Considerações Finais

Iniciamos essa tese apresentando a pergunta que nos motivou e indicando que o texto procurava retratar a trajetória acadêmica do autor. Assim, estruturamos a construção deste documento considerando os diálogos que traçamos com diversos autores e linhas teóricas, respeitando, em certa medida, a cronologia destes encontros. Dessa forma, a escrita deste texto representou a multiplicidade de vozes com as quais nos deparamos durante o contato com a área de Ensino de Ciências e com os diversos enunciados do grupo de pesquisa, o NIEHCC.

A passagem de uma compreensão sobre as ciências que detêm um saber assertivo e que se estabelece através de procedimentos normativos, para a percepção de que as ciências, na verdade, são ações culturais e sociais, perpassou pelo contato com a História das Ciências. Por essa razão, a proposta basal do trabalho era levar às salas de aulas, da educação básica, um viés historiográfico que permitisse aos estudantes perceber o dinamismo do fazer científico. Contudo, como já nos havia alertado Lederman (2007), não bastava o contato com a História das Ciências, era preciso indicar a direção a qual se olhar. Neste aspecto, enquanto grupo de pesquisa, encontramos na História Cultural das Ciências os vieses que respaldavam nosso entendimento sobre as ciências. Ou seja, deparamo-nos com uma corrente historiográfica que reduzia o foco nos grandes nomes e feitos das ciências para contemplar as práticas, considerando toda a sorte de agentes envolvidos nestes processos, permitindo-nos localizar apagamentos, sejam eles de gêneros, classes sociais ou culturas inteiras.

O caráter pessoal do projeto deveu-se à inquietação do autor frente às pesquisas que relatavam que alunas e alunos da educação básica apresentavam uma crença alinhada aos processos metódicos das ciências e nas respostas obtidas por estes caminhos. Nossa proposta, então, era a de analisar quais processos que permitiam que determinado conceito fosse considerado uma verdade científica, mas sem nos limitarmos nos aspectos intrínsecos das ciências. Almejávamos listar os elementos sociais que se envolviam nas tomadas de decisões dos cientistas em relação à aceitação, ou não, de determinado produto científico. Em outros termos, procurávamos destacar quais elementos se envolviam na chamada validação cultural do conhecimento científico. Tal proposta levou-nos ao encontro de um referencial teórico da Sociologia e Filosofia das Ciências proposto, principalmente, por Bruno Latour.

A adoção do referencial latouriano deu-se da análise dos debates em torno da concepção de epistemologia. Entendemos que, no último século, os estudos relativos aos caminhos pelos quais o conhecimento é atingido, que dizem respeito à avaliação dos métodos e resultados das ciências (CHAUÍ, 2000), careciam da percepção da atividade científica como uma ação social. Atividade esta na qual elementos da cultura local e de seu tempo não somente a influenciavam, como agentes externos que vez ou outra vinham a interferir naquele processo, mas que compunham cada etapa daquela ação. Encontramos na Sociologia das Associações o entendimento de que a ciência é uma atividade humana como outra qualquer e, por isso, os interesses econômicos, religiosos, políticos, as motivações pessoais, os costumes locais, a facilidade de se obter ou não determinado material, enfim, tudo se envolve em cada etapa da criação científica. Essa perspectiva vai de encontro à acepção de um método científico, da existência de processos reguladores que nos encaminham às verdades científicas ou ao desvelamento da natureza.

Dentre as consequências do olhar para as ciências proposto por aquela linha teórica, a noção de realidade merece destaque. Ao considerar que atores diversos estruturam determinado saber e que a validação do conhecimento responde, dentre outras questões, aos interesses pessoais, econômicos e políticos, aquilo que a ciência nos oferece não é, necessariamente, a explicação definitiva acerca de determinado fenômeno natural. Se os atores fossem outros, se o processo se desse em outra cultura, provavelmente a compreensão do fenômeno dar-se-ia de forma distinta. A realidade poderia ser descrita de maneira diferente àquela que se estabeleceu.

Essas considerações levaram Latour a debater como as relações de poder decorreram da imposição de uma metodologia científica universal, que se impõe ainda hoje. A hegemonia europeia, em relação às suas colônias, deu-se de forma violenta em diferentes frentes. Além da imposição militar, que resultou na dizimação de alguns povos ameríndios, a soberania também se estabeleceu pela forma na qual os europeus dominavam e compreendiam a natureza, ou seja, pelo saber. Se não houve a extinção de todas as comunidades das Américas pré-colombianas, houve o apagamento daquelas culturas. O entendimento de que a realidade só poderia ser alcançada por uma metodologia científica estruturada, que acreditava desvincular sociedade e natureza, possibilitaram o descrédito do conhecimento exotérico, dos “outros”. Justificando, por isso, a dominação que se estabeleceu. Para Latour, esse processo se perpetua ainda nos dias de hoje, respaldado pelas premissas do modernismo.

Neste cenário, a Filosofia e Sociologia das Ciências proposta por Latour não somente nos deram respaldo acerca do conceito de validação, como mostraram-se um caminho frutífero para debater em aulas os aspectos políticos das ciências. No sentido em que almejávamos um Ensino de Ciências que abrangesse a formação de cidadãos críticos, o conceito de validação cultural que defendemos, associado à teoria de Bruno Latour, possibilitam discutir o papel dos estudantes como indivíduos ativos nas decisões políticas e científicas. Ou, ainda, permite àqueles discentes compreender como as ciências se envolvem, diretamente, nas relações de poder.

Em relação aos episódios históricos destacados neste trabalho, aqueles que avaliamos com mais afinco suas publicações e as citações subsequentes expuseram como as características geopolíticas estão envolvidas nas práticas científicas. A soberania política e econômica foi ressaltada ao observarmos a mudança de *status* da França, quando comparamaos os períodos em que Ampère publicou seus artigos (século XIX) com o período no qual de Broglie divulgara os resultados de seus estudos (período entre guerras do século XX).

Os recortes históricos selecionados não nos ofereceram muitos argumentos para debatermos questões locais, isto é, sobre o conhecimento produzido no Brasil. Recordamos que as escolhas de quais conteúdos seriam abordados se deu anteriormente aos estudos relatados nessa tese. As razões que nos levaram àqueles recortes não contemplavam construções que, de alguma forma, se desenvolveram ou relacionaram com atores de nosso país. Contudo, isso não impediu de levantar questões sobre a produção científica nacional, de debater como políticas públicas que fomentem o contato de nossos pesquisadores com entidades científicas de países proeminentes politicamente, economicamente e cientificamente, auxiliam no desenvolvimento da ciência brasileira.

Os produtos das ciências, ainda que voltados para responder questões exclusivamente nacionais, só serão validados depois de ampliar a rede em que está contido. O que implica em estabelecer contatos com diversos atores, locais ou estrangeiros, estabelecendo controvérsias que irão inserir modalidades ao enunciado original. Em outras palavras, o resultado da pesquisa nacional será creditado como assertivo após o contato recíproco (o “ir e vir” de artigos científicos) com cientistas, políticos ou financiadores de países de destaque na atual estrutura geopolítica e científica. Assim, cada estudante poderá se envolver nas construções dos produtos científicos, mesmo aqueles não desejam (ou que não consigam) seguir nenhuma

carreira relacionada às ciências. Eles se envolverão quando da escolha de seus representantes políticos e das análises de políticas públicas dedicadas às pesquisas científicas.

Na ocasião do desenvolvimento de nossa pesquisa, encontrávamos em um cenário político propício para debatermos essas questões com os discentes. A extinção de projetos que incentivavam estudantes brasileiros a completarem seus estudos em outros países, sobretudo países europeus, a redução de bolsas destinadas a pesquisadores ou, ainda, a redução de recursos financeiros destinados a pesquisadores que viajariam para congressos e seminários acarretarão em uma menor produção científica nacional. Pois, compreendemos que parte das malhas das redes que suportam as construções de determinados conhecimentos foram exauridas. Os efeitos dessas ações políticas não serão sentidos imediatamente, mas futuras gerações de cientistas brasileiros, nas quais aqueles alunos poderão figurar, encontrarão mais obstáculos para ampliarem seus contatos, suas redes.

Entendemos que um projeto como este que apresentamos permite-nos levar estes argumentos para as aulas de ciências. Quando reabrimos as caixas-pretas dos conceitos estabelecidos na Física, observando os elementos que compuseram sua construção, destacamos como as proposições científicas são frutos de processos que, apesar de não normativos, demandaram tempo e participação de inúmeros atores. Assim, nem tudo vale nas ciências, uma opinião isolada, um questionamento sem um *contralaboratório* (LATOUR, 1998), devem ser considerados como meras conjecturas.

A pesquisa empírica mostrou-nos que, de fato, as questões levantadas acima podem ser abordadas em aulas de ciências, a partir dos vieses da História Cultural das Ciências e das Sociologia e Filosofia de Bruno Latour. A pergunta que conduziu este trabalho objetivava verificar quais elementos metacientíficos relativos à validação do conhecimento científico, elencado a partir do estudo de obras seminais, potencializariam discussões sobre as ciências, capazes de destacar o caráter cultural do empreendimento científico. A partir dos episódios que selecionamos, os estudantes destacaram como a composição geopolítica interferiu nas práticas de publicação e da divulgação dos resultados científicos. Indicaram como o idioma de um artigo ou o veículo em que foi publicado, podem conduzir a proposição inicial de um cientista a um caráter de verdade científica ou determinar seu esquecimento. Também relataram como os aliados, com maiores créditos, auxiliaram na ampliação das redes daqueles conceitos.

Ao longo do capítulo 3, no qual apresentamos a pesquisa teórica, destacamos

como atores diversos estiveram presentes nas construções dos conceitos analisados. A determinação dos dois episódios mostrou-se válida à medida em que conseguimos observar os mesmos atores, agindo em períodos diferentes, conduzindo distintamente a construção dos produtos científicos. Referimo-nos, neste caso, às disparidades notadas nas repercussões das publicações de Ampère e de Broglie em um mesmo periódico (ou em periódicos da mesma instituição). Por sua vez, os próprios veículos de publicações científicas mostraram-se constructos sociais, no sentido que respondiam às questões de sua geografia e temporalidade. Ao elencarmos os elementos metacientíficos na pesquisa teórica, coube-nos adequá-los ao curso de Física do último ano do Ensino Médio. Neste caso, evitando o comprometimento do tempo didático apontado por Forato et al. (2011). Decidimos, então, que o estudo dos conceitos científicos a partir de suas publicações seminais deveria ocorrer ao longo de todo o ano letivo. Acreditávamos que, dessa forma, quando usássemos os resultados da pesquisa teórica, a abordagem já estivesse familiarizada, auxiliando no andamento daquelas aulas.

A pesquisa empírica, narrada no capítulo 4, confirmou aquela expectativa. As características da pesquisa que aplicamos, do tipo etnográfica, não nos conduziam a resultados assertivos, tampouco destinava-se a determinar apreensão ou compreensão de conceitos da Física ou sobre ciências. Os resultados que este tipo de pesquisa nos oferece são obtidos a partir de interpretações realizadas em extensas descrições do envolvimento do pesquisador com a cultura em que se inseriu. Assim, os resultados de nossa pesquisa estão diluídos no relato das aulas, no qual destacamos as manifestações das alunas e alunos sobre os elementos metacientíficos no fazer científico. Observamos que o estudo das práticas de publicação durante todo o ano conduziu àquilo que almejávamos, a saber, a naturalização da abordagem no momento em que estudamos as contribuições de Ampère e de Broglie.

Além do exposto, ainda notamos que os estudantes, no decorrer do ano, passaram a anotar informações que iam além dos conceitos puramente científicos. Ou seja, os atores envolvidos na produção dos conceitos, que eram ignorados nas aulas dos primeiros meses do curso, tornaram-se objeto de interesse dos alunos. Isto garantiu-nos melhor aproveitamento do tempo destinado às aulas sobre corrente elétrica e dualidade onda-partícula, visto que os estudantes não precisaram se adequar, naqueles momentos, a uma nova abordagem.

A estrutura do curso que desenvolvemos também promoveu debates sobre

meritocracia no fazer científico. A compreensão de que a validação do conhecimento não se dá pelo enunciado em si, que uma proposição científica não será tomada como verdadeira somente mediante às comprovações da própria natureza, implica em considerar que o sucesso de uma empreitada científica não depende dos esforços individuais dos pesquisadores. Fatores diversos farão que determinada teoria ou conceito se estruture a partir de uma ampla rede. Por outro lado, políticas que desestimulem ou impeçam a produção científica podem levar determinado conhecimento ao apagamento. Assim, foi-nos possível afirmar em aulas que a ciência não é construída somente por cientistas, ela é uma atividade social, é um componente da cultura local.

Outra questão que, por mais de uma ocasião, foi aventada pelos estudantes, era a ideia de caixa-preta. Decidimos por não utilizar a expressão em sala de aula, evitando que fosse tomada como um conceito a ser apreendido. Porém, a partir da ideia de que o conhecimento se tornaria “senso comum”, as alunas e alunos interpretaram as frequências das citações aos artigos originais, e suas eventuais quedas, como a estabilização do conceito. Essa interpretação foi motivada por perguntas do professor, mas este não havia relatado a forma que o conceito de caixa-preta foi apresentado por Latour (2011). Em outras palavras, a abordagem utilizando os artigos originais e suas posteriores citações permitiu vislumbrar a construção dos conceitos científicos como um processo que demanda debates, que sofrem mudanças durante este processo, que carece de tempo para que aqueles conceitos sejam validados. Isto posto, além de reforçar o caráter coletivo da ciência, a abordagem permitiu retomar a discussão sobre as pós-verdades, no sentido que as opiniões que negam os saberes científicos não perpassaram por controvérsias. De fato, algumas alegações atuais, como a geometria da Terra, já foram pautas de antigos debates, cujas construções levaram aos resultados que as ciências apresentam hoje.

Retomando à questão da pesquisa, entendemos que os elementos metacientíficos, ou os atores humanos e não humanos, presentes nas construções dos conceitos estudados, figuraram nas discussões em torno da validação daqueles conhecimentos. Além disso, podemos afirmar que a concepção de validação cultural foi discutida nas aulas, isto é, o entendimento de que a validação de um conceito responde às questões locais e temporais.

Não conseguimos, entretanto, explorar todos os possíveis actantes nos casos estudados, não era o objetivo levar a sala de aula um trabalho tão extenso, o que

resultou na falta de discussões em torno de alguns apagamentos. O papel de artesãos e construtores, por exemplo, foi pouco debatido nas aulas, mesmo quando da menção do francês Pixii, que auxiliou Ampère na construção de seus experimentos. Creditamos essa lacuna em virtude da pouca ênfase destinada a prática dos artesãos naquele contexto. Também não surgiram ponderações acerca da ausência de mulheres em quaisquer um dos episódios analisados. Esperávamos que essa questão aparecesse em virtude do perfil da turma de estudantes, majoritariamente feminina, e em razão do engajamento de uma das alunas nas questões feministas e de gêneros. Porém, esses temas não foram apontados no curso, o que confirma a expectativa de que o destaque aos elementos metacientíficos deve partir do professor e da própria abordagem. A naturalização destes apagamentos, como de técnicos e mulheres na História das Ciências, é um obstáculo cuja superação deve ser iniciada pelo docente ou pelo conteúdo apresentado.

Optamos por não anexarmos à tese o curso completo, isto é, os slides utilizados, textos e questões. Isto deveu-se, sobretudo, ao fato de defendermos que o dinamismo de uma turma de estudantes e as características que definem e diferem cada sala de aula inviabilizem a reprodução de sequências ou produtos didáticos. Tampouco confiamos que os resultados da pesquisa empírica, elencados no capítulo 4, seriam obtidos em outro conjunto alunas e alunos. Acreditamos que a relevância de uma pesquisa em Ensino de Ciências não está em sua reprodutividade, mas sim na constatação de que novas abordagens e olhares podem, ou não, modificar as práticas pedagógicas. No caso particular deste trabalho, o viés que dedicamos às práticas científicas permitiram que elementos metacientíficos fossem notados por estudantes nos processos de validação do conhecimento, auxiliando na concepção dessa validação como uma ação social e cultural. Fora isso, esse viés possibilitou vislumbrar o papel político dos estudantes no desenvolvimento das ciências.

Destacamos, ainda, que a utilização de um referencial delimitado nos auxiliou na discussão metafísica centrada em um ponto singular, a prática das publicações científicas. Fato este que nos foi decisivo para trabalhar estas questões em uma turma de estudantes, a princípio, unicamente preocupada com a aprovação em concursos vestibulares. As informações prévias que tínhamos dos discentes, reforçadas no decorrer das aulas, indicavam que se reduzíssemos demasiadamente o tempo dedicado à resolução de exercícios, voltados unicamente para aplicação de algoritmos, provocaríamos a insatisfação da turma em relação à abordagem escolhida. Entendíamos que a doção de referências mais amplas poderia acarretar na construção

de um curso excessivamente longo.

Dessa forma, entendemos que a presente tese oferece aos demais pesquisadores da área e a professores de ciências um exemplar de como uma abordagem de ensino com viés da História Social das Ciências, associado à teoria de Bruno Latour, permite discutir o fazer científico destacando seu caráter social e político, sem comprometer o tempo didático. Trabalhamos todo o conteúdo de Física previsto para o terceiro ano do Ensino Médio a partir de um olhar historiográfico. Todavia, possivelmente mais importante que o resultado da pesquisa empírica, a tese oferece possibilidades de trabalhos futuros. Neste sentido, planejamos realizar pesquisa que, também, se pautarão em um referencial único. Acreditamos que, assim, teremos a possibilidade de proporcionar discussões mais amplas, visto que novos atores poderão ser destacados. Em outros termos, poderemos selecionar caixas-pretas que, em suas construções, envolveram apagamentos de ordens distintas, debatendo questões imperialistas, de gêneros, dizimações de culturas entre outras.

Referências Bibliográficas

ABBOTT, A. A how-to for peer review. **Nature Magazine,** v. 473, n. 17, 2011. doi:10.1038/473017a

ABD-EL-KHALICK, F. Examining the sources for our understanding about science: enduring conflations and critical issues in research on nature of science in science education**. International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 34, n. 3, p. 353-374, 2012.

ACEVEDO, J. A., VÁZQUEZ, A., PAIXÃO, M. F., ACEVEDO, P, OLIVA J. M., MANASSERO, M. A. Mitos da didática das ciências acerca dos motivos para incluir a natureza da ciência no ensino de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 11, n. 1, p. 1-15, 2005.

ADURIZ-BRAVO, A. La Naturaleza de la Ciencia ambientada en la Historia de la Ciencia VIII Congreso Internacional sobre Investigación en la Didáctica de las Ciencias, 2020.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALLCHIN, D. How Can History and Philosophy of Science Contribute to Understanding the Nature of Science for Scientific Literacy?: Mapping Research Needs. **I**n **Report from the Conference on How Can the HPS Contribute to Contemporary.** U.S. Boston, Massachusetts. 2012.

ALLCHIN, D. **Teaching the nature of Science – Perspectives and resources**. Minessota: SHiPS Education Press, 2013, 310 p.

ALMEIDA, I. F., CRUZ, C. D., RESENDE, M. D. V. Validação e correção de fenótipos na seleção genômica ampla. **Pesquisa agropecuária Brasileira,** v.51, n.12, p.1973-1982, 2016.

AMADOR-RODRÍGUEZ, R. Y.; ADURIZ-BRAVO, A. Concepciones emergentes de naturaleza de la ciencia (NOS) para la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, n. extra, p. 3499-3504, 2017.

AMARAL, P. **Hereditariedade e Natureza da Ciência: o uso da abordagem histórico-filosófica.** Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 192 p., 2015.

AMPÈRE, A. M. Suite du Mémoire L'action mutuelle de deux courants électriques, sur celle qui existe entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et celle de deux aimants l'un sur l'autre. **Annales de Chimie et de Physique**, v. 15, p. 170 – 218, 1820(a).

AMPÈRE, A. M. Mémoire présente à l'Académie royale des Sciences, le 2 octobre 1820, où se trouve compris le résumé de ce qui avait été lu à la même Académie les 18 et 25 septembre 1820, sur les effets des courants électriques. **Annales de Chimie et de Physique**, v. 15, p.59 – 76, 1820(b).

AMPÈRE, A. M. Note sur un appareil à l'aide duquel on peut vérifier toutes les propriétés des conducteurs de l'électricité voltaïque, d´couvertes par M. Ampère. **Annales de Chimie et de Physique**, v. 18, p. 88 – 106, 1821.

AMPÈRE, A. M. Recueil d'observations électro-dynamiques, contenant divers mémoires, notices, extraits de lettres ou d'ouvrages périodiques sur les sciences, relatifs à l'action mutuelle de deux courants électriques, à celle qui existe entre un courant électrique et un aimant ou le globe terrestre, et à celle de deux aimants l'un sur l'autre. **Annales de Chimie et de Physique**. Crochard, Paris, 1822.

AMPÈRE, A. M. Mémoire sur la théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques uniquement déduite de l'experience. **Memóires de l'Academie Royale des Sciences de l'Institut de France**, v. 6, p. 175 – 387. 1827.

AMPÈRE, A. M. Ueber einen von Hrn. Hyppolyte Pixii mit einem Apparat von seiner Erfindung angestellten Versuch, die Erzeugung elektrischer Ströme durch Rotation eines Magneten betreffend. **Annalen der Physik**, v. 103, p. 398 – 400, 1833.

ANDRE, M. D. E. A. **Etnografia da prática escolar.** Campinas: Papirus Editora, 2005, 183 p.

ARAÚJO, C. G. S. Revisão por pares: um processo científico em constante aprimoramento. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia,** v. 98, n. 2, p. e32-35, 2012.

ARAUJO, M. E. B. O., PILATI, R. Viés de confirmação em entrevista de seleção: Evidências em estudantes universitários. **Revista Psicologia: Organizações e Trabalho,** v. 14, n.1. p. 67-77, 2014.

ARRIASSECQ, I., GRECA, I. Enseñanza de la teoria de la relatividade em el ciclo polimodal: dificultades manifestadas por los docentes y textos de uso habitual, **Revista Electrónica de Enseñanza de lãs Ciencias**, v. 3 n. 2, p. 211-227, 2004.

ASHMORE, M. **The Reflexive Thesis: Wrighting Sociology of Scientific Knowledge**. Chicago: The University of Chicago Press, 1989.

ASSIS, A. A., MATTOS, Y. D. A escrita como patrimônio: o queijo e os vermes, de Carlo Ginzburg e sua influência na historiografia contemporânea. **Escritas do tempo**, v. 1(1), p. 49-71, 2019.

ASSIS, A. K. T., CHAIB, J. P. M. C. Nota sobre o Magnetismo da Pilha de Volta – Tradução Comentada do Primeiro Artigo de Biot e Savart sobre Eletromagnetismo. **Caderno de História e Filosofia da Ciência**, Campinas. Série 3, v. 16, n. 2, p. 303-306, 2006.

ASSIS, A. K. T., CHAIB, J. P. M. C**. Eletrodinâmica de Ampère**. Campinas: Editora Unicamp, 2011, 600 p.

ASSIS, A. K. T., CHAIB, J. P. M. C. **Ampère's electrodynamics: analysis of the meaning and evolution of Ampère's force between current elements, together with a complete translation of his masterpiece: Theory of electrodynamic phenomena, uniquely deduced from experience.** National Library of Canada Cataloguing in Publication, 2015, 546 p.

AVILA, C. A. M. **Veias abertas: o estudo do corpo humano no ensino fundamental, a partir de uma abordagem histórico-cultural.** Dissertação (mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 137 p., 2017.

ÁVILA, C., GUERRA. A. XV. El estudio del cuerpo humano a partir de un abordaje histórico cultural. In: **Anais Encuentro de Educación Química**, 2017.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento.** Tradução Esteia dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996, 316 p.

BAGDONAS, A., ZANETIC, J., GURGEL, I. 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**, v. 7, p. 242-260, 2014.

BAKHTIN, M. M. **Estética da criação verbal**. 6ª ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2011, 512 p.

BALDWIN, M. **Making "Nature". The history of a scientific journal.** Chicago, EUA: University of Chicago Press, 2015.

BARCELLOS, M. E. **História, Sociologia, massa e energia. Uma reflexão sobre a formação de pesquisadores em Física.** Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Universidade de São Paulo, 152 p., 2008.

BARNES, B. **Scientific Knowledge and Sociological Theory.** London and Boston: Routledge and Kegan Paul, 1974, 216 p.

BASSALO, CARUSO. **De Broglie**. São Paulo: Livraria da Física, 2015, 192 p.

BASTOS, **F. História da Ciência e ensino de Biologia: a pesquisa médica sobre a febre amarela (1881-1903).** Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 212 p., 1998.

BIESEL, R. S., ADAME, E. A. Post-Positivist/Functionalist Approaches. **The International Encyclopedia of Organizational Communication.** John Wiley & Sons. 2017

BLOOR, D. **Conhecimento e imaginário social**. São Paulo: Editora da UNESP, 2009, 288 p..

BOURDIEU, P. **Sociologia.** Organizado por Renato Ortiz. São Paulo: Ática, 1983.

BRAGA, M. A. B. A **Nova Paidéia: ciência e educação na construção da modernidade.** Rio de Janeiro: EPapers/ COPPE-UFRJ, 2000, 144 p.

BRAGA, M. A., GUERRA, A., REIS, J. C. The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampère**. Science & education**, v. 21, p. 921 – 934, 2010.

BRAGA, N. R. C. F. Perspectivas positivistas e pós positivistas nas relações internacionais: as divergências epistemológicas levariam a distinções em seu modo de fazer ciência? **Pólemos,** Brasília, vol. 2, n. 4, 2013.

BROWN, H. R., MARTINS, R. A. De Broglie's relativistic phase waves and waves groups. **American Journal of Physics**, v. 52, n.12, p. 1130-1140, 1984.

BURKE, P. **O que é história cultural?** rev. e ampl. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008, 216 p.

BÜTTIKER, M., THOMAS, H. Front propagation in evanescent media. **Superlattices and Microstructures**, v. 23, n. 3,4, p. 781 - 794, 1988. https://doi.org/10.1006/spmi.1997.0540

CALLON, M. Some elements of a sociology of translation: domestication of the scallops and the fishermen of St. Brieuc Bay. In: LAW, J. (Ed.). **Power, action and belief: a new sociology of knowledge?** London: Routledge & Kegan Paul, p. 196-233, 1986.

CAMPANÁRIO, J. M. El sistema de revisión por expertos (peer review): muchos problemas y pocas soluciones. **Revista española de Documentación Científica,** v. 25, n. 3, p. 267-285, 2002.

CANEVA, K. Ampère the etherians and the Oersted connexion. **The Bristish Journal for the History of Science**, v. 13, n. 44, p. 121-138, 1980.

CANGUILHEM, G. **Estudos de História e de Filosofia das Ciências: Concernentes aos Vivos e à Vida.** Trad. Abner Chiquieri. Rio de janeiro: Forense, 2012.

CARDOSO, T. S. A epistemologia da mediação em Bruno Latour. Tese (Doutorado em tecnologias da inteligência e design digital) – Pontifícia Universidade Católica de São Paulo,284 p., 2015.

CARVALHO, I., MION, R., SOUZA, C. A. O desenvolvimento do conhecimento Científico contribuições de Bruno Latour. **Atas do V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, ENPEC, Bauru – SP, 2005.

CASTAÑON, G. A. O que é Construtivismo? **Caderno de História, Filosofia e Ciências.** Campinas, Série 4, v. 1, n. 2, p. 209-242, 2015.

CHAIB, J.P.M.C, ASSIS, A.K.T. Distorção da obra eletromagnética de Ampère nos livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física** [online], v.29, n.1, 2007.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** São Paulo: Brasiliense, 2010, 222 p.

CHAUÍ, M. **Convite à filosofia.** São Paulo: Ed. Ática, 2000, 520 p.

CLARK, A. M. The qualitative-quantitative debate: moving from positivism and confrontation to post-positivism and reconciliation. **Journal of Advanced Nursing**, n. 27, p. 1242 – 1249, 1998.

CLOUGH, M. P. Teaching the nature of science to secondary and post-secondary students: questions rather than tenets. **The Pantaneto Forum**, 25, 2007.

COHEN, I. B. **Benjamin Franklin's Experiments: a new edition of Franklin's**

Experiments and observations on electricity. Harvard University Press, 1941, 453 p.

COHEN, I. B., WESTFALL, R. S. (Orgs.). **Newton: textos, antecedentes, comentários.** Rio de Janeiro: Contraponto, 2002, 524 p.

COMPTON, A. H. A quantum theory of the scattering of x-rays by light elements. **Physical Review**, second series, v. 21, n. 5, 1923.

COULOMB, C. A. **Deuxieme mémoire sur l'électricité et le magnétisme. Collection de Mémoires relatips a la Physyque (1785),** T. 1, 448 p., 1884.

COUTINHO, F. A., MATOS, S. A., SILVA, F. A. R. Aporias dentro do movimento ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Apontamentos para uma solução. **Revista da SBEnBIO, V Enebio e II Erebio regional**, n. 7, p. 2176 – 2185, 2014.

CUSHING, J. T. **Quantum mechanics: historical contingency and the Copenhagen hegemony**. Londres: The University of Chicago Press, Ltd, 1994.

DARNTON, R. **O Grande Massacre De Gatos, E Outros Episódios Da História Cultural Francesa.** Tradução S. C. Cardoso. Rio de Janeiro: Graal, 1986.

DASTON, L. History of Science without Structure. Em R. J. RICHARDS, L. DASTON, **Kuhn's Structure of Scientific Revolutions at Fifty. Reflections on a Science Classic**, p. 115-132. Chicago e Londres: University of Chicago Press, 2016.

DASTON, L., GALISON, P. **Objectivity**. Brooklyn: Zone Books, 2008, 501 p.

DAVOGLIO, T. R., SANTOS, B. S. Escala de Motivação Docente: desenvolvimento e validação**. Educar em Revista,** n. 65, p. 201-218, 2017.

DAVYT GARCIA, A.; VELHO, L. A avaliação da ciência e a revisão por pares: passado e presente. Como será o futuro? **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, vii(1), p. 93-116, 2000.

DE BROGLIE, L. Rayonnement noir et quanta de lumière. **Journal de Physique et le Radium,** v.3(11), p. 422 – 428, 1922(a).

DE BROGLIE, L. Sur les interférences et la théorie des quanta de lumière. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, n. 175, p. 811-813, 1922(b).

DE BROGLIE, L. Ondes et quanta. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, n. 177, p. 507-510. 1923(a).

DE BROGLIE, L. Quanta de lumière, diffraction et interférences. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, n. 177. p. 548 – 550. 1923(b).

DE BROGLIE, L. Les quanta, la théorie cinétique des gaz et le principe de Fermat. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris**, n. 177. p. 630 – 632. 1923(c).

DE BROGLIE, L. Waves and quanta. **Nature Magazine,** n. 112. p. 540, 1923(d).

DE BROGLIE, L. Sur la définition générale de la correspondance entre onde et mouvement. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris,** n. 179, p. 39 – 40, 1924(a).

DE BROGLIE, L. Sur un théorème de M. Bohr. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris,** n. 179, p. 1039 – 1041, 1924(b).

DE BROGLIE, L. Sur la dynamique du quantum de lumière et les interférences. **Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris,** n. 179, p. 676 – 677, 1924(c).

DE BROGLIE, L. A tentative theory of light quanta. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science,** v. 47, p. 446 – 458, 1924(d).

DE BROGLIE. De Broglie's Theory of the Quantum and the Doppler Principle. **Nature Magazine**, v. 114, p. 51–52, 1924(e).

DE BROGLIE, L. Recherches sur la théorie des quanta. **Annalen der Physik**, n.3, p.22 – 128, 1925.

DE BROGLIE, L. Interference and Corpuscular Light. **Nature Magazine**, v. 118, p. 441–442, 1926.

DE BROGLIE, L. La mécanique ondulatoire et la structure atomique de la matière et du rayonnement. **Journal de Physique et Radium**, n. 8 (5), p. 225 – 241, 1927.

DE BROGLIE, L. Physics and Metaphysics. **Nature Magazine**, n. 181, p. 1814, 1958. https://doi.org/10.1038/1811814a0

DE BROGLIE, L. **Un itinéraire scientifique**. Edição de Georges Lochak. Paris: Editions La Découvert, 1987, 241 p.

DERRIDA, J. **A escritura e a diferença.** Tradução Maria Beatriz Marques Nizza da Silva. São Paulo: Perspectiva, 1967, 446 p.

DERRIDA, J. **Gramatologia.** Tradução Miriam Schnaiderman e Renato Janini Ribeiro. São Paulo: Perspectiva, 1973, 400 p.

DOSSE, F. **O Império dos sentidos**. Tradução de Ilka Stern Cohen. São Paulo: Editora

Unesp, 2018, 536 p.

DU FAY, C. F. C. **Philosophical Transactions of The Royal Society**, n.38, p.258, 1733.

DÜRR, S., NONN, T., REMPE, G. Origin of quantum-mechanical complementarity probed by a 'which-way' experiment in an atom interferometer. **Nature Magazine**, v. 395, p. 33–37, 1988

DUSHL, R. A.; GRANDY, R. Two views about explicitly teaching Nature of Science. **Science & Education**, v. 22, n. 9, p. 2109-2139, 2013.

EVORA, P. R. B., CELOTTO, A. C. Peer review, science, young investigators feelings and frustrations. **Ponto de Vista. Acta Cirúrgica Brasileira,** v. 26, n. 1, 2011.

FARADAY, M. Historical Sketch of Electro-Magnetism. **Annals of philosopy**. v. 2, p. 195-290, 1821.

FARADAY, M. Historical Sketch of Electro-Magnetism. **Annals of philosopy,** v. 9, p. 107-117, 1822.

FARADAY, M. Experimental Researches in Electricity. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, n. 122(0), p. 125-162, 1832.

FARADAY, M. Experimental Researches in Electricity, Thirteenth Series. In**: Greats Books of the Western World,** 1952, 1 ed., v.45, Enciclopedia Britannica, Chicago, London and Toronto, p. 494-522, 1838.

FETZ, M., DEFACCI, F. A., NASCIMENTO, L. Olhares sociológicos sobre a ciência no século vinte: mudanças e continuidades. **Sociologias**, Porto Alegre, n. 27, p. 284 – 317, 2011.

FITZPATRICK, K. **Planned Obsolescence: Publishing, Technology, and the Future of the Academy**. New York: NYU Press, p. 23 26, 2009.

FITZPATRICK, K. Peer Review, Judgment, and Reading. In: **Profession**. The Modern Language Association of America, p. 196 – 201, 2011. https://doi.org/10.1632/prof.2011.2011.1.196

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz**, Tese Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Educação, USP, São Paulo, SP, Brasil, 2009.

FORATO, T. C. M., MARTINS, R. A., PIETROCOLA, M. Historiografia e natureza da

ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FORATO, T. C. M., MARTINS, R. A., PIETROCOLA, M. History and nature of science in high school: Building up parameters to guide educational materials and strategies. **Science & Education**, v. 21, n. 5, p. 657-682, 2012.

FORQUIN, J.C. **Escola e Cultura: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

FRANKLIN, B. **The electrical writings of Benjamin Franklin and friends as collected by Robert A. Morse.** Medford: Tufts University, 2004, 225 p.

GALISON, P. **Os relógios de Einstein e os mapas de Poincaré: impérios do tempo.** Lisboa: Gradiva, 2005, 398 p.

GALVANI, L. **Aloysii Galvani De viribus electricitatis in motu musculari commentarius.** Bolonha: Ex Typographia Instituti Scientiarium, 1791. https://doi.org/10.5479/sil.324681.39088000932442

GAMA L. D. **Autoridade da ciência e educação: abrindo caixas pretas com a problematização de discursos da mídia e temas da física**. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, 2011.

GARDELLI, D. Antecedentes históricos ao surgimento do Eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 118-137, 2018.

GARDELLI, D. Antecedentes históricos ao surgimento do eletromagnetismo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 118 - 137, 2018.

GAVROGLU, K. **O Passado das Ciências como História**. Porto, Portugal: Editora Porto, 2007, 304 p.

GEERTZ, C. **As interpretações das culturas**. Rio de Janeiro: Guanabara, 2008, 224p.

GILBERT, W. **De Magnete**. Tradução em inglês de P. Fleury Mottelay, 1893, 432 p. https://www.lancaster.ac.uk/fass/projects/gilbert/docs/onloadstonemagne00gilbuoft.pdf

GINZBURG, C. **O queijo e os vermes: o cotidiano e as idéias de um moleiro perseguido pela Inquisição** (1 ed.). Trad. Maria Betânia Amoroso. São Paulo: Companhia das Letras, 2006, 237 p.

GLEASON, T. Science Education and the Nature of Nature: Bruno Latour's Ontological Politics. **Educational Studies**, p. 1 – 14, 2017. Doi:10.1080/00131946.2017.1369083

GOELLNER, S. V., FRAGA, A. B., FILHO, A. R. R., MAZO, J. Z. Pesquisa qualitativa na educação física brasileira: marco teórico e modos de usar. **Revista da Educação Física,** UEM, n. 21(3), p. 381-410, 2010.

GOMES, W. B. Gnosiologia versus Epistemologia: distinção entre os fundamentos psicológicos para o conhecimento individual e os fundamentos filosóficos para o conhecimento universal. **Temas em Psicologia**. v. 17, n. 1, p. 37-46, 2009.

GOWER, B. Speculation in physics: the history and practice of Naturphilosophie. **Studies in History and Philosophy of Science,** v.3, n.4, p.301-356, 1973.

GRAY, S. **Philosophical Transactions of The Royal Society,** n. 37, 18. 1731.

GRAY, S. **Philosophical Transactions of The Royal Society,** n. 37, 227. 1732.

GRECO, J., SOSA, E. (Ed). **The Blackwell Guide to Epistemology**. Blackwell Oxford: Publishers Ltd, 1999, 476 p.

GRUBBA, L. S. A verdade cotidiana: qual a verdade científica? **Aufklärung,** v.2, n.2, p. 207-228, 2015.

GUERRA, A. **Contextualizando o fazer: subsídios para uma educação científica com enfoque histórico-filosófico.** Tese (doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002.

GUERRA, A., FREITAS, J., REIS, J. C., BRAGA, M. A interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 1: p. 32 - 46, 1998.

GUERRA, A., REIS, J. C., BRAGA, M. A. B. Tempo, espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568 - 583, 2011.

GUERRA, A., REIS, J. C., BRAGA, M. Uma abordagem histórico-filosófica para o eletromagnetismo no ensino médio. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 21, n.2, p. 224-248, 2004.

GUERRICKE, O. V. **Experimenta nova (ut vocantur),** 1672, 284 p.

HANKINS, T. L. **Ciência e Iluminismo**. Porto, Portugal: Porto editora, 2002, 224 p.

HARMAN, G. **Prince of Networks: Bruno Latour and Metaphysics**. Victoria, Australia: Re.Press, 2009, 247 p.

HENDRY, J. **James Clerck Maxwell and the theory of the eletromagnetic field**. 1 ed. Bristol and Boston: Adam Hilger Ltd, 1986.

HEWITT, P G**. Física Conceitual**. Porto Alegre: Bookman, 2002, 685 p.

HIN, L. T. W., SUBRAMANIAM, R. Scientific academies and scientific societies as agents for promoting science culture in developing countries. **International Journal of Technology Management.** v. 46, n. 1,2. 2009.

HOBSBAWM, E. **Era dos extremos. O breve século XX - 1914-1991**. São Paulo: Editora Schwarcz, 1994, 865 p.

HODSON, D. Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In: Matthews, M. R. (ed.) **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, p. 911-970, 2014.

HODSON, D. Nature of Science in the Science Curriculum: Origin, Development, Implications and Shifting Emphases. In: Matthews, M. R. (ed.) **International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching**. Dordrecht: Springer, p. 911-970, 2014.

HOFMANN, J. R. **André-Marie Ampère. Enlightenment and Eletrodynamics.** Cambridge: Cambridge University press, 1995, 406 p.

HÖTTECKE, D., SILVA, C. C. Why implementing history and philosophy in school science education is a challenge: an analysis of obstacles. **Science & Education,** v. 20, n. 4, p. 293-316, 2011.

IRZIK, G., NOLA, R. A family resemblance approach to the nature of science for science education. **Science & Education**, v. 20, n. 7-8, p. 591-607, 2011.

JAGER, I. T. **Discutindo gênero com mulheres privadas de liberdade: um olhar da história cultural da ciência para o desenvolvimento da botânica nos séculos XVIII E XIX.** Dissertação (mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 130 p., 2018.

JAPIASSÚ, H., MARCONDES, D. **Dicionário Básico de Filosofia**. 5.ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

JARDIM, W. **Experimentos históricos e o ensino de física: agregando reflexões históricas e contemporâneas através da História Cultural Da Ciência.** Tese

(Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 205 p., 2019.

JARDIM, W., GUERRA, A. República das Letras, Academias e Sociedades Científicas no século XVIII: a garrafa de Leiden e a ciência no ensino**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** v. 34, n. 3, p. 774-797, 2017.

JARDIM, W., GUERRA, A. Práticas científicas e difusão do conhecimento sobre eletricidade no século XVIII e início do XIX: possibilidades para uma abordagem histórica da pilha de volta na educação básica**. Revista Brasileira de Ensino de Física,** v. 40, n. 3, e3603, 2018.

JESUS, C.S., BÖCK, B. S., CHRISPINO, A. A Ciência Reguladora e Precaucionária na Análise dos Riscos Tecnológicos. **Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.7, n.2, p.73-101, 2014.

KIRCHHOFF, G. R. On the relation between the radiating and absorbing powers of different bodies for light and heat. **Philosophical Magazine**, n. XIX, 1860.

KITCHER, P. Epistemology Without History is Blind. **Erkenn**, Springs, v. 75, p. 505–524, 2011.

KNORR-CETINA, K**. The manufacture of knowledge: An essay on the constructivet and contextual nature of science.** Oxford: Pergamon Press, 1981, 189 p.

KRAGH, H**. Introdução à Historiografia da Ciência**. Porto: Porto Editora, 2001.

KROPF, S. P., FERREIRA, L. O. A prática da ciência: uma etnografia no laboratório. **Livros & Redes**, p. 589 – 597, 1998. Disponível em https://www.scielo.br/pdf/hcsm/v4n3/v4n3a10.pdf acesso em março de 2018.

KROPF, S. P., LIMA, N.T. Os valores e a prática institucional da ciência: as concepções de Robert Merton e Thomas Kuhn. **História Ciência e Saúde - Manguinhos**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 3, p. 565 - 581, 1999. https://doi.org/10.1590/S0104-59701999000100002.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas** (9 ed.). Trad. B. V. Boeira, Trad. São Paulo: Perspectiva, 2006, 324 p.

LANDER, E. Ciências sociais: saberes coloniais e eurocêntricos. Em LANDER, E. (ORG). **A colonialidade do saber: eurocentrismo e ciências sociais.** Perspectivas latinoamericanas. Colección Sur Sur, CLACSO, Ciudad Autônoma de Buenos Aires, Argentina, p. 8-23, 2005.

LARA, S. H. História cultural e história social. **Diálogos**, n. 01, p. 25-32, 1997.

LATOUR, B. **The pasteurization of France**. Estados Unidos: Harvard University Press, 1988, 273 p.

LATOUR, B. **Jamais Fomos Modernos**. 3. ed. São Paulo: Editora 34, 1994, 192 p.

LATOUR, B. **Ciência em ação: como seguir cientistas e engenheiros sociedade afora.** 2. ed. São Paulo: Unesp, 2000, 440p.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora**. Bauru: EDUSC, 2001, 385 p.

LATOUR, B. **Reflexão sobre o culto moderno dos deuses fe(i)tiches.** Tradução Sandra Moreira. Sâo Paulo: EDUSC, 2002, 106 p.

LATOUR, B. **Reagregando o Social. Uma introdução à teoria do Ator-rede**. Bauru: EDUSC, 2012, 400 p.

LATOUR, B., WOOLGAR**. A vida de laboratório: a produção dos fatos científicos.** Rio de Janeiro: Relume Dumará, 1997, 310 p.

LATOUR, B., WOOLGAR**. Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts.** Princenton, EUA: Princenton University press. 1986, 296 p.

LAUDAN, L., DONOVAN, A., LAUDAN, R., BARKER, P., BROWN, H., LEPLIN, J., THAGARD, P., WYKSTRA, S. Mudança científica: modelos filosóficos e pesquisa histórica. **Estudos Avançados,** v. 7, n. 19, 1993. http://dx.doi.org/10.1590/S0103-40141993000300002

LAW, J. On the methods of long-distance control: vessel, navigation and the Portuguese rout to India. In: LAW, J. **Power action and believe: a new sociology of knowledge?** Heley: Routladge, sociological Review Monografh, 1986.

LEDERMAN, N. G. Nature of science: Past, present, and future. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds.), **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, p. 831-879, 2007.

LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L., SCHWARTZ, R. S. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of research in science teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LEDERMAN, N. G., SCHWARTZ, R. S., ABD-EL-KHALICK, F., BELL, R. L. Pre-service teachers' understanding and teaching of the nature of science: An intervention study,

Canadian Journal of Science, Mathematics, and Technology Education, n.1, p. 135-160, 2001.

LEDERMAN, N. G., WADE, P.; BELL, R. L. Assessing understanding of the nature of science: A historical perspective. In: McComas, W. F. (org.) **The nature of science in science education.** Dordrecht: Kluwer, p. 335-350, 1998.

LIMA, N. W., OSTERMANN, F, CAVALCANTI, C. J. H. A não-modernidade de Bruno Latour e suas implicações para a Educação em Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 35(2), p. 367-388, 2018.

LIMA, N.W., NASCIMENTO, M. M., OSTERMANN, F. & CAVALCANTI, C. J. H. Louis de Broglie's wave-particle duality: from textbooks blackboxes to a chain of reference presentation. **Revista Brasileira de Ensino de Física** (online), n. 42, e20190134, 2020. https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2019-0134

LIVINGSTONE, D**. Putting science in its place: geographies of scientific knowledge.** Londres: The University of Chicago Press, Ltd., 2003, 234 p.

LOSONSKY, M. **Enlightenment and Action from Descartes to Kant: Passionate Thought**. Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press, 2001, 240 p.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU,1986, 128 p.

MACHADO, A., LIRIA, C. W., PROTI, P. B., REMUZGO, C., MIRANDA, T. M. Sínteses química e enzimática de peptídeos: princípios básicos e aplicações. **Química Nova.** v.27, n.5, p.781-789, 2004.

MAGALHÃES, G. Por uma dialética das controvérsias: o fim do modelo positivista na história das ciências**. Estudos Avançados**, v. 32, n.94, p.345-361, 2018.

MARQUES, M. A. **A utilização da controvérsia mendeliano-biometricista na questão da hereditariedade no início do século XX: um caminho para se trabalhar a hereditariedade na educação básica?** Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2016.

MARQUES-TEIXEIRA, J. A ciência, a sua validação e a internet. **Saúde Mental,** v. IX, n. 3, p. 7-9, 2007.

MARTINS, A. F. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física,** v. 24, n. 112, 2007.

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

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: problemas históricos. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v.17, n.2, p.115-121, agosto, 2000.

MARTINS, R. A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência,** v. 10, p. 89-114, 1986.

MARTINS, R., ROSA, P. **História da teoria quântica - a dualidade onda-partícula, de Einstein a De Broglie.** São Paulo: Livraria da Física, 2014, 292 p.

MASTERMAN, M. A natureza de um Paradigma. In: LAKATOS, I., MUSGRAVE, A. **A Crítica e o Desenvolvimento do Conhecimento**. São Paulo: Cultrix, EDUSP, 1979.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching: the role of history and philosophy of science.** New York: Routledge, 1994, 304 p.

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

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching**. New York, London: Routledge, 1995(a), 306 p.

MATTHEWS, M. R. **The Contribution of History and Philosophy of Science**. New York, London: Routledge, 2015, 480 p.

MATTOS, C., HAMBURGER, A. I. História da Ciência, Interdisciplinaridade e Ensino de Física: O Problema do Demônio de Maxwell. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 477-490, 2004.

MAXWELL, J. C. A dynamical theory of the electromagnetic field. **Philosophical Trasactions**, n.155, 1865.

MAXWELL, J. C. **A treatise on electricity and magnetism.** Cambridge: University of Cambridge. 1873, 560 p.

MAXWELL, J. C. On Faraday’s lines of force. **Transactions of the Cambridge Philosophical Society**, v. 10, part 1, 1856.

MAXWELL, J. C. On physical lines of force. **Philosophical Magazine**, v. 21, series 4, part i & ii, p. 161-175 & 182–348, 1861(a).

MAXWELL, J. C. On physical lines of force. **Philosophical Magazine**, v. 23, series 4,

part iii & iv, p. 17-24 & 85–95, 1861(b).

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of Science. **Science and Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249 - 263, 2007.

MCCOMAS, W. F. Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. **Science & Education**, v. 17, n. 2-3, p. 249 - 263, 2008.

MCCOMAS, W. F. The Principal Elements of The Nature of Science: Dispelling the Myths. In: MCCOMAS, W. F. (Ed). **The Nature of Science in Science Education, Rationales and Strategies.** Netherland: Kluwer Academic Publishers, 1998.

MCCOMAS, W. F., ALMAZROA, H., CLOUGH, M. The Nature of Science in Science Edu-cation: an introduction. **Science & Education**, v. 7, n. 6, p. 11 - 532, 1998(a).

MCCOMAS, W. F., CLOUGH, M., ALMAZROA, H. The role and character of the Nature of Science in Science Education. In: McCOMAS, W. F. (Ed.). **The Nature of Science in Science Education: rationales and strategies.** The Netherlands: Kluwer, p. 3 - 39. 1998(b).

MCCOMAS, W. F.; NOURI, N. The nature of science and the next generation science standards: Analysis and critique. **Journal of Science Teacher Education**, v. 27, n. 5, p. 555-576, 2016.

MCDONALD, C. V., ABD-EL-KHALICK, F**. Representations of Nature of Science in School Science Textbooks**. New York: Routledge, 2017.

MEADOWS, A. J. **A comunicação científica**. Brasília: Briquer de Lemos Livros, 1999, 268 p.

MEGLHIORATTI, F. A., BATISTA, I. L. Perspectivas da sociologia do conhecimento científico e o Ensino de Ciências: um estudo em revistas da área de ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 23, n.1, p. 01 - 31, 2018.

MIGUEL, L. R., VIDEIRA, A. A. P. A distinção entre os “contextos” da descoberta e da justificação à luz da interação entre a unidade da ciência e a integridade do cientista: o exemplo de William Whewell. **Revista Brasileira de História da Ciência**. Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 33 - 48, 2011.

MONK, M., OSBORNE, J. Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. **Science Education**, v. 81, n. 4, p. 405-424, 1997.

MORAES JR., H. V., ROCHA, E. M., CHAMON, W. Funcionamento e desempenho do sistema de Revisão por Pares. Editorial**. Arquivos Brasileiros de Oftalmologia**, v. 73, n.6, p.487-488, 2010.

MOURA, B. A. O que é natureza da Ciência e qual sua relação com a História e Filosofia da Ciência? **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 1, p. 32-46, 2014.

MOURA, C. B. **Educação científica, história cultural da ciência e currículo: articulações possíveis.** Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2019.

MOURA, C. B., GUERRA, A. História cultural da ciência: um caminho possível para a discussão sobre as práticas científicas no ensino de ciências**? Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n. 3, p. 725-748, 2016.

MULTON, B. Historique des machines électriques et plus particulièrement des machines à réluctance variable. **La Revue**, v. 3, E. I, Société de l'électricité, de l'électronique et des technologies de l'information et de la communication, pp.3-8, 1995.

MUSSCHENBROEK, P. **Essai de Physique, Vol. 1** (translated by P.Massuet). Leyden, 1739, 554 p.

NASCIMENTO, M. M., LIMA, N. W., CAVALCANTI, C. J. H., OSTERMANN, F. Cultura política, desempenho escolar e a Educação em Ciências: um estudo empírico à luz de Pierre Bourdieu. **Ciência & Educação** (online), v. 25, p. 431-447, 2019.

NASCIMENTO, M. N., LIMA, N. W., CAVALCANTI, C. J. H. OSTERMANN, F. Cultura política, desempenho escolar e a Educação em Ciências: um estudo empírico à luz de Pierre Bourdieu. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 2, p. 431 - 447, 2019.

NASSI-CALÒ, L. Avaliação por pares: ruim com ela, pior sem ela. **Scielo em perspectiva,** 2015. Disponível em blog.scielo.org/blog/2015/04/17/avaliacao-por-pares-ruim-com-ela-pior-sem-ela/ acesso em outubro 2019.

NETO, M. P. conceito de escritura em Derrida e a gramatologia da sua época. **Veritas**. Porto Alegre, v. 62, n. 2, p. 308-329, 2017.

NORA, C. R. D., ZOBOLI, E., VIEIRA, M. M. Validation by experts: importance in translation and adaptation of instruments. **Revista Gaúcha de Enfermagem**, v. 38, n. 3, 2017. Versão eletrônica. Disponível em http://dx.doi.org/10.1590/1983-1447.2017.03.64851 último acesso outubro de 2019.

NUNES, J. A. O resgate da epistemologia. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, v. 80, p. 45-70, 2008.

OERSTED, H. C. Experimenta circa effectum Conflictus electrici in Acum magneticam. **Journal für Chemie und Physik**, v. 29, p. 275-281, 1820.

OERSTED, H. C. **Recherche sur l'identité des forces chimiques et électriques**. Serres, Marcel (trad). Paris, 1813.

OERSTED, H. C. **Selected scientific works of Hans Christian Orsted**. Translated and edited by Karen Jelved, Andrew D. Jackson and Ole Knudsen. New Jersey: Princeton University Press, 1998, 688 p.

OHM, G. S. **Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet**. Berlin: Reimann, 1827, 250 p.

OKI, M. C. M., MORADILLO, E. F. O Ensino de História da Química: contribuindo para a compreensão da Natureza da Ciência. **Ciência & Educação**, v. 14, n. 1, p. 67-88, 2008.

OLIVEIRA, A. D. História e filosofia da ciência na obra de George Sarton. **Revista Brasileira de História da Ciência,** v. 9, n.1, p. 126-138, 2016.

OLIVEIRA, M. A. Estudos de Laboratório no Ensino Médio a partir de Bruno Latour. **Educação & Realidade**, v. 31, n. 1, p. 163 – 181, 2006.

OLIVEIRA, R. A., SILVA, A. P. B. A História da Ciência no Ensino: diferentes enfoques e suas implicações na compreensão da Ciência. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC).** Campinas, 2011.

OSBORNE, J., COLLINS, S., RATCLIFFE, M., MILLAR, R., DUSCHL, R. What “ideas-about-science” should be taught in school science? A Delphi study of the expert community. **Journal of research in science teaching**, v. 40, n. 7, p. 692-720, 2003.

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

PANCALDI, G. **Volta: Science and Culture in the Age of Enlightenment**. Princeton: Princeton University Press, 2005, 400 p.

PARCIAS, S., ROSARIO, B. P., SAKAE, T., MONTE, F., GUIMARÃRES, A. C. A., XAVIER, A. J. Validação da versão em português do Inventário de Depressão Maior.

Jornal brasileiro de psiquiatria. v. 60, n. 3. p. 164-170, 2011

PAVAN, C., STUMPF, I. R. C. Avaliação pelos pares nas revistas brasileiras de ciência da informação: procedimentos e percepções dos atores. **Revista Eletrônica Biblioteconomia,** v. 14, n. 28, p. 73-92, 2009.

PEREGRINUS, P. Thompson´s Translation Of Petrus Peregrinus, In EISELE, C. Petrus Peregrinus the Scientist. In: PEIRCE, C.S. **Historical Perspectives on Peirce's Logic of Science**. Ed. Carolyn Eisele. Berlin/ New York/ Amsterdam: Mouton, 2 vols, 1985.

PERON, T. S. **História e filosofia no estudo da Teoria da Relatividade Restrita no ensino médio.** Dissertação (mestrado em ensino de ciências e matemática) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca – CEFET/RJ, 2012.

PERON, T. S. História e Filosofia da Ciência e a abordagem do Método Científico. In: **III Conferência latinoamericana del international, history and philosophy of science teaching group IHPST- LA**, 2014, Santiago. Comunicaciones Orales, p. 299-309, 2014.

PERON, T. S., GUERRA, A. A História Cultural da Ciência, cinema e o ensino das leis de Newton. **Ensenanza de Las Ciencias**, v. extra, p. 3809 - 3815, 2017.

PERON, T. S., GUERRA, A., FORATO, T.C.M. Contextualizando Galileu: um possível caminho para abordar natureza da ciência em sala de aula. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC)**, v.1, p. 1 - 12, 2011.

PESSOA JR, O. **Conceitos de Física Quântica**. 1 ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003, 188 p.

PESSOA JUNIOR, O. Introdução histórica à teoria quântica, aos seus problemas de fundamento e as suas interpretações. **Caderno de Física da UEFS**, v. 04, n. 01 e 02, p. 89 – 114, 2006.

PHILLIPS, D. Academies and Societies. In: LIGHTMAN, B. (Ed.). **A Companion to the History of Science.** John Wiley & Sons, Ltd., p. 224 – 237, 2016.

PIMENTEL, J. La Revolucíon Científica. In: Artola, M. (dir.) **História de Europa: Tomo II.** Madrid: Espasa Calpe, p. 163 - 238, 2007.

PIMENTEL, Juan. ¿Qué es la historia cultural de la ciencia? **Arbor**, v. 186, n. 743, p. 417 - 424, 2010.

PINHÃO, F., MARTINS, I. Cidadania e ensino de ciências: questões para o debate. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, 2016.

PLANCK, M. Ueber das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum. **Annalen der Physik**, v. 309, n. 3, 1901.

PLANCK, M. Ueber eine Verbesserung der Wien'schen Spectral-gleichung. **Deutsche Physikalische Gesellschaft**, n. 18, p. 202-204, 1900.

PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. O papel da Natureza da Ciência na educação para a cidadania. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, pp. 141-156, 2007.

RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO. **Os Fundamentos da Física, volume 3.** São Paulo: editora Moderna, 2009, 520 p.

RAYLEIGH, J. S. Remarks upon the Law of Complete Radiation. **Philosophical Magazine**, n. 49, p. 539-543, 1900.

REYDON, T. A. C. How Many Scientists Does It Take to Have Knowledge? In: MCCAIN, K., KAMPOURAKIS, K. (Ed). **What is Scientific Knowledge?** New York: Routledge, p. 3-17, 2019.

RICHARD, V., BADER, B. Re-presenting the Social Construction of Science in Light of the Propositions of Bruno Latour: For a Renewal of the School Conception of Science in Secondary Schools. **Science Education**, 2009. https://doi.org/10.1002/sce.20376

RICHARDS, R. J., DASTON, L. Kuhn's Structure of Scientifi c Revolutionsat Fifty. **Reflections on a Science Classic**. Chicago e Londres: University of Chicago Press, 2016.

ROCHA, M., GURGEL, I. On the ineffectiveness of HPS to conceptual understanding: an analysis inspired by Wittgenstein. In: **13th International History, Philosophy and Science Teaching Group Biennial Conference**, Rio de Janeiro, 2015.

ROSA, P. S. **Louis de Broglie e as ondas de matéria.** Dissertação (Mestrado em Física) - UNICAMP, Campinas, SP, 2004.

ROSALES, S.F. D., VERGARA, J. R. A., VELEZ, E. L. M.?Qué sentido tiene la naturaleza de la ciencia y la historia de la ciencia en la formación ciudadana y valórica de un ser planetário? In: GATICA, M. Q., ROSALES, S. D., CASTILLO, H. C. (Orgs.). **Historia y Filosofía de la ciencia: aportes pra uma 'nueva aula de ciencias', promotora de cidadania y valores.** Santiago do Chile: Bellaterra, 2014.

RUDOLPH, J. L. Science Studies. Em R. GUNSTONE (Ed.). **Encyclopedia of Science Education.** Dordrecht: Springer Science+Business Media, p. 914 - 917, 2016.

RUDOLPH, J. L.; HORIBE, S. What do we mean by science education for civic engagement? **Journal of Research on Science Teaching**, v. 53, n. 6, p. 805-820, 2016.

RUSSEL, B. **História da filosofia ocidental, livro 2: A Filosofia católica**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2015, 1292 p.

SANSI, R. O evento Latour, história, simetria e diplomacia. **Revista da USP**, São Paulo, v. 27 n. 1, 2018.

SANTOS, B. S. **O fim do império cognitivo. A afirmação das epistemologias do Sul.** Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2019, 480 p.

SANTOS, B. S. **Um discurso sobre as ciências**. São Paulo: Cortez Ed., 2008, 96 p.

SANTOS, B. S., MENESES, M. P. (Orgs.) **Epistemologias do Sul**. São Paulo; Editora Cortez, 2010, 638 p.

SANTOS, E. B., REIS, I. L. S., BACELLAR, L. A. C. L. Validação de uma equação matemática para estimativa da força dinâmica máxima através de um teste de repetições máximas. **Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício**, v.3, n.13, p.55-62, 2009.

SANTOS, H. S. T., FUSINATO, P. A. O uso da história da ciência no ensino: subsídios para uma abordagem histórica do desenvolvimento do eletromagnetismo. **Arquivos do MUDI**, v. 21, n. 03, p. 79 – 89, 2017.

SANTOS, M. Uso da História da Ciência para Favorecer a Compreensão de Estudantes do Ensino Médio sobre Ciência. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências,** v. 18(2), p. 641–668, 2018.

SARTON, G. **Introduction to the History and Philosophy of Science (Preliminary Note).** Isis 1-4, p. 22-31, 1921.

SARTON, G. **Introduction to the History of Science (Vol. I).** Washington: Carnegie Institution of Washington, 1927.

SARTRE, J. P. **O ser e o nada: ensaio de fenomenologia ontológica**. Tradução de Paulo Perdigão. 5ª ed., Rio de Janeiro: Vozes, 2011, 784 p.

SCHEID, N. M. J. História da c iência na educação científica e tecnológica: contribuições e desafios. **Revista brasileira de Ensino em Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 443 - 458, 2018.

SCHIFFER, H. **Estudos históricos de práticas científicas em aulas de Física a partir da leitura e escrita de narrativas: construindo estratégias a partir de uma design based research.** Tese (Doutorado em Ciência, Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 244 p., 2019.

SCHIFFER, H., GUERRA, A. Electricity and Vital Force: Discussing the Nature of Science Through a Historical Narrative. **Science & Education**, v. 24, p. 409-434, 2015.

SCHRÖDINGER, E. An Undulatory Theory of the Mechanics of Atoms and Molecules. **Physical Review,** v. 28, n. 6, p.1049–1070, 1926.

SCHÜTZ, R. A concepção multifacetada de natureza em Kant. **Veritas.** Porto Alegre, v. 54, n.1, 2009. https://doi.org/10.15448/1984-6746.2009.1.5076

SCHWARTZ, R. S., LEDERMAN, N. G., ABD-EL-KHALICK, F. A series of misrepresentations: A response to Allchin's whole approach to assessing nature of science understandings. **Science Education**, v. 96, n. 4, p. 685 – 692, 2012.

SHANAHAN, T. Kant, Naturphilosophie, and Oersted's discovery of electromagnetism: A reassessment. **Studies in History and Philosophy of Science.** Part A, v. 20, issue 3, p. 287 – 305, 1989.

SHAPIN, S., SCHAFFER, S. **Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle, and the Experimental Life.** Princeton: Princeton University Press, 1985, 448 p.

SIDAWI, M. M. Teaching science through designing technology. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 19, p. 269 – 287, 2009.

SILVA, A. P. B.; SILVA, J. A. A influência da Naturphilosophie nas ciências do século XIX: eletromagnetismo e energia. **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v.24, n.3, p.687-705, 2017.

SILVA, E. L. A construção do conhecimento científico: o processo, a atividade e a comunicação científica em um laboratório de pesquisa. **Perspectiva cienc. inf.** v. 7, n. 2, p. 109-125, 2002.

SILVA, F. A. R, LISBOA, D. P., OLIVEIRA, D. P. L., COUTINHO, F. A. Teoria Ator-Rede, literatura e educação em ciências: uma proposta de materialização da rede sociotécnica em sala de aula. Revista Ensaio. Belo Horizonte, 2016. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/epec/2016nahead/1983-2117-epec-2016180101.pdf acesso em outubro 2018.

SNOW, CP. **As duas culturas e um segundo olhar**. Trad. por Renato Rezende Neto.

São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1993, 136 p.

SOUZA, N. C. S., NASCIMENTO, A. M. Apontamentos críticos sobre a colonialidade do saber: em defesa da pluralidade na construção do conhecimento. **Articulação, construção e saber**, Goiânia, v.3, n.1, p. 247 - 272, 2018.

SPIER, R. The history of the peer-review process. **Trends in Biotechnology**, v.20, n.8, p. 357 – 358, 2002.

STACHEL, J. (Org.). **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005, 222 p.

STARK, J. Elementarquantum der Energie, Modell der negativen und positiven Elektrizität. **Physikalische Zeitschrift**, n. 8, p. 881–884, 1907**.**

STEFANOVITS, A. **A História da Ciência, as "duas culturas" e a interdisciplinaridade.** Dissertação de mestrado. São Paulo, SP, 2016.

STEINLE, F. **Explorative Experimente. Ampère, Faraday, and the Origins of Electrodynamics.** Pittsburgh: University of Pittsburgh Press, 2016, 544 p.

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

TORRES, D. R. **A imagem do cientista na Sociologia da Ciência de Bruno Latour.** Dissertação (Mestrado em Sociologia) - Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

VAINFAS, R. **Micro-história: os protagonistas anônimos da História.** Rio de Janeiro: Campus, 2002, 168 p.

VAN DICK, E. M. Portraying real science in science communication. **International Journal of Science Education**, Abingdon, v. 95, n. 6, p. 1086-1100, 2011. DOI: https://doi.org/10.1002/sce.20458

VASCONCELLOS, V. G. Editorial: Controle por pares e a função do revisor – premissas e orientações para uma avaliação consistente. **Revista Brasileira de Direito Processual Penal**, v. 3, n. 2, p. 437-458, 2017.

VIDEIRA, A. A. **Historiografia e história da ciência.** Escritos (fundação casa Rui Barbosa), v. 1, p. 111-158, 2007.

VITAL, A. G. M. **História da Ciência no Ensino de Física: um estudo do discurso de professores egressos de um Mestrado Profissional.** Tese (Doutorado em Ciência,

Tecnologia e Educação) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 228 p., 2018.

VOLÓCHINOV, V. N. **Marxismo e filosofia da linguagem. Problemas fundamentais do método sociológico na ciência da linguagem**. São Paulo: Ed. 34, 2017, 376 p.

VOLTA, A. Account of Some Discoveries Made by Mr. Galvani, of Bologna; With Experiments and Observations on Them. In **Two Letters from Mr. Alexander Volta, F. R. S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to Mr. Tiberius Cavallo, F. R. S. Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 83, p. 10-44, 1793.

VOLTA, A. On the Electricity Excited by the Mere Contact of Conducting Substances of Different Kinds. In a **Letter from Mr. Alexander Volta, F. R. S. Professor of Natural Philosophy in the University of Pavia, to the Rt. Hon. Sir Joseph Banks, Bart. K. B. P. R. S. Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, v. 90, p. 403-431, 1800.

WALBOT, V. Are we training pit bulls to review our manuscripts? Coment. Journal of Biology. **BioMed Central,** v. 24, n. 8, 2009.

WALL, E. E. Peer review under review: room for improvement? Editor's page. **Netherlands Heart Journal**, v. 17, n. 5, 2009.

WATANABE, G., GURGEL, I. Redescobrindo a Ciência Nacional Através de uma Visita ao Laboratório de Pesquisa Pelletron. **Ciência em Tela**, v. 4, p. 1 – 9

WELLER, A. C. Editorial peer review: research, current practices, and implications for librarians. **Serials Review**. Springer, 1995

WHEATON, B. R. **The tiger and the shark. Empirical roots of wave-particle dualism**. London: Cambridge University Press, 1983, 380 p.

WILDER, K. Visualizing Radiation: The Photographs of Henri Becquerel. In: Daston, L and Lunbeck, E. **Histories of Scientific Observation**. Chicago: Chicago University Press, p. 349-368, p. 53-65, 2011.

WILLIAMS, P. L. Faraday and Ampère: a critical dialoque. In: GOODING, David; JAMES, Frank A. J. L. (Eds.) F**araday rediscovered: essays on the life and work of Michael Faraday, 1791-1867**. Nova Iorque: M Stockton Press, 1985.

XIMENES, R. R. C., CARVALHO, Z. M. F., COUTINHO, J. F. V., BRAGA, D. C. O., COELHO, J. M. A., STUDART, R. M. B. Adaptação transcultural e validação do

Intermittent Self-Catheterization Questionnaire. **Revista da Rede de Enfermagem do Nordeste**, vol. 19 (online), e3315, 2018.

YAFFE, M. B. Re-reviewing peer review. **Sci. Signal**, n.2, eg. 11, 2009.

YILDIZ, C. An Examination of Understandings of Prospective Teachers About Science and Science History. **Journal of Education and Training Studies**, v. 6, n. 6, p. 48-32, 2018.